

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

BIBLIOTECA

CB3

foli. 24

SECCIÓN UNIVERSITARIA DE CANARIAS

DISCURSO

LEIDO EN LA SOLEMNE APERTURA DEL CURSO ACADÉMICO
DE 1924 A 1925

POR

DIEGO JIMÉNEZ DE CISNEROS HERVAS

LICENCIADO EN CIENCIAS, PROFESOR INTERINO DE ZOOLOGÍA Y DE QUÍMICA



LA LAGUNA DE TENERIFE
IMPRESA DE SUCESOR DE N. CURELO
SAN AGUSTÍN, 47
1924

© 2014 Universidad de La Laguna. Reproducción autorizada por el IIR/CC. Universidad de La Laguna, 2009

SECCIÓN UNIVERSITARIA DE CANARIAS

DISCURSO

LEIDO EN LA SOLEMNE APERTURA DEL CURSO ACADÉMICO
DE 1924 A 1925

SECCIÓN UNIVERSITARIA DE CANARIAS

DISCURSO

LEIDO EN LA SOLEMNE APERTURA DEL CURSO ACADÉMICO
DE 1924 A 1925

POR

DIEGO JIMÉNEZ DE CISNEROS HERVÁS

LICENCIADO EN CIENCIAS, PROFESOR INTERINO DE ZOOLOGÍA Y DE QUÍMICA



LA LAGUNA DE TENERIFE
IMPRESA DE SUCESOR DE M. CURBELO
SAN AGUSTÍN, 47
1924

DISCURSO

LO HIPOTÉTICO EN LAS CIENCIAS
EXPERIMENTALES

UNIVERSIDAD DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN FÍSICA Y QUÍMICA

Excmos. e Ilmos. Señores,

Señoras, Señores:

Una vez más inaugura solemnemente sus tareas docentes esta Sección de Estudios Universitarios. El año pasado tuvisteis la suerte de escuchar los elocuentes y brillantes conceptos del discurso del cultísimo Catedrático numerario Dr. D. José Ramón de Orúe; hoy os pido un poco de paciencia para oír la lectura de estas mal hilvanadas líneas, pues me veo obligado a ello, obedeciendo la designación, que para mí es un mandato, con la que me honró el Claustro a propuesta del Ilmo. Sr. Decano Jefe, sintiendo, por mi parte, que no haya recaído en otro compañero de más méritos y aptitudes.

A causa del aplazamiento *sine die* de las oposiciones, no se ha cubierto durante el curso que ayer terminó, ninguna de las vacantes de numerarios que existen, salvo el nombramiento por reingreso de D. Francisco Marcos Pelayo.

La variación se ha reducido al nombramiento de Catedrático de Derecho administrativo, ~~para la cátedra de Procedimientos judiciales y práctica forense~~ por acumulación, del Dr. D. José Ramón de Orúe titular de Derecho internacional público y privado y a la ausencia definitiva, siempre muy sensible, de los Doctores don Emilio Langle Rubio, de Derecho penal, y don Francisco Marcos Pelayo, de Procedimientos judiciales y práctica forense, trasladados por concurso a las Universidades de Granada, y Oviedo respectivamente y de don José Crespo Salazar, de Derecho administrativo y don Francisco Beceña González, de Procedimientos judiciales y práctica forense, que a los dos concedió la Superioridad la excedencia voluntaria.

ARTÍCULO 1.º

Objeto del presente convenio

El presente convenio tiene por objeto regular las condiciones de trabajo de los empleados de la Universidad de León, en el ámbito de la docencia, la investigación y la gestión, así como el régimen de retribuciones y el sistema de promoción profesional. El convenio establece el marco general de condiciones de trabajo, que serán desarrolladas en los correspondientes reglamentos de régimen interno de la Universidad de León.

El presente convenio se celebra en virtud de lo establecido en el artículo 1.º de la Ley Orgánica 6/1985, de 1 de junio, de Reforma Universitaria, y en el artículo 1.º de la Ley Orgánica 4/2007, de 30 de marzo, de Reforma Universitaria, que establecen el marco legal para la negociación colectiva en el sector universitario.

El presente convenio se celebra en virtud de lo establecido en el artículo 1.º de la Ley Orgánica 6/1985, de 1 de junio, de Reforma Universitaria, y en el artículo 1.º de la Ley Orgánica 4/2007, de 30 de marzo, de Reforma Universitaria, que establecen el marco legal para la negociación colectiva en el sector universitario.

Es un error muy extendido entre los que desconocen el alcance del progreso científico, el creer que la teoría es inútil y que solo la práctica es beneficiosa; ignoran los que esto dicen que la teoría es hija de la práctica y que el aprendizaje de ésta, se consigue con la teoría; el más rudo operario del campo, por ejemplo, al realizar mecánicamente una labor, lo hace o porque lo ha visto hacer o porque se lo ha explicado otro de más experiencia y conocimientos; es decir, el primero lo ha aprendido por la teoría que le enseñó el segundo.

Pero si nos concretásemos a repetir automáticamente lo que sabemos, sin explicarnos porqué se debe hacer así, sin pensar cual será la causa de lo que vemos, nuestros conocimientos, se estancarian y el progreso científico no existiría. Buena prueba la tenemos en el empirismo y rutina que domina en muchas industrias, particularmente en la agrícola, cuando es mirada con desdén la teoría, y el progreso de la misma, cuando se aplican los conocimientos científicos. Pero no siempre se llega a conocer el *porqué* de las cosas y *no conformándose el hombre inteligente con esa ignorancia, forja las hipótesis explicativas de las causas de los hechos que observa; ésto le obliga a examinar y a repetir esos hechos en las condiciones que convienen a la hipótesis supuesta, y si los resultados contradicen al supuesto, se desechan aquellas; si lo confirman, se aceptan como verdaderas teorías que ensanchan considerablemente los conocimientos de los hechos estudiados. Puede ocurrir que se trate de algún asunto tan obscuro, que la hipótesis no pueda ser contradicha ni confirmada del todo; entonces se acepta como tal, si sirve para explicarnos los fenómenos o hechos naturales, y de tal importancia son entonces, que como veremos después, sin ellas no habría ciencias experimentales; no tienen nada más que un inconveniente, la variedad de ellas, para explicar el mismo hecho, según los puntos de vista de sus autores, pero aún así, son utilísimas, porque cada uno de éstos, se afana en probarla y realiza trabajos prácticos que a veces le conducen a descubrimientos notables, aunque no sean precisamente los que se proponían obtener. Recuérdense los descubrimientos realizados por los antiguos filósofos herméticos o alquimistas en sus experimentos, que sinó consiguieron lo que buscaban, lograron inmortalizar su nombre algunos de ellos.*

Otra cualidad tienen esta clase de hipótesis, la periodicidad; hipótesis abandonadas por considerarlas absurdas, vuelven a resucitarse como posibles, aunque con ciertas modificaciones.

Hoy se concede a las hipótesis, quizás demasiada importancia en algunas ocasiones, y continuamente se están lanzando otras nuevas o haciendo revivir, más o menos variadas, algunas antiguas que se habían enterrado en el olvido. Pero sí peligroso es conceder tanta importancia al empleo de hipótesis que llegue a desnaturalizarse el fin principal de las Ciencias experimentales, transformándolas en Metafísica, es más absurdo pretender que sólo deben dedicarse estas Ciencias a la observación y a la experimentación. Si nos conformásemos con los hechos, sin investigar sus causas, caeríamos, ya lo hemos dicho, en el empirismo de otros tiempos y no se habrían alcanzado los brillantes resultados de ahora. Enhorabuena que se desechen aquellas hipótesis que la observación racional desvirtúa; pero manténganse en pie aquellas que aún no se han contradicho y sirvan de base para la investigación; éste es el secreto del progreso extraordinario de las Ciencias actualmente; por esa causa, la Química orgánica moderna, por ejemplo, ha alcanzado ese desarrollo asombroso y la inmensa utilidad que reporta a todas las que de ella se derivan, al mismo tiempo que se ha facilitado su estudio, dándole método racional, que antes no tuvo, reduciéndose entonces a una serie de monografías de cuerpos, cuyos nombres apenas sí indicaban otra cosa que la substancia de que procedían. Con razón dice el eminente químico Wurtz: «Atrás pues, los detractores de la teoría, los que buscan descubrimientos que no saben prever ni preparar; ellos cosechan donde no han sembrado. Felicitamos en cambio a los animosos trabajadores que abren metódicamente los surcos; podrán encontrar decepciones, pero su obra será fructífera, constituyendo los bienes que amontonan el verdadero tesoro de la Ciencia».

Presentaremos algunos ejemplos, dando la preferencia a la hipótesis atómico-molecular, generalmente llamada teoría.

A los objetos materiales que nos rodean, se les llama en Física, cuerpos; éstos cuerpos están formados de un *algo* real y tangible y a éste *algo* se llama materia, cualquiera que sea su naturaleza y estado. La experiencia demuestra que la materia aumenta o disminuye de volumen cuando se calienta o se enfría, sin ganar ni perder substancia ponderable; para explicar

este hecho, fué preciso suponer que no era una masa continua, sinó que estaba constituida por una infinidad de pequeñísimas porciones invisibles e impalpables, a las que se les llamó *moléculas*, diminutivo de mole o masa, que no están en contacto íntimo, sinó separadas más o menos, según la cantidad de calor que el cuerpo contenga, puesto que el calor, hemos dicho, que es la causa de la variación de volúmen de los cuerpos; pero es preciso que al mismo tiempo exista otra fuerza que tienda a aproximarias y del equilibrio de ambas, resultarán los tres estados principales de los cuerpos, el sólido, el líquido y el gaseoso; a esta fuerza, que es constante para cada cuerpo, se le llama cohesión y es desconocida su esencia. Pero es de suponer que las moléculas de los cuerpos llamados simples, de esos que hasta ahora no ha podido la Análisis química descomponer en otros más elementales, deben estar constituidas por una sóla substancia e igual para todas; pero las de los cuerpos compuestos deben estar formadas de las mismas substancias que el total o sea el cuerpo dado, es decir que en cada molécula deben existir los mismos componentes y en las mismas proporciones que en el cuerpo, como es lógico que sea, pues éste, es la suma de un número inmenso de moléculas y sabemos que los sumandos han de ser homogéneos entre sí y con la suma. Los hechos nos demuestran que la molécula del compuesto están formadas por la reunión de las de los componentes y es preciso admitir que tanto unas como otras están formadas de porciones aún más pequeñas, a las que se llama *átomos*, resucitando el nombre que le dieron los antiguos filósofos pitagóricos, pero con criterio más racional, pues ellos los suponían indivisibles, y de ahí su nombre, por su extraordinaria pequeñez; y eso es absurdo, pues por muy pequeño que le supongamos, siempre tendrá dimensiones y por lo tanto, será divisible, por supuesto, con la imaginación, y el cálculo nos enseña que para llegar al límite cero, es decir, para que el resultado de la división de *un algo* finito sea cero, son precisas infinitas divisiones, que es tanto como decir que nunca se llega. Hoy se llama átomo, a la porción más pequeña de un cuerpo que es capaz de combinarse con otro; más bien se debería llamar *masa* química. La fuerza que mantiene en equilibrio a los átomos en la molécula del compuesto, se llama afinidad; es desconocida y se dice que es la causa de las combinaciones químicas; la antagonista o sea la repulsiva, es también el calor, como en las moléculas. He aquí a grandes rasgos la hipótesis atómico-molecular, cuyo iniciador fué el físico inglés Dalton y que apoyada en la ley de Lavoisier relativa a la conservación de la materia y en la de Mayer y Helmholtz, a la de la energía, se mantiene en pié aún, apesar de la moderna revolución en las ideas, y que es un excelente medio para explicar los fenómenos, siendo indispensable para que los principiantes se inicien en el estudio de la Física y de la Química.

Respecto a las dimensiones de los átomos, Mr. Thomson ha deducido

de sus experimentos que el diámetro mínimo de ellos es de treinta y seis mil millonésimas de milímetros. Rutheford para dar una idea de la pequeñez de los átomos pone el siguiente ejemplo: si se toma un cubo de plomo cuyas aristas valgan cinco centímetros y se le divide en ocho cubos iguales, cuyas aristas serán la mitad del anterior y continuamos dividiendo del mismo modo uno de los cubitos que resultan sucesivamente, el que resultase al cabo de veinte y seis divisiones, sería de una pequeñez inconcebible y sin embargo contendría sesenta y cuatro átomos de plomo, por lo menos.

Los espacios entre los átomos y entre las moléculas se supone que están llenos de una substancia sutilísima, imponderable, que se cree que además llena todos los espacios interplanetarios e interestelares; se le llama *éter*, y es una hipótesis también antiquísima, resucitada después para tratar de explicar multitud de hechos inexplicables, por ejemplo, la trasmisión de la luz y del calor a través del vacío, que permite que recibamos el calor luminoso del Sol y de los demás astros, atravesando inmensas distancias vacías de materia ponderable, y otros muchos fenómenos. Para los antiguos filósofos era de naturaleza continua, para los modernos, es discontinua, es decir, formado de átomos, como la materia ponderable; los que así piensan y son los más, no nos dicen qué cosa hay entre estos átomos del éter, si existe el vacío absoluto o si hay otra substancia aún más sutil, en cuyo caso se repetiría indefinidamente el mismo dilema. Para unos el éter es la esencia de la electricidad; todos le llaman materia imponderable, lo que es un contrasentido, y los ultramodernos le llaman materia primordial, llegando a suponer que condensándose se transforma en materia ponderable y que ésta, desintegrándose, dá lugar a él; de esta original y novísima teoría hablaremos después. En una palabra, la hipótesis de la existencia del éter es la más aventurada de todas y al mismo tiempo la más necesaria.

El valor de la cohesión es considerable, mientras no aminora sus efectos y hasta los anula el calor; podemos formarnos una idea de élla, observando que una viga de hierro de las que tanto uso se hace hoy en las construcciones, tendida horizontalmente apoyando sus extremos en dos postes, puede sostener un pesadísimo muro y sin embargo la tal viga está formada de innumerables moléculas separadas entre sí, y mantenidas a pequeñísimas distancias. Calientesela hasta el rojo vivo y la veremos doblarse por sólo su peso, pues como no varía la cohesión y aumenta la repulsión de sus moléculas, tiene que disminuir su resistencia.

Mayor debe ser el valor de la afinidad; cuerpos tan venenosos como el cloro y el sodio que en las condiciones ordinarias, el primero es un gas sumamente tóxico y el segundo un metal blanco y blando, extraordinariamente corrosivo, combinados forman un cuerpo sólido que no solo es inofensivo, sino que la Higiene lo considera, con razón, como un alimento necesario para animales y plantas; es la sal común, bien conocida y usada.

El potasio, metal más corrosivo aún que el sodio, combinado con el cloro, forma el cloruro potásico, cuerpo completamente inofensivo para los animales y un excelente abono para los vegetales. Es preciso admitir que en uno y otro compuesto los átomos están tan fuertemente ligados entre sí, que han perdido sus características propiedades. Sin embargo, Soante Arrhenius ideó una hipótesis para explicar ciertas anomalías en la presión osmótica, el descenso del punto de congelación o del de ebullición de las disoluciones, según la cual estos cuerpos y otros de los llamados *electrolitos*, están disociados en sus elementos; de modo que, según Arrhenius y su entusiasta continuador Ostwald, en las disoluciones muy diluidas de estos cuerpos, se encuentran libres los átomos de cloro, de sodio, de potasio etc., a pesar de su enorme afinidad y sin manifestar sus características propiedades; llaman *iones* a esos elementos disociados y suponen que sinó presentan sus caracteres típicos, es porque son átomos cargados de electricidad. Esta hipótesis que ha tenido gran aceptación, ha sido combatida con energía por el eminente químico ruso Mendeleeff. Más adelante nos ocuparemos de ésto.

Del mismo modo, el fósforo, cuerpo tan inflamable y venenoso, combinado con el oxígeno y con el calcio, en proporciones determinadas, forma entre otros, el fosfato tricálcico que resiste el fuego de forja sin descomponerse y es una substancia necesaria para la vida orgánica, pues la encontramos en el organismo animal y en el vegetal.

La hipótesis atómico-molecular permite explicar la *alotropía* y la *isomería*; esas distintas formas de presentarse los cuerpos simples, que según su condensación molecular, poseen propiedades físicas y químicas distintas (*alotropía*), o estando compuestos de los mismos elementos y en las mismas proporciones, aparecen, y son en realidad, cuerpos diferentes (*isomería*); se supone que en los compuestos, las moléculas de unos tienen distinto número de átomos de los simples que la forman, pero guardando la misma proporción, en cuyo caso se llama *pólimería*, siendo unos cuerpos como condensaciones de otros y así se comprueba experimentalmente; o bien, el número y clase de átomos es el mismo, pero se supone que deben estar agrupados de distinta manera en las moléculas; como los anagramas, que con las mismas letras pueden formarse palabras distintas, según su colocación; entonces se llama *metamería* o *isomería* propiamente dicha, y en la Química orgánica se estudian infinidad de esta clase de compuestos. Pero no podríamos representar simbólicamente a estos cuerpos, sinó existiesen las llamadas *fórmulas racionales* o de *constitución*, no porqué pretendan enseñarnos la verdadera agrupación de los átomos en las moléculas de los compuestos, que eso es imposible pues nadie puede saberlo, sinó porqué expresan de un modo artificioso el modo que hay que colocar a los átomos en la molécula, teniendo en cuenta su *valencia* o fuerza de combinación para que resulten los distintos compuestos, partiendo del principio

de que la naturaleza siempre que puede, busca la simetría. Además estas fórmulas han simplificado de tal manera la formulación de los compuestos, que hoy resulta más sencillo a los principiantes el estudio de la Química orgánica que el de la inorgánica, pues las fórmulas de constitución les dicen, a simple vista, que función o funciones químicas tiene el cuerpo representado y como consecuencia, cuales son las propiedades principales, y hasta dan idea del modo de obtenerlo y enseñan cual debe ser el nombre racional que debe dársele, según el acuerdo internacional de Ginebra de 1892. De estas fórmulas las hay *planas* y *en el espacio*, estas últimas, aunque más lógicas, son poco usadas, por su mayor complicación. No podemos entrar en pormenores, porque se alargaría extraordinariamente el asunto y porque además, son cosas sabidas de todos. Sólo hemos querido hacer ver con un ejemplo, cuan importantes son las hipótesis racionales para el progreso de las ciencias de experimentación.

Cualquier hecho que ocurre en la Naturaleza se llama fenómeno. Estos se clasifican en físicos y químicos; del estudio de los primeros se ocupa la Física; del de los segundos la Química. Pero estas dos ciencias están tan íntimamente ligadas, que es imposible señalar donde acaba la una y empieza la otra, por la razón de ser también imposible, en la mayoría de los casos, distinguir un fenómeno físico de un químico. Suele decirse que en los fenómenos físicos no hay alteración de la constitución íntima de los cuerpos y que la hay en los químicos; pero esta diferencia expresada así aisladamente, deja mucho que desear, porque exige que se defina lo que ha de entenderse por constitución íntima de los cuerpos.

Analizado el alcance de esta frase y partiendo para ello de los hechos que hayan podido inspirarla, encontramos, desde luego, que los fenómenos físicos se presentan como transitorios, mientras que los químicos son permanentes; en esto se funda la idea de que los primeros no alteran la constitución íntima, porque pasado el fenómeno se vuelve al punto de partida, en oposición a los segundos, que la alteran, porque después del fenómeno tenemos un cuerpo distinto del primitivo; por ejemplo: si fundimos un pedazo de zinc y una vez conseguida la fusión retiramos del fuego el zinc fundido, por enfriamiento aparece este metal con los mismos caracteres que tenía antes; este será un fenómeno físico. Pero si tratamos éste metal por

el ácido sulfúrico, se forma un cuerpo distinto, el sulfato de zinc, que persiste después de haber efectuado el experimento; aquí tenemos un fenómeno químico. Así pues, tomamos como carácter esencial de los fenómenos químicos el que sean persistentes sus efectos, pero conviene advertir que esto no constituye una separación absoluta de los fenómenos que se consideran como físicos, pues pueden citarse muchos hechos que son de dudosa clasificación y que por hoy, tanto están dentro del campo de la Física como del de la Química; y además, que esa persistencia es muy relativa pues ocurre muy frecuentemente que siguiendo las mismas condiciones del experimento o variando algo la intensidad del agente que lo produce, se descompone el compuesto formado y se regeneran los cuerpos que actuaron; ejemplo: el mercurio calentado en presencia del aire se oxida, produciéndose un fenómeno químico, la formación directa de un óxido, y calentando este óxido se descompone apareciendo otra vez el mercurio y el oxígeno. Vemos pues, que la persistencia del fenómeno depende de la estabilidad del compuesto formado; y esto, como se comprende bien, dificulta en extremo la clasificación del fenómeno producido. Los compuestos de formación endotérmica son en general muy poco estables y sin embargo se considera su formación como fenómeno indiscutiblemente químico.

Una cosa idéntica ocurre con el fenómeno llamado disolución. La mayor o menor estabilidad del compuesto formado por el disolvente y el cuerpo disuelto o soluto, ha hecho que por mucho tiempo se hayan admitido dos especies de disoluciones, la física y la química. La primera, se decía, es un fenómeno de separación de las moléculas de un cuerpo e interposición de ellas entre las de otro, de tal modo que se suponía ser este fenómeno un simple cambio de estado; no se admitía combinación entre ambos cuerpos, citando, para apoyar esta hipótesis, el hecho de que haciendo desaparecer al disolvente o variando algunas de las condiciones del experimento, reaparecería el cuerpo, se decía, con las mismas propiedades. Respecto a las disoluciones llamadas químicas, se admitía como condición precisa que existían siempre que había afinidad química entre el disolvente y el cuerpo disuelto; se añadía que la persistencia del cuerpo formado probaba que las tales disoluciones eran una combinación química. De modo que se admitía que entre las dos especies de disoluciones existía casi la misma diferencia que entre la mezcla y la combinación.

En las primeras, se observaba absorción de calor; en las segundas, desprendimiento. Se atribuía la absorción a la cantidad de calor que necesita un cuerpo para verificar los cambios de estado progresivos, en las segundas, el desprendimiento; a la combinación química y en éstas se admitía alguna pérdida del calor total producido debida al absorbido por el sólido al pasar a líquido.

Generalmente se estudiaban con preferencia las disoluciones de sólidos en líquidos.

Respecto a las disoluciones de gases en líquidos, se observaba siempre desprendimientos de calor, que se atribuía al calor latente del gas que pasaba a sensible.

Estas hipótesis no resisten a la crítica; en el trascurso de este pequeño trabajo, citaremos experimentos y fenómenos que modifican bastante estas ideas. Además, ya hemos indicado algo respecto a la persistencia de los fenómenos y hemos visto que es muy relativa; veremos también que el calor desarrollado por una cantidad dada de un cuerpo al disolverse o el absorbido, según los casos, no es igual al que éste cuerpo necesita para los cambios de estado y la explicación que dá el físico Pierson a este fenómeno. Que una infinidad de hechos prueban que toda disolución es una combinación química del disolvente con el soluto. Que el cuerpo formado goza de propiedades físicas y químicas distintas que el que se disolvió, demostrando esto que ha habido combinación entre el disolvente y el soluto. Que la persistencia del fenómeno depende, cómo ya hemos dicho, de la estabilidad de este compuesto y ésta, de muchas circunstancias. Veremos también que la mayoría de los cuerpos disueltos, al evaporar el disolvente retienen en estado de combinación parte de éste, que algunos no la pierden fácilmente, lo cual prueba que la llamada disolución física no es un fenómeno puramente físico. Citaremos disoluciones de las llamadas físicas, en las que la cantidad de soluto o mejor dicho, el coeficiente de solubilidad, no aumenta con la temperatura, como debería ocurrir si fuese un simple cambio de estado, sino que disminuye, y otros muchos hechos que, a nuestro juicio, son suficientes para convencernos de que la disolución es un fenómeno puramente químico, y que por lo tanto, no hay ni razón, ni necesidad de considerar dos especies distintas de disoluciones.

La mayoría de los físicos modernos admiten en toda disolución los dos fenómenos, el físico del cambio de estado y el químico, resultado de la combinación entre el disolvente y el cuerpo disuelto, y llaman a la disolución fenómeno mixto. Pero si se considera que no existe fenómeno químico que no vaya acompañado de alguno o de varios físicos, se comprenderá que no hay inconveniente en llamarla fenómeno químico, pues de lo contrario es preciso sustituir la denominación de fenómenos químicos por la de mixtos, a todos los que producen alteración profunda en la estructura de los cuerpos.

Creemos por lo tanto, siguiendo en esto las corrientes de ideas modernas, que no puede existir disolución sino hay fuerza de combinación o afinidad entre los cuerpos puestos en contacto y admitimos la opinión ya muy generalizada, de llamar disolución al cambio de estado, más o menos apreciable, de un cuerpo, sea este sólido, líquido o gaseoso, sin que el calor sea la causa ocasional, por medio de otro cuerpo en cualquier estado, advirtiendo que admitimos, que en general, el cuerpo disuelto o soluto, tomará el estado del disolvente y llamaremos disolvente al cuerpo que actúe

en mayor masa y por consiguiente, le haga tomar al otro su estado, pero que no hay inconveniente ni dificultad en seguir llamando disolución aunque ambos, al combinarse, adopten otro estado distinto. Por consiguiente admitiremos disoluciones de sólidos en sólidos, de sólidos en líquidos, de sólidos en gases; de líquidos en líquidos, en sólidos o en gases y de gases en sólidos, en líquidos o en gases, sin embargo que en lo esencial todos éstos fenómenos son idénticos, haremos ésta división para facilitar su estudio.

La gran cohesión que, relativamente a los gases tienen los líquidos y sólidos, impide que, por lo menos en las circunstancias ordinarias, es decir sin la intervención de una energía extraña, se presenten casos de disolución de líquidos o de sólidos en gases, pues solo en el caso en que exista una gran afinidad entre estos cuerpos podrá existir tal disolución, y en éste caso, si la acción de la afinidad no contrarresta a la cohesión del líquido o del sólido, habrá absorción del gas por éstos cuerpos y si la supera, el calor desarrollado en la combinación química ayudará a la afinidad disgregando al cuerpo sólido o líquido y haciéndole pasar a gas. Como consecuencia de esto una parte del calor desarrollado en la combinación química se emplea en gasificar al sólido o líquido y otra parte en la desagregación molecular del gas. Compárense todos estos fenómenos producidos y los encontramos idénticos a los que se presentan en las disoluciones de un sólido en un líquido; en efecto, se observa en ambas disoluciones combinación química entre el disolvente y el soluto; como consecuencia de ella desarrollo de calor; una parte de calor absorbido en los cambios de estado progresivos de uno de los cuerpos, otra parte empleada en desagregar las moléculas de ambos y cambio de estado en general. Como ejemplo de estas disoluciones, citaremos las combustiones en general de sólidos o líquidos en gases; aunque parezca impropia la denominación de disolución que damos a éstos fenómenos porqué las combustiones de las substancias sólidas o líquidas en gases dá, en la mayoría de los casos, productos indescomponibles en las condiciones ordinarias, sin embargo creemos que no lo es, por la semejanza entre los fenómenos de ésta disolución y los producidos en las disoluciones ordinarias de sólidos en líquidos y segundo porqué cuando en las disoluciones llamadas físicas, se hacen actuar líquidos y sólidos de cierta complicación molecular y además existe entre ambos cuerpos gran afinidad, es muy estable el compuesto formado. Por lo demás, en muchos casos un gas disuelve a un sólido formando un compuesto gaseoso o líquido que puede descomponerse en sus componentes con relativa facilidad; recuérdese la acción del hidrógeno gaseoso, sobre todo en estado naciente, al atravesar muchos cuerpos sólidos, azufre, arsénico, carbón y otros, en condiciones adecuadas forma con ellos compuestos, disolviéndolos, que en ciertas condiciones pueden descomponerse dejando libres a los componentes.

De todo lo cual se deduce que según nuestro modo de ver las disolu-



ciones, no son más que combinaciones químicas. Y para probar esta suposición, nos ocuparemos de algunos hechos que lo confirman y después expondremos algunos fenómenos particulares de cada uno de los casos de disolución que admitimos.

Pero antes creemos conveniente recordar la explicación que se dá de los estados de los cuerpos en la hipótesis atómico-molecular. Sabemos que en esta hipótesis se supone a los átomos como centros de esferas de acción de radio pequeñísimo y dotados de dos fuerzas antagonistas, la atractiva, que se llama afinidad cuando se ejerce entre átomos de distintos cuerpos y se cree que es la que origina las reacciones químicas, desconociéndose su esencia, y la repulsiva, que es debida al calor. A las moléculas se las supone formadas por la reunión de dos o más átomos, muy próximos, pero sin tocarse, los cuales han sumado sus esferas de acción formando una sola, de la cual la molécula ocupa el centro. Esta molécula atrae a las inmediatas y es atraída por ellas, si son homogéneas siempre que la distancia no exceda de la suma de los radios de sus esferas de acción, y se llama cohesión a esta fuerza de atracción; tampoco se conoce la esencia de esta fuerza. Del mismo modo que entre los átomos, el calor equilibra a esta atracción y según el valor de la resultante de estas fuerzas antagonistas, se encontrarán las moléculas más o menos próximas y adoptará el cuerpo los diferentes estados. Si las esferas de acción de las moléculas se penetran, tendremos el estado sólido; si son tangentes exteriormente, el líquido, y si son exteriores, el gaseoso. Pero como el número de posiciones que pueden ocupar dos puntos en el espacio, sin coincidir, es infinito, se deduce que el número de estados que un cuerpo puede adoptar, también será infinito. Por consiguiente, puede admitirse que cuando un cuerpo sufre una variación permanente en su volumen ha cambiado de estado. En las combinaciones químicas hay contracción ⁽¹⁾ y por lo tanto, cambio de estado más o menos sensible, consecuencia de la aproximación de sus átomos.

(1) Aún siendo dos gases en igualdad de volúmenes y de las demás circunstancias, debe existir contracción que no se puede apreciar quizás por ser muy pequeña y por la irremediable insuficiencia de exactitud en las medidas. Por otra parte, al decir contracción nos referimos a la mayor aproximación de los átomos en la molécula del compuesto, que debe existir en éste en mayor escala que en las de los componentes, pues se admite que las moléculas de cada uno de los gases reaccionante se desdoblan en átomos, y que la molécula del compuesto gaseoso está formada, por partes iguales, de átomos de uno y de otro cuerpo y para esto es preciso que la afinidad sea superior a la fuerza que mantiene ligados los átomos de cada molécula homogénea y siendo mayor, deben estar más próximos en la del compuesto que las de los componentes y aunque se diga que el volumen del compuesto gaseoso, en este caso, es la suma de los volúmenes de los gases que lo forman, no hay inconveniente en suponer que se encuentren más distanciadas las moléculas del compuesto entre sí, de modo que el volumen total sea la suma de los parciales, pues también se admite que las moléculas de los gases están más o menos separadas entre sí. Por último, téngase en cuenta que según los notables trabajos de Mr. Regnault, las leyes de Boyle-Mariotte relativa a la

Siendo constante la fuerza atractiva y variable la repulsiva, se deduce que sólo a la variación de ésta, es decir, a la variación del calor serán debidos los cambios de estado de un cuerpo.

El calor, además, es indispensable para la producción de las combinaciones químicas, pues sin cierto grado de él, no se producen ni aún aquellas que a la temperatura ordinaria son exotérmicas en alto grado, Raoult Pictet ha observado que por bajo de -125° no reaccionan los cuerpos. Colocando en cámaras frigoríficas substancias que como la potasa y el ácido sulfúrico reaccionan con violencia a la temperatura ordinaria, permanecían inactivas a esas bajas temperaturas.

Cuerpos hay que no se combinan sino están sometidos a elevadas temperaturas y se admite que a cierta temperatura propia para cada cuerpo compuesto, éstos se descomponen en sus elementos, fenómeno conocido con el nombre de disociación térmica. En una palabra, cada combinación química necesita determinada cantidad de calor para producirse y es estable entre ciertos límites de temperatura. Por eso, algunos acertadamente hablan de la Química de las altas temperaturas, la de las bajas y la de las medias u ordinaria, pues las reacciones de unos mismos cuerpos varían en cada una de ellas.

Veamos ahora la explicación que dá el físico Pierson del calor desarrollado o absorbido en la disolución de un sólido en un líquido y que puede extenderse a las demás disoluciones. Pierson admite que al disolverse un sólido en un líquido hay una desagregación de las moléculas del disolvente y del soluto; desagregación que necesita para producirse absorber gran cantidad de calor y explica la modificación de la temperatura que se observa en el acto de la disolución, suponiendo que es la suma algebraica de tres cantidades: la primera, positiva, producida por el acto de la combinación del disolvente y del soluto; la segunda, negativa, resultado del paso de sólido a líquido de éste y la tercera también negativa, resultado de la desagregación del disolvente y del soluto liquidado ya. Si se trata de líquidos disueltos en líquidos, la segunda es nula, la primera positiva y la tercera negativa. Si de gases en líquidos, son positivas la primera y la segunda y negativa la tercera, pero de poco valor en general. Si de líquidos en sólidos, son positivas la primera y segunda y la tercera negativa. Si de gases en sólidos, lo mismo, pero la tercera aún siendo negativa, es de escaso valor por la extraordinaria

disminución de volumen de los gases en razón inversa a las presiones, a igual temperatura, y de Gay-Lusac relativa a la constancia del coeficiente de dilatación, solo son exactas para los gases perfectos, en los demás casos, solo son aproximadas y éstas leyes sirven de base a las hipótesis de Avogadro y Ampere, como a su vez éstas, son el fundamento de la de Gay-Lusac que dice que el volumen del compuesto es igual a la suma de los componentes, cuando reaccionan en volúmenes iguales, que es la que discutimos.

movilidad de los gases, depende casi exclusivamente de la energía necesaria para digregar las moléculas del sólido, pero como el resultado de la disolución es también sólido, reaparece enseguida la energía gastada. Si de sólidos en sólidos, la primera es positiva, la segunda nula o de escasísimo valor y la tercera, negativa y de gran valor, lo cual dificulta o impide esta clase de disoluciones, que solo se producirán en el caso de que la afinidad sea muy grande; de lo cual se deduce que a causa de esto, cuando se producen estas disoluciones desprenden gran cantidad de calor. Por lo tanto, las disoluciones entre sólidos producen calor; también lo producirán, en general, las de líquidos en sólidos, gases en sólidos o en líquidos y de gases en gases, y podrán producir o absorber calor, según los casos, las de sólidos en líquidos y las de líquidos en líquidos. Como se ve, la explicación de estos hechos no es más que la aplicación del primer principio de la Termoquímica, el de los trabajos moleculares.

El fenómeno químico producido en la disolución de sólidos en líquidos, se manifiesta por la contracción o disminución de volumen que se produce casi siempre, por el cambio del punto de ebullición, del de solidificación y por la variación de otras muchas propiedades. Por ejemplo, la dilatación debida al calor; según Dalton la dilatación aparente del agua pura entre cero grados y cien centígrados, es próximamente igual 0'04 y la del agua saturada de sal común igual a 0,05, fenómeno que no se produciría si fuese una simple mezcla. De todos estos hechos el más notable es el de la contracción, porque solo se produce cuando hay combinación química. Kremers ha evidenciado esta contracción con sencillos experimentos. Por otra parte, conociendo el peso específico del agua y el de la disolución salina que se ha de disolver en aquella, por un sencillo cálculo, puede evidenciarse también que existe la contracción. En las disoluciones de líquidos en líquidos y de gases en gases, también es muy apreciable la contracción. Pero sinó ejercen acción química y por lo tanto, si son simples mezclas, el volumen es sensiblemente igual a la suma de los volúmenes de los cuerpos mezclados.

Grassi ha descubierto que la compresibilidad de las soluciones acuosas de sal común es menor que la del agua pura a igualdad de temperatura y Brown ha observado el mismo fenómeno en soluciones saturadas de cloruro amónico, de alumbre y de sulfato sódico.

El cambio de color que presentan algunas substancias al disolverse, prueba también la existencia de la combinación química; entre otros ejemplos, citaremos los siguientes: el sulfato cúprico anhidro es blanco y cuando está disuelto, azul; lo mismo ocurre cuando tiene agua de cristalización. El Cloruro de cobalto disuelto en líquidos anhidros, como el alcohol absoluto, tiene color azul subido y sus disoluciones acuosas son rojas. Potylitsine ha encontrado en los cristales de ésta sal, formados en una disolución acuosa, seis veces mas agua que en los obtenidos por evaporación de la disolución

alcohólica. La tensión del vapor de una disolución es distinta de la del disolvente puro. Puede ocurrir que el cuerpo disuelto sea volátil o que no lo sea. Konovaloff ha demostrado con sus experimentos que la disolución puede tener una tensión mayor o menor que la que corresponde a la variación en relación al cuerpo disuelto; que ésta variación no depende, por lo tanto nada mas que de las substancias con qué se opera y como consecuencia, del compuesto formado; así, por ejemplo, ha encontrado que las soluciones acuosas de alcohol tienen una tensión superior a la del agua pura, mientras que la solución al 70% de ácido fórmico en agua, posee a todas temperaturas, una tensión menor que la que corresponde al agua o al ácido. En este caso, la tensión de la solución no es nunca igual a la suma de las tensiones del disolvente y del soluto. A este propósito dice Mendelēef «la disolución dá lugar a una acción mútua que tiene por efecto disminuir la tensión del vapor propia a cada substancia aislada; esto concuerda con la hipótesis de la formación de combinaciones entre las partes constituyentes de una disolución, fenómeno siempre acompañado de una disminución de tensión».

Si la substancia disuelta no es volátil, se nota siempre un descenso de tensión. En ambos casos la relación entre la disminución de la tensión a la tensión del vapor del disolvente puro, presenta para la misma solución un valor casi constante, observándose esto solamente en las soluciones muy diluidas. Estos fenómenos han sido estudiados por Gay-Lussac, Pierson, Babo, Wullner y Tamman. Pero sinó existe acción química, sino existe por lo tanto disolución y sí, solamente mezcla sea o de líquidos o del disolvente y un sólido en suspensión, entonces la tensión del vapor es igual a la suma de las tensiones de los vapores mezclados, segun la ley de Dalton, o a la del disolvente solo si el cuerpo mezclado no es volátil. Este fenómeno lo estudiaron Regnault y Magnus y explicaron que en estos casos o hierve la mezcla a temperatura mas baja que la correspondiente al líquido mas volátil o hierve a la temperatura del líquido con el que se experimenta, si la otra substancia es fija. La explicación de estos fenómenos es muy sencilla pues sabemos que un líquido hierve cuando la tensión de su vapor es igual a la presión que sufre y en vasos abiertos ésta presión es la de una atmósfera normalmente.

El hecho es mas notable en ciertas soluciones que tienen un punto de ebullición mas elevado que el que corresponde a la substancia mas volátil; ejemplos: las disoluciones acuosas de los ácidos nítrico y fórmico. Las disoluciones de algunos gases en el agua, entran en ebullición a temperaturas superiores a 100° y este fenómeno se produce precisamente con los gases que forman un compuesto muy estable con el agua; por ejemplo: los ácidos clorhídrico y iodhídrico.

Cuando un líquido lleva substancias disueltas, desciende su punto de congelación. Este fenómeno ya había sido observado en varios casos.

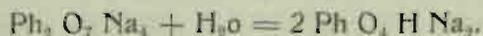
La formación de los criohidratos es una prueba de gran importancia para convencernos del carácter de fenómeno químico de las disoluciones. Se llaman criohidratos a los cuerpos resultantes de la disolución de una substancia en agua, en ciertas proporciones y que a determinada temperatura se solidifican totalmente. Generalmente se obtienen enfriando las disoluciones hasta cierta temperatura y separando el hielo que se forma hasta dejar un líquido que ya no abandona hielo y que se solidifica totalmente sin separación de las substancias. Guthrie ha conseguido un gran número de criohidratos de referentes sales, habiendo observado que éstos se forman a temperaturas muy variables; el de sal común funde a -23 correspondiendo a la composición $\text{Cl Na} + 10 \text{H}_2\text{O}$. Los criohidratos son compuestos definidos y no mezclas como algunos han supuesto.

El hecho de descomponerse una solución por el enfriamiento, formándose hielo y dejando una solución muy concentrada o abandonando al soluto puede explicarse por la diferente estabilidad de los compuestos formados a diferentes temperaturas; fenómeno análogo al de precipitarse ciertas sales disueltas cuando aumenta la temperatura, como el sulfato de cerio. El sulfato de manganeso, en disolución saturada a 90° , se enturbia cuando se calienta a mayor temperatura. Lo mismo ocurre con el sulfato cálcico y otras substancias.

El Profesor Alexeïef ha utilizado para determinar la solubilidad de un gran número de cuerpos, el punto de precipitación de las disoluciones bajo un cambio de temperatura.

Como confirmación de lo que hemos dicho de la inestabilidad de los compuestos formados en la disolución, citaremos que estas mismas soluciones dejan hielo al enfriarse lo mismo que las demás. Y en fin, que todas las soluciones se descomponen a temperaturas más o menos elevadas, dejando libres las substancias y que la disociación se producirá en estos compuestos como en todos, cuando el calor venza a la afinidad.

Cuando se hace desaparecer al disolvente o se varia la temperatura a la cual está saturada una solución o en fin, cuando se añade otra substancia que tenga más afinidad con el disolvente y lo arrastra, digamos así, se precipita o aparece el soluto en estado sólido, generalmente, para las disoluciones de sólidos en líquidos y ciertos cuerpos afectan formas geométricas, que se llaman cristales, fenómeno importantísimo. Si el compuesto formado por el soluto con el disolvente es estable a la temperatura en que se verifica la cristalización, los cristales arrastran cierta cantidad de disolvente, que en el caso de ser éste el agua, se llama de cristalización; otras veces el soluto arrastra agua que indiscutiblemente forma compuesto con él y se llama agua de constitución; así el pirofosfato sódico más el agua se convierte en ostofosfosódico,



La disolución saturada de amoníaco disuelve a algunos cuerpos, y de

estas disoluciones se depositan cristales de estas substancias que contienen moléculas de amoniaco de cristalización; tal sucede con el sulfato cúprico que cristaliza, una vez disuelto en la disolución acuosa de amoniaco, con cinco moléculas de éste.

Según la temperatura a la cual se forman los cristales, así un mismo cuerpo puede tener o no agua de cristalización; por ejemplo, la sal común a la temperatura ordinaria o algo mas elevada, cristaliza sin agua; pero si la cristalización se produce a -5° .— los cristales contienen 38% de su peso, de agua. Mendeleëff, que cita este caso, añade «que los cristales de una misma substancia depositándose a diferentes temperaturas, pueden encerrar cantidades muy variables de agua» fenómeno ya observado en varios cuerpos, por ejemplo, en el sulfato sódico y deduce «que ésto prueba que un cuerpo sólido en disolución en el agua, puede formar con éste líquido compuestos diferentes por sus propiedades y por su composición, capaces de ser aislados bajo la forma sólida como la mayor parte de las combinaciones químicas». El mismo químico propone el nombre de cristalhidratos para los compuestos formados por una sal, con su agua de cristalización. Estos cristalhidratos son compuestos definidos que funden a temperaturas determinadas para cada substancia sin descomponerse (fusión acuosa de algunas sales). Lecoq de Boisbaudran ha demostrado que estos compuestos no preexisten en las soluciones sobresaturadas y se hace patente esta idea con los siguientes experimentos, citados por Mendeleëff, el cual supone que tampoco deben existir en las soluciones saturadas: el sulfato de cobre cristaliza ordinariamente con cinco moléculas de agua; si en una solución sobresaturada de ésta sal se introduce un cristal de sulfato cúprico con cinco moléculas de agua, se depositan cristales de ésta misma clase. Pero como la presencia de sales isomorfas con la que forma la disolución sobresaturada, precipita a ésta, si introducimos en la solución un cristal de sulfato de hierro, que cristaliza con siete moléculas de agua, se obtienen cristales de sulfato cúprico con siete moléculas de agua también, y añade Mendeleëff «que es evidente que ni la sal con cinco moléculas ni la que contiene siete, de agua, existen en la solución y que ésta es un compuesto inestable de distinta constitución que éstas sales»

Según el citado químico las combinaciones del agua con una sal, cuando ésta puede formar varios cristalhidratos, no solo se producen obedeciendo en cada compuesto a la ley de las proporciones definidas, sino que la serie de estos cristalhidratos obedece a la de las proporciones múltiples.

Los hidratos, combinaciones definidas del agua con ciertos cuerpos y que algunos resisten a elevadas temperaturas sin descomponerse, son una prueba, también, de la combinación química producida en el acto de la disolución, se observa que, en general estos compuestos son tanto mas estables cuanto mayor es la cantidad de calor que desarrollan al formarse; por

ejemplo, el anhídrido fosfórico que desprende una enorme cantidad de calor al combinarse con el agua, es decir al disolverse en ella, formando el ácido fosfórico ordinario, en la proporción conveniente, no se descompone este compuesto a ninguna temperatura. El anhídrido sulfúrico al disolverse en el agua para formar el ácido sulfúrico monohidratado, desprende también grandísima cantidad de calor, menor que el anterior y forma un compuesto tan estable que, solo el anhídrido fosfórico puede descomponerlo.

El mismo anhídrido sulfúrico forma con el agua muchos hidratos muy estables y todos se producen con gran desprendimiento de calor. Uno de ellos, formado de 36 partes de agua y 80 de anhídrido, de fórmula $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, enfriado convenientemente, cristaliza a $+8^\circ$, mientras que el monohidratado no se solidifica ni a -30° . Thomsen ha encontrado que la máxima producción de calor corresponde al monohidratado, que es el más estable, desprendiendo cada 98 gramos (pero molecular en gramos) al formarse 21308 calorías.

El ácido sulfúrico forma también muchos hidratos con desprendimiento de calor, al disolverse en el agua en todas proporciones.

En algunas ocasiones el hidrato es muy estable, aunque en su formación haya habido escaso desprendimiento de calor. Se ha supuesto que esta estabilidad es debida a que el agua forma parte integrante del cuerpo resultante, pero esto ya hemos visto que ocurre en todos los casos. Tal sucede con el ácido acético, que al formarse por la acción del anhídrido y del agua, desprende una cantidad de calor casi insignificante y sin embargo forma un compuesto tan estable con ella que si se calienta o bien destila sin separarse del agua o si se eleva demasiado la temperatura, se descompone en otros productos, pero nunca en anhídrido y en agua. Tal vez sea debido este fenómeno a que el cuerpo que se disuelve es poco estable y se disocia al mismo tiempo que lo hace la solución, pues es frecuente en las disoluciones de cuerpos de cierta complicación molecular que ocurra esto.

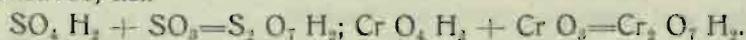
No solamente retienen el agua los cuerpos cristalizados, sino también otros que no cristalizan, formando hidratos; por ejemplo, la alúmina y la sílice y hasta ciertas substancias orgánicas como la cola sólida y la albúmina cocida.

El número de hidratos es muy considerable y algunos tienen muchas aplicaciones.

Los ácidos diluidos en agua gozan de propiedades distintas que los mismos ácidos concentrados, lo que prueba la combinación entre éstos y el agua. Buen ejemplo lo tenemos en la acción que ejercen sobre las substancias orgánicas; si están diluidos se combinan con muchas de ellas sin alterarlas, pero si están concentrados pueden engendrar cuerpos resultantes de la oxidación, deshidratación u otros, como puede verse, entre otros ejemplos, actuando los ácidos sobre los alcalóides. El ácido sulfúrico actúa sobre

las sustancias orgánicas como deshidratante enérgico, si está concentrado y como hidratante muy activo, si está diluido.

Otro ejemplo que prueba la combinación producida en la disolución, lo encontramos en los ácidos dicrómico y disulfúrico. Estos cuerpos son el resultado de la disolución de los anhídridos crómico y sulfúrico en los ácidos respectivos, así:



Estos ácidos gozan de propiedades distintas de las de los ácidos sulfúrico y crómico.

Los anhídridos poliglucosidos se disuelven en los ácidos diluidos combinándose con parte del agua de éstos y dando lugar a cuerpos distintos que en la mayoría de los casos terminan por convertirse en glucosa.

El frotamiento interno de una disolución líquida, no es proporcional a la cantidad de substancia disuelta, demostrando esto, también, que al disolverse una substancia en varias proporciones forma diferentes compuestos, con distintas propiedades.

La difusión entre líquidos no se produce sino existe afinidad entre ellos. Este fenómeno no es más que la disolución de líquidos. Mendeleeff, estudiando la difusión dice «es indispensable creer que una fuerza especial actúa en la disolución como en las verdaderas combinaciones químicas y que ésta es una especie de movimiento (energía química de la substancia) propio del disolvente y del cuerpo disuelto, que determina la disolución».

El mismo añade «la difusión de las disoluciones, como la difusión entre gases, tiene por causa principal los movimientos propios de las moléculas, pero es probable, sin embargo, que por débiles que sean las fuerzas puramente químicas, gocen un cierto papel en la difusión de las soluciones provocando la formación de combinaciones definidas entre los cuerpos disueltos y el agua».

El fenómeno que se verifica algunas veces de no disolverse algunos cuerpos en un líquido, en el cual son muy solubles, cuando éste lleva en disolución otro o vice-versa, disolverse en este caso no haciéndolo en el líquido puro, prueba que en la disolución se forma una combinación entre el disolvente y el soluto y como tal, cambian las propiedades del disolvente; ejemplos, el ioduro mercúrico es insoluble en agua pura, pero se disuelve en una solución acuosa de ioduro potásico; la celulosa se disuelve en la solución amoniacal del óxido cúprico y no en el amoniaco disuelto en agua sólo.

La polimerización puede considerarse como una disolución de un cuerpo en sí mismo puesto en condiciones adecuadas, dando lugar a otro distinto; así el acetileno se polimeriza dando lugar a la bencina, manteniéndolo algún tiempo al rojo sombra en vasos cerrados. $3 \text{C}_2 \text{H}_2 = \text{C}_6 \text{H}_6$, en fórmulas empíricas.

En las disoluciones de sólidos en líquidos, para determinar el coeficiente

de solubilidad, puede hacerse preparando a una temperatura dada una solución saturada y determinando luego las cantidades de el líquido y del cuerpo disuelto, por evaporación, si el disolvente es un líquido volátil; pero si no lo es resulta mejor disolver en una cantidad conocida de disolvente y a una temperatura dada, una cantidad también conocida del cuerpo que se desea estudiar su solubilidad y determinar la cantidad disuelta por diferencia entre lo que se empleó y el resto que queda sin disolver.

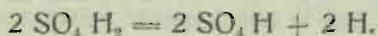
Los sólidos disueltos en líquidos deben encontrarse en estado líquido en la solución. Beilby ha deducido que la parafina disuelta en el aceite ocupa el mismo volumen, con el mismo peso, que el que tendría a la misma temperatura y que por lo tanto, debe encontrarse en estado líquido en la solución. Lo mismo puede suponerse que ocurre en los gases disueltos en los líquidos. Si el disolvente es sólido, es indudable que los gases y líquidos disueltos en él, deben encontrarse en estado sólido.

Bodlander ha observado que las soluciones complejas encierran de cada una de las sustancias, menor cantidad que las saturadas de cada cuerpo por separado. De aquí se deduce que si la solución saturada de una sustancia se pone en contacto de otra, disuelve una parte de ésta a la vez que precipita una parte de aquélla. Así se explican los precipitados naturales. Este fenómeno solo ocurre cuando los cuerpos que se disuelven tienen próximamente igual afinidad para con el disolvente y ninguna entre sí, pues de no ser así podrá una disolución disolver más o menos o nada, de otro cuerpo o bien disolver a este que no es soluble en el líquido puro. Este hecho puede explicarse por los equilibrios químicos. Al ponerse en contacto con la solución otro cuerpo, éste se apodera de parte del disolvente y rompe el equilibrio químico de la antigua solución, como consecuencia, se precipita una parte del cuerpo disuelto anteriormente. Lo contrario ocurrirá si en una solución saturada de un cuerpo en presencia de un exceso de éste sin disolver, añadiéramos más disolvente, entonces, diluyéndose la solución, se rompería también el equilibrio, pero se restablecería disolviéndose la cantidad necesaria para quedar otra vez saturada la solución, del exceso de cuerpo sin disolver.

Puede asegurarse que todo líquido que moja a un sólido, tiene para con él alguna afinidad y si no lo disuelve a la temperatura ordinaria, lo hará a otra temperatura o por lo menos, ejerce alguna acción química sobre él formando compuestos. Por ejemplo, todos los metales que son mojados por el mercurio, son solubles en él; el mercurio no moja al vidrio y no ejerce ninguna acción química sobre este cuerpo, pero el agua, que lo moja, le ataca, aunque lentamente.

Se han llamado disolventes neutros a los que dejan, al destruir la disolución, al soluto inalterado. Se decía que estos disolventes no ejercen acción química sobre el cuerpo que disuelven, sino que solamente lo disgregan

haciéndole cambiar de estado. No pueden existir tales disolventes, pues de admitir su existencia, habría que suponer que sin intervención de ninguna energía extraña, puede cambiar de estado un cuerpo, lo cual es absurdo. Es más racional admitir que el compuesto que forman es tan inestable, que se disocia en el momento que se hace desaparecer la disolución. De estas falsas apreciaciones ha habido siempre gran número en las Ciencias Físico Químicas; recuérdese que a consecuencia de las reacciones secundarias que se producen en la electrolisis de las sales de los metales alcalinos, se creyó una cosa muy distinta de la realidad y se fundaron teorías que un exámen mas completo obligó a desechar. Se creyó, también, que el agua se descompone con las débiles corrientes de una pila eléctrica, hecho que niegan hoy la mayoría de los físicos y que los señores Jamin y Bouty en su libro, curso de Física de la Escuela Politécnica de París, demuestran, en el caso de que se acidule el agua con ácido sulfúrico, que no es el agua la que se descompone, sino el ácido, formándose ácido persulfúrico y desprendiéndose dos átomos de hidrógeno, que se dirigen al cátodo del voltámetro; enseguida el ácido persulfúrico, se combina con el agua, de la cual hay un exceso y regenera el ácido sulfúrico, desprendiendo un átomo de oxígeno, que vá al ánodo, quedando, por consiguiente, al terminar el experimento, la misma cantidad de ácido sulfúrico. Las reacciones son: la 1.^a o fundamental.



la segunda o secundaria



En las disoluciones de líquidos en líquidos se observa que la máxima contracción de volumen corresponde a la máxima producción de calor, lo que prueba la aproximación de sus moléculas y éstos fenómenos coinciden con la formación del compuesto más estable.

No siempre se produce calor en estas disoluciones y se explica por la hipótesis de Pierson aplicada a este caso y que como ya dijimos, suponiendo que el calor de combinación es pequeño, nulo el de cambio de estado y de mayor valor que el primero el que se necesita para la desagregación de las moléculas de los cuerpos. Producen calor (y entiéndase que al decir producir, queremos decir siempre aparece; lo mismo que cuando se dice produce frío es decir, hay absorción de calor; ésta es una forma de la energía y ésta ni se crea ni se destruye, sólo sufre transformaciones) el ácido sulfúrico en el agua, el alcohol en el ácido sulfúrico y otros. Absorven calor, el cloroformo en el sulfuro de carbono, el fenol o la anilina en el agua. Pequeñas cantidades de agua en el ácido acético o en el alcohol amílico, según Alexeïeff; producen frío, pero grandes cantidades en los mismos cuerpos desprenden calor. Las disoluciones acuosas de sosa y potasa, al diluirlas en el agua, producen también calor.

Mendeleëff admite el criohidrato de alcohol etílico de fórmula $\text{C}_2 \text{H}_6$

$O + 12 H_2 O$. Este químico y Tistchenko han aislado este cuerpo enfriando una disolución de agua y alcohol a -20° . Cristaliza en hermosos cristales fusibles a -18° .

Como ejemplos de disoluciones de líquidos en sólidos podemos citar la formación de los hidratos cálcico, sódico, potásico y otros, que todos son compuestos definidos, sólidos cuando la cantidad de agua es muy pequeña en relación a la de la otra substancia; la formación de sulfatos y de otras sales, en el mismo caso y otros muchos. El calor desarrollado en muchas de estas disoluciones es superior al que desprende al solidificarse el líquido, lo que prueba la combinación química producida.

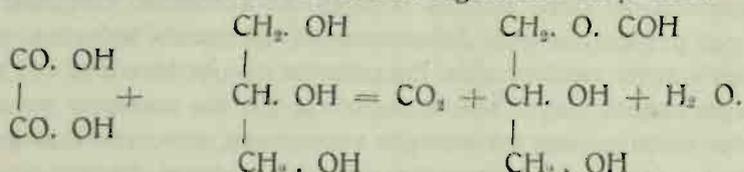
Las disoluciones de sólidos en sólidos son raras por la gran cohesión de estos cuerpos, que se opone a la combinación química y sólo en el caso de una gran afinidad entre ellos se pueden producir, como entre el fósforo ordinario y el yodo; así es que apesar del calor absorbido para desagregarse los cuerpos sólidos, se observa todavía desprendimiento de este agente. Spring mezclando nitrato potásico y acetato sódico, ambos muy secos y en polvo fino y dejándolos durante meses en un desecador, ha observado que la masa formada por estas dos sales, que ninguna de ellas es delicuescente, está húmeda, debido a que se han formado acetato potásico y nitrato sódico, cuerpos ambos muy delicuescentes. Ha habido por lo tanto acción química, entre estos cuerpos, con la consiguiente contracción, es decir una disolución, seguida de acciones secundarias entre ambos cuerpos. Si se favorece de algún modo a la afinidad, éstas disoluciones, se producen más frecuentemente; por ejemplo, sometiendo a los metales reducidos a finísimas limaduras intimamente mezcladas, a fuertes presiones, ha obtenido Spring aleaciones con los mismos caracteres que las obtenidas por fusión de los metales, notándose desprendimiento de calor. Si se mezclan intimamente limaduras de hierro y azufre en polvo muy fino y se humedece la mezcla, se vé que al poco tiempo se ha formado un cuerpo nuevo, el sulfuro de hierro, notándose gran desprendimiento de calor. Este fenómeno, conocido desde hace mucho tiempo, se designa con el nombre de volcán de Lemery. El agua actúa como medio trasmisor de la afinidad entre las partículas de hierro y azufre y favorece, por lo tanto, a ésta fuerza. Triturando en un mortero de vidrio el sodio y el potasio en frío, se combinan con desprendimiento de calor, formando aleaciones líquidas en todas proporciones. Una de estas, de fórmula $Na K_2$ que como todas tiene aspecto parecido al mercurio, se emplea para sustituir a éste metal en la construcción de termómetros destinados a indicar temperaturas superiores a 360° , a la cual hierve el mercurio; si se añade mercurio, la disolución es tan rápida y enérgica que se desprende calor y luz y se forma un cuerpo sólido, duro y quebradizo, muy parecido a la plata y que se utiliza como un reductor. Aquí tenemos un caso de disolución de sólidos dando un líquido y de líquidos dando un cuerpo sólido.

Entre los muchos ejemplos de disolución de gases en cuerpos sólidos, citaremos algunos; la absorción del oxígeno por algunos óxidos metálicos a ciertas temperaturas para formar óxidos superiores; la del mismo cuerpo por algunos metales candentes, hierro, cobre y otros, formando óxidos anhídros; la absorción del cloro por los metales para formar cloruros; la del vapor de agua por los cuerpos deliquescentes formando hidratos, algunos muy estables y otros muchos más. Esta disolución obedece a la ley general, pues es mayor cuanto mayor sea la superficie de los cuerpos puestos en contacto. Por consiguiente, los cuerpos esponjosos, absorven más gases en igualdad de las demás circunstancias, así vemos que el musgo de platino llega a absorber cantidades considerables de hidrógeno. El carbón de encina apagado en una campana llena de un gas, absorbe 90 veces su volúmen a la presión ordinaria si el gas es el amoníaco, 35 si es el anhídrido carbónico y 9 si es el oxígeno. Un fragmento de carbón saturado de un gas y sumergido en otro cual quiera, pierde una parte del primero, que es reemplazada por el segundo, fenómeno que también puede explicarse, como en las disoluciones de sólidos y líquidos, por el equilibrio químico. Se entiende, que no exista acción química entre ambos gases.

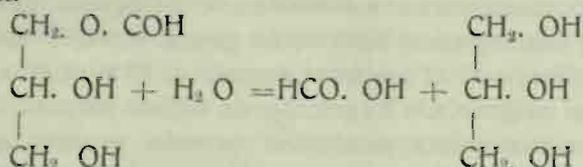
Esta disolución de gases en sólidos, va siempre a compañada de un gran desprendimiento de calor. Este fenómeno se observa muy bien con el platino esponjoso y el hidrógeno. Deboereiner, que lo observó primero, lo aplicó a la construcción de la lámpara hidro-platínica.

Si en un vaso abierto que contenga disolución acuosa de amoníaco, que se calienta suavemente para que se desprenda parte de este gas, se introduce un alambre de platino arrollado en hélice y previamente enrojecido, se observa que sigue candente y que el amoníaco se combina con el oxígeno del aire, formando agua y ácido nítrico. Este fenómeno se explicó por las acciones catalíticas. Un fenómeno análogo se observa cuando se hace pasar una corriente de los gases oxígeno y anhídrido sulfuroso mezclados, por un tubo de porcelana enrojecido, que en su interior tiene esponja de platino; los dos gases se combinan formando el anhídrido sulfúrico. También se explicó esta combinación por la fuerza catalítica, suponiendo que la presencia de algunos cuerpos bastaba para provocar la reacción química, sin tomar ellos parte, puesto que quedaban sin alteración al terminar el experimento. Los descubrimientos modernos permiten explicar estas acciones del modo siguiente: la reacción puede considerarse dividida en dos períodos; en el primero hay combinación del cuerpo o cuerpos reaccionantes con el que se creía que sólo ejercía acción de presencia y en el segundo periodo hay disociación de este compuesto. Así se explica que quede el cuerpo sin alteración. Una prueba de esto la tenemos en la síntesis del ácido fórmico según Berthelot; haciendo actuar el ácido oxálico sobre la glicerina a un calor suave en baño maría, se forma un cuerpo, la monofórmica, que

es un éster glicérico muy inestable y se desprende agua; basta la acción del agua formada en la misma reacción y un pequeño aumento de temperatura para que se descomponga en ácido fórmico y glicerina. Las reacciones expresadas en fórmulas desarrolladas son las siguientes. La primera



La segunda



Vemos, pues, reaparecer la glicerina como sinó hubiese tomado parte en la combinación química y sin embargo sin ella no se puede producir ésta.

Los fenómenos que antes hemos citado pueden explicarse suponiendo que esos gases son absorbidos, es decir disueltos, por esos cuerpos porosos; combinados con éstos se encuentran en íntimo contacto, se combinan y luego ocurre la disociación del compuesto formado por ellos y el cuerpo poroso, reapareciendo éste, como sinó hubiese sufrido alteración.

Es de observar que muchos cuerpos disuelven mayor cantidad de gases a temperaturas elevadas que a la ordinaria, lo cual no tiene explicación si se supone esta disolución un simple cambio de estado, pero si podemos explicarla suponiendo que en el acto de la disolución se forma un compuesto entre ambos cuerpos, pues sabemos que las combinaciones se producen a diferentes temperaturas. El hierro calentado al rojo absorbe hasta siete veces su volumen de óxido de carbono, reteniéndolo indefinidamente, fenómeno que desempeña un papel muy importante en la aceración de este metal; el paladio calentado al rojo y enfriado lentamente en corriente de hidrógeno, llega a absorber hasta 643 veces su volumen; a la temperatura ordinaria solo absorbe 376 volúmenes.

Las disoluciones de hidrógeno en algunos metales constituyen verdaderos compuestos químicos definidos, que se llaman hidruros y tienen el carácter de aleaciones. Se conocen, entre otros, el de sodio, potasio y el de paladio. Este último también puede obtenerse por electrolisis de los ácidos diluidos que no le ataquen, colocando como cátodo una lámina de paladio.

También el cobre al rojo absorbe un 30 % de su volúmen, de hidrógeno, si el cobre está en hilos y un 60 %, si está en estado esponjoso. Este fenómeno de disolución de un gas en un cuerpo sólido, se llama oclusión.

Respecto al fenómeno de permeabilidad observado en algunos metales

para ciertos gases, puede explicarse considerándolo como consecuencia de la disolución, pues se observa que aquellos metales que disuelven mas cierto gas, son precisamente los mas permeables para éste. Por ejemplo, el paladio es el metal que disuelve más hidrógeno y es el mas permeable para dicho gas. Asi lo probó Graham introduciendo un tubo cerrado de éste metal en cuyo interior se mantiene el mayor enrarecimiento posible, en una atmósfera de hidrógeno y calentando el tubo de paladio hasta cerca de la temperatura del rojo, observó que penetraba facilmente dicho gas. El hierro enrojecido se deja atravesar por el óxido de carbono y por esta razón, entre otras, resultan malsanas las estufas de hierro.

La permeabilidad de los sólidos para los gases puede explicarse del mismo modo que la ósmosis de los gases a través de membranas mojadas en agua. Graham admite que en este caso el gas se disuelve en el agua de la membrana, la atraviesa en disolución y en la cara opuesta se evapora, confirmando a esta hipótesis el hecho observado por el mismo físico en este experimento, es a saber, el que la difusión de los gases en este caso es proporcional a la solubilidad de éstos en el agua.

Todo líquido rodeado de un gas disolverá una cantidad que dependerá de la afinidad que exista entre los cuerpos que se consideran y llegará a la saturación, no variando ni la temperatura ni la presión, cuando la que ejerza el gas ambiente sobre el disuelto sea igual a la tensión de éste. Se supone que hay un equilibrio químico, disolviéndose una cantidad igual a la que se escapa. Si se coloca esta solución en el vacío, como no habrá disolución y sí, fuga del gas disuelto, puede ocurrir que el líquido pierda parte y hasta todo el gas que tenía en disolución; si se coloca dentro de una atmósfera de otro gas, puede ocurrir también, que se disuelva parte de éste y se marche parte o todo, del gas primeramente disuelto. Si calentamos esta solución, lo general es que se disocie en sus componentes. Pero si la afinidad entre el gas y el líquido es muy grande, no ocurrirán ninguno de estos fenómenos ni se marchará el gas al calentar la solución; ejemplos: las disoluciones acuosas de los ácidos clorhídrico y iodihídrico son compuestos que destilan y no se disocian ni aún a temperaturas elevadas.

Al disolverse un gas en un líquido hay producción de calor. El calor desarrollado, si fuese un simple cambio de estado del gas, debería ser igual al de liquefacción de éste, pero siempre es mayor, pues según la hipótesis de Pierson aplicada a este caso, las cantidades de calor desarrolladas en la combinación y en el cambio de estado del gas al pasar a líquido, son siempre más considerables que las cantidades absorbidas para desagregarse el disolvente y el soluto. Corresponde este máximo desarrollo, a la disolución verificada en cantidades del líquido y de el gas necesarias para formar compuestos definidos o lo que es lo mismo, mas estables; asi 17 gramos de amoniaco gaseoso desarrollan al liquidarse 4400 calorías y al disolverse en



18 gramos de agua para formar el hidrato de amoníaco, $\text{NH}_3 \cdot \text{OH}$, desarrollan 7535 calorías. La disolución acuosa saturada de amoníaco, sometida a un enfriamiento de -40° deposita cristales de hidrato de amonio. Este cuerpo es de función química fuertemente básica; a él se debe la extraordinaria alcalinidad del amoníaco y esto se comprueba observando que este gas es inactivo con los papeles—reactivos secos, pero si están húmedos, actúa sobre ellos, pues entonces se forma al disolverse en el agua que impregna a estos.

Prueba también la combinación química, el que los gases aislados se liquidan y solidifican a temperaturas mucho más bajas que los compuestos que forman al disolverse en los líquidos; por ejemplo, el amoníaco a la presión de una atmósfera se liquida a -40° y se solidifica a -75° a la presión normal y ya hemos dicho que su solución acuosa se solidifica a -40° también a la presión ordinaria; el cloro, a una atmósfera, se liquida a -50° y se solidifica, según Olzewski a -102° ; su hidrato se solidifica a 0° y así en los demás gases.

La segunda ley de la disolución de los gases en los líquidos, se explica porqué descendiendo la temperatura, disminuye la tensión del gas y como consecuencia, el compuesto formado con el disolvente es más estable, pero a temperaturas superiores se disocia al mismo tiempo que se forma.

La tercera ley, o sea la de H. Dalton, es exacta para los gases que tienen poca afinidad con el disolvente, pues si ésta es muy considerable, se disuelven en mayor proporción que la que correspondería por la citada ley. Así, el ácido clorhídrico al disolverse en el agua no obedece a esta ley; ni el anhídrido carbónico disuelto en soluciones acuosas de potasa o sosa, pues aunque disminuya la presión no se escapa el gas. Wroblewski ha demostrado que este gas tampoco sigue la ley, pues se disuelve en el agua, menos que lo que correspondería para las presiones sufridas. Mendeleeff dice «que esto muestra que la disolución es muy diferente de la liquefacción y que aquella está determinada por una atracción especial entre el agua y el cuerpo disuelto». Wroblewski ha conseguido demostrar la existencia de la afinidad entre el agua y el anhídrido carbónico, aislando un compuesto muy poco estable, cristalizado, de composición $\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$, que obtuvo comprimiendo el anhídrido carbónico húmedo, a cero grados y a 10 atmósferas, y dejando instantáneamente de actuar la presión, se produce una súbita expansión del gas con absorción de calor y formación de este compuesto.

Los gases a causa de la extraordinaria movilidad de sus moléculas, se mezclan con facilidad, aunque no ejerzan acción química. Por lo demás, son tan numerosas las combinaciones entre ellos, verdaderas disoluciones, con la contracción consiguiente, que no creemos necesario ocuparnos de ellas. Solo citaremos lo que a este propósito dice el eminente químico Mendeleeff

«el volúmen de la mezcla de dos gases es proximately igual a la suma de los volúmenes de los gases mezclados, de lo cual se deduce que en toda mezcla de gases, se produce un cambio de volúmen que aunque sea pequeño, existe siempre. Brown ha demostrado que mezclando volúmenes iguales de anhídrido sulfuroso y de anhídrido carbónico, la presión era menor, habiendo disminuido 39 milímetros; de esto dedujo que éstos gases debían formar un compuesto. En efecto, Pictet lo ha hallado enfriando la mezcla a -19° . obtenido un líquido poco estable».

Al tratar de las disoluciones de sólidos en líquidos no nos hemos ocupado nada más que de las soluciones saturadas; las diluidas, se dice, que gozan de propiedades muy notables. Se supone que las moléculas de un soluto en solución muy diluida, están libres como las de los gases y chocando entre sí y con las paredes del vaso que contiene la disolución, choques que producen como en los gases, una presión sobre dichas paredes, que Van T' Hoff llama presión osmótica, la cual según dicho químico, es idéntica a la que ejercería la substancia disuelta si en estado gaseoso ocupase un espacio igual. La ley de Boyle-Mariotte, dice que puede aplicarse, por lo tanto, a esta clase de disoluciones, y por consiguiente, la hipótesis de Avogadro y suponer que en volúmenes iguales de igual presión osmótica, contienen estas soluciones necesariamente el mismo número de moléculas. Esta hipótesis, que se suele emplear para determinar los pesos moleculares, presenta bastantes excepciones; muchos cuerpos hay cuya presión osmótica es superior a la que corresponde a su peso molecular. Soante Arrhenius y Ostwaldt tratan de explicar estas anomalías suponiendo que los cuerpos que la presentan (que son la mayoría de los electrolitos), se encuentran disociados, en parte, en sus elementos que llaman iones y presentan, por consiguiente, mayor número de moléculas y de aquí, su mayor presión osmótica, deduciendo estas consecuencias de la observación de la conductibilidad para la electricidad de las soluciones diluidas. Pero esta hipótesis, que es análoga a la de la disociación térmica que se ha aplicado para explicar las anomalías de la hipótesis de Avogadro, no satisface a muchos químicos, ni explica según éstos, muchos fenómenos. Mendeleeff la impugna alegando entre otras razones las siguientes: que las soluciones de sulfato de magnesio no presentan esas anomalías y sin embargo conducen muy bien la electricidad; añade, que no se concibe esa disociación electrolítica realizada sin que haya gasto de energía; dice que es más lógico suponer la formación de ciertos hidratos en el acto de la disolución, que la descomposición de sales anhidras en iones; que las soluciones que conducen mejor la corriente eléctrica son análogas a las soluciones acuosas de ácido sulfúrico y que en estas es innegable reconocer la formación de hidratos y concluye diciendo, que es preciso buscar la causa de la conductibilidad eléctrica en la afinidad y facultad de combinación que existen entre el disolvente y la substancia

disuelta, como lo demuestran los experimentos de Konovalof; así, ni la anilina ni el ácido acético tomados aisladamente, conducen la corriente eléctrica; las soluciones acuosas de anilina la conduce mal, pero la solución acética, la conduce muy bien; disolución en la cual deben actuar fuerzas químicas que obligan a la anilina a combinarse con el ácido acético.

También se han estudiado fenómenos notables en esa clase de disoluciones, que son el descenso del punto de congelación y del de ebullición y se han deducido leyes análogas a la de la presión osmótica, y se ha aprovechado del mismo modo para obtener los pesos moleculares de algunas sustancias solubles. Pero se ha visto que esas leyes presentan muchas excepciones siendo aplicables nada más que a algunos cuerpos. Nosotros creemos que en esas disoluciones, las moléculas del compuesto formado flotan libremente en el resto del líquido, como si fueran partículas en suspensión de un cuerpo que no ejerce acción química ya sobre el líquido; lo prueban los experimentos realizados con los diafragmas semipermeables. Todos saben que en los filtros ordinarios, no pasan con el agua las partículas en suspensión de cierto tamaño y que en los de porcelana de amianto, ni aún las más ténues, pero en todos pasan las sustancias disueltas en el líquido, con sólo la presión que origina el peso de la masa de éste, por pequeña que sea la cantidad de líquido. Pfeffer trabajando con lo que se llaman diafragmas semipermeables, porqué sólo dejan pasar el agua a su través, pero no las sustancias disueltas, y que eran ya conocidas en el reino vegetal, consiguió que al comprimir fuertemente una disolución muy diluida, saliera el agua pura, quedando en el interior una disolución concentrada; prueba de que el tamaño de las moléculas del compuesto formado por el agua y el soluto, es mayor que el de las del agua pura y así debe ser por tener aquellas mayor número de átomos que éstas. Dice el insigne químico español Sr. Rodríguez Carracido al hablar de éstos fenómenos en su obra «Evolución de la Química» que «estos diafragmas se obtienen artificialmente de varios modos, entre los cuales puede citarse como tipo el adoptado por Pfeffer, que consiste en lavar sucesivamente con potasa, ácido clorhídrico y agua pura, vasijas porosas, de la misma forma de las usadas en las pilas eléctricas, pero cuyas dimensiones no exceden de 45 milímetros de altura por 2 milímetros de diámetro, se sumergen después durante algunas horas en una disolución al 3 por 100 de sulfato de cobre, y seguidamente en otra de igual concentración de cianuro ferroso potásico, dejándola en este último baño veinte y cuatro horas para que el precipitado de cianuro ferroso cúprico se deposite en todos los poros uniformemente y resultan las vasijitas, a las cuales después de este tratamiento se les dá el nombre de *células*, perfectamente semipermeables. El hidrato térmico, la gelatina precipitada por el ácido estánnico, y otros sirven igualmente para producir la semipermeabilidad de los vasos porosos.»

Como conclusión diremos: no existen disoluciones físicas, a menos que

no se llamen así a lo que siempre se han considerado y se consideran, como mezclas de un líquido y un sólido pulverulento que permanece en suspensión o como la arcilla que se deslie en el agua, y en este caso, no obedecerían a las leyes que se asignan al fenómeno, pues serían mezclas arbitrarias.

Toda combinación química, es una disolución.

«Si los seres microscópicos desapareciesen de nuestro globo, la superficie de la Tierra quedaría cubierta de materias orgánicas muertas y de cadáveres de todas clases; sin ellos, la vida se tornaría imposible, porque la obra de la muerte sería incompleta». Estas palabras del eminente Pasteur, que son el resultado de sus minuciosas investigaciones, expresan la acción demoledora de los microorganismos, sin la cual no quedarían libres los elementos constituyentes de los seres vivos y no podrían los vegetales asimilarlos, rompiéndose el equilibrio de la naturaleza. Los vegetales son incapaces de asimilar directamente la materia orgánica del suelo en el que viven. Es preciso para que esta asimilación tenga lugar, que dicha materia sea descompuesta y retorne al estado mineral, y sólo los microorganismos son los que realizan este cambio regresivo y permiten, por lo tanto, que vuelvan a entrar dichas substancias en los organismos. Aún no está comprobado del todo el que los vegetales puedan absorber por las raíces substancias procedentes de la descomposición parcial de las orgánicas con tal de que sean, dialisables, pero aunque sea así, siempre necesitarán las materias organizadas ser transformadas parcialmente en esas solubles y no coloides, y esa transformación es obra de los microbios. Así se explica que no solamente se han encontrado microbios en las tierras, sino también en el aparato digestivo de los animales y donde quiera que haya que descomponer cuerpos organizados. Y nada diremos de los microbios patogénicos, pues no encaja su estudio en nuestro modestísimo trabajo, pero, en resumen, su misión es idéntica a la de los demás, destruir la materia organizada dejando libres sus componentes, total o parcialmente. Pero aún hay más: modernamente se han descubierto otros que, aunque destruyen, fijan también elementos, obligándoles a constituir compuestos de grandísima utilidad para las plantas.

Desde que Pasteur publicó sus memorables estudios sobre la descomposición de las infusiones orgánicas, la Agricultura lo mismo que otras ciencias, se apoderó de las ideas del gran químico y trató de deducir conse-



cuencias útiles al cultivo de los vegetales y al aprovechamiento de sus productos. El campo de investigación es inmenso; en él han laborado y laboran además de Pasteur, Berthelot, Van-Tieghem, Hiltner Winogradsky, Kaiser, Frœnkel, Carón, Muntz, Gayon, Deherain, Beijerinck, Nobbe y otros muchos, habiendo obtenido asombrosos resultados. Nos proponemos dar una idea de los trabajos de estos sabios, en lo que se relacionan con la nutrición de las plantas.

Nos ocuparemos primeramente de la influencia que ejercen los microorganismos en la formación del suelo-habitación de los vegetales; después trataremos de su acción sobre las sustancias que se emplean como abonos, acción que permite a éstas obrar como tales sustancias nutritivas y por último del fenómeno tan curioso como útil, de la asimilación del nitrógeno atmosférico y de algunos otros cuerpos minerales. Pero antes es conveniente recordar algo de lo que se sabe hoy de éstos microorganismos.

Según Kayser, se dá el nombre de microbios a seres monocelulares desprovistos de clorofila, incapaces, en su mayoría, de fijar el carbono del anhídrido carbónico; por excepción presentan esa propiedad algunos del grupo de las bacterias cromógenas, como el *Bacillus chlorinus*, el *B. viridis*, y el *B. virens* y aún en éstos, desaparece cuando va a tener lugar la esporulación. Exigen para su nutrición sustancias orgánicas y son tan pequeños, que sólo se distinguen con el auxilio del microscopio. Esta definición puede corresponder a gran número de seres de uno u otro reino, pero nos ocuparemos con preferencia de las bacterias, que no solamente son las más numerosas e importantes, sino, las mejor estudiadas.

Se coloca a las bacterias en el reino vegetal y se las considera, por sus analogías como *cyanophiceas*, orden 2.º de la clase algas de Van-Thieghem. Su número es considerable; se las clasifica atendiendo a la forma que afectan en las mejores condiciones de cultivo, aunque estas formas están sujetas a grandes variaciones. Adoptamos la clasificación de Kayser que las divide en cuatro familias:

Coccaceas comprendelosgéneros	{ Micrococcus, sin endosporas. Sarcina, con endosporas. Streptococcus, con arthrosporas.
Bacilos con los géneros	{ Arthro bacterium (arthrosporas). Bacillus. . . . { Bacillus (bastoncito recto). Clostridium (bastoncito fusiforme). Plectridium (bastoncito en tambor).
Spirobacterias con los géneros.	{ Spiro chaeta (astros poras, espiral elástica). Vibrio (endosporas) Spirillum (endosporas, espiral rígida).

Bacterias filamento- sas; géneros.	Leptotricheas	Leptothrix (con base y vértice, arthrosporas sin azufre).
		Beggiatoa (filamentos sin vaina, con azufre, sulfurarias).
		Phragmidiothrix (filamentos divididos en cilindros cortos).
		Crenothrix (filamentos con vaina; ferro bacterias).
	Cladotricheas (filamentos ramificados con vaina).	

La estructura es igual a la de las células vegetales o animales; unas son móviles y otras carecen de movimiento propio. Se reproducen por segmentación o por esposas. En condiciones favorables, el desdoblamiento de los microbios puede verificarse en muy corto tiempo; Ward ha visto segmentarse al *Bacillus ramosus* en treinta y cinco minutos, lo que produciría en 24 horas 4.000,000 de individuos.

A causa de su gran plasticidad protoplasmática, puede una misma bacteria adoptar formas muy diversas; así el *Micrococcus prodigiosus* se alarga en medios ácidos. Se observan hechos análogos en otras bacterias. Este fenómeno se llama pleomorfismo y las formas adoptadas, de evolución. Así en lugar de hacer la clasificación según las formas, se las puede dividir en dos grupos: las parásitas y las saprofitas. Las primeras atacan a los seres vivos; las segundas, se contentan con las materias orgánicas inertes.

Los agentes físicos influyen de muy distinta manera sobre los microbios. El calor actúa de diferente modo, no solamente según la clase de ellos, sino que para la misma especie varía su acción según que hayan producido esporas o nó; pero en general son mas resistentes al calor las bacterias secas que las húmedas. Como todos los seres, los microorganismos tienen sus límites, superior e inferior, y su temperatura a propósito u óptima. Todos resisten mejor grandes enfriamientos que elevadas temperaturas; si estas pasan de 120°, los microbios perecen; en esto se funda la esterilización por el calor.

La luz mata a las bacterias rapidamente en presencia del oxígeno y lentamente en el vacío. Sin embargo, a las bacterias llamadas cromógenas, no sólo no les perjudica, sino que la buscan y les permite asimilar el carbono, como las células vegetales provistas de clorofila. La luz es un agente higiénico de primer orden; puede matar a los gérmenes en los suelos iluminados hasta cierta profundidad, si obra con gran intensidad y durante algunas horas.

Los efectos de la electricidad se reducen a las acciones químicas y caloríficas que desarrolla el paso de la corriente.

Las materias que emplean los microorganismos para su alimentación, son muy variadas; en general, son substancias orgánicas, pero también

utilizan otras minerales. Unas necesitan el oxígeno para vivir y otras perecen en atmósfera de él; se les ha llamado aerobías a las primeras y anaerobías, a las segundas. Se dice que necesitando éstas últimas del oxígeno para vivir y no pudiendo tomarlo directamente, lo sustraen a las substancias que las rodean, si lo contienen y originan, por consiguiente verdaderas reducciones; ejemplo, las desnitrificadoras. También se cree que las acciones que realizan las bacterias son debidas, en la mayoría de los casos, a ciertas secreciones producidas por ellas, llamadas diastasas, que a veces pueden originarse en los organismos superiores y que tienen por objeto transformar a las materias sobre que actúan y volverlas asimilables.

Los microorganismos se encuentran muy repartidos en la naturaleza, abundando mas en las aguas y en la tierra que en el aire, siendo estos últimos procedentes de aquellos. Estando la existencia de los microbios íntimamente ligada a la de la materia orgánica y siendo más ricas en esta substancia las capas superiores de las tierras, claro está que serán más numerosas en éstas que en las inferiores; según Froenkel, el máximo de gérmenes corresponde a la profundidad de 0,20 ó 0,50 mts. y a 3 ó a 5 metros, el número es casi nulo, porqué el suelo actúa como un filtro; en una misma capa son mas numerosos en verano que en invierno. Sin embargo, las aguas, las lombrices de tierra y las raíces de las plantas, transportan a distintas profundidades a los microorganismos. La cantidad y naturaleza de los abonos, influyen mucho también en el número y clase de ellos. Se ha observado, por medio de sondeos, que a veces entre capas de terreno infestados, existen otras casi desprovistas por completo. Por último, la composición del suelo, sus propiedades físicas, cantidad de agua contenida en él, las labores y otras causas, hacen variar de un modo extraordinario la riqueza en gérmenes de los suelos.

No todos los microbios que existen en el suelo son beneficiosos; los hay perjudiciales. Su estudio constituye una ciencia fecundísima en aplicaciones agrícolas. Ella ha permitido dar explicación científica a hechos comprobados por la experiencia y permite realizar otros sabiendo de antemano el beneficio que deben reportar al cultivo. Por ejemplo: el barbecho, que tan discutido ha sido, tiene su explicación, pues entre otras razones, según Caron, favorece el desarrollo de los microbios nitrificadores y aunque puede y debe ser desterrado empleando abonos a propósito, la alternativa de cosechas y las escavas frecuentes, hay ocasiones en las que no hay más remedio que usarlo. Sin embargo, aún en muchos casos pueden conseguirse mejores resultados con el uso de los abonos verdes, constituidos por plantas leguminosas que además de otros beneficios, ceden al terreno substancias nitrogenadas elaboradas a expensas del aire y aumentan la riqueza en microorganismos útiles. Según Muntz, estos abonos fertilizan tanto como el nitrato sódico, respecto a la cantidad de nitrógeno que ceden al suelo.

Los microbios han contribuido y contribuyen, a la formación del terreno laborable. Dejando a un lado la influencia ejercida por ellos en la producción de los carbones naturales, turba, mantillo, hulla etc. y la comprobada hasta la evidencia, para la formación de los inmensos depósitos de nitro de Chile y Perú, citaremos los relativos al asunto, los señalados por Muntz, el cual reconoció la presencia de bacterias nitrificadoras en las rocas calcáreas pizarrosas de algunos puntos de los Alpes (Oberland); introduciéndose estas bacterias por las hendiduras de las rocas, aceleran la destrucción de ellas por los productos ácidos que segregan. Los musgos y los líquenes que cubren las rocas húmedas, al perecer y sufrir sus restos la acción de las bacterias, producen ácidos que corroen también a estas rocas. La reducción de los sulfatos con desprendimiento de gas sulfhídrico que puede dar lugar a sulfuros por los microbios de la putrefacción y otros, *Spirillum desulfuricans*) y la descomposición del sulfhídrico por las *sulfurias*, *Beggiatoa* y *Thiotrix* con fijación del azufre, que a la muerte de la bacteria se oxida y con el agua dá SO_2 , H_2 que ataca a ciertas rocas y forma sulfatos y la acción de las *ferrobacterias* sobre ciertos compuestos de hierro; la disolución de los fosfatos neutros, la descomposición de los carbonatos y de algunos silicatos, por la acción de los ácidos que se desprenden en ciertas fermentaciones, contribuyen a formar, juntamente con otras acciones de algunas bacterias poco estudiadas todavía, la llamada tierra vegetal.

Pasamos ahora a indicar la acción de las bacterias en la transformación de las sustancias llamadas abonos. De éstos, el más usado desde tiempo inmemorial, es el estiércol de cuadra o de granja. Está compuesto por las deyecciones sólidas y líquidas de los animales domésticos y por los lechos o camas; es por consiguiente, una mezcla de sustancias hidrocarbonadas y nitrogenadas, las cuales sufren transformaciones mas o menos completas bajo la influencia de los microorganismos que son conducidos allí por los lechos, o por las deyecciones de los animales, procedentes de los intestinos, o bien, por el aire. Estas acciones son muy variadas según las circunstancias, grado de humedad, acceso o carencia de oxígeno, la clase de sustancias atacadas y otros; ellos provocan y producen combinaciones químicas que tienen gran importancia. Debemos considerar primeramente la fermentación del montón de estiércol y después, la descomposición del estiércol ya formado, en el suelo de cultivo, teniendo en cuenta las dos clases de sustancias que hemos dicho que lo constituyen. Deherain encontró que las temperaturas producidas en un montón de estiércol, varían en los distintos puntos de él, siendo mas altas en la parte superior, en donde llegan a 68° ó 70° , y más bajas en la inferior. Respecto a los gases producidos, encontró gran cantidad de nitrógeno libre en la parte superior y poca de anhídrido carbónico con respecto a la observada en las otras regiones y en éstas, gran cantidad de metano del que carecen los gases de la parte

superior. Los experimentos de Gayon han venido a comprobar las observaciones de Deherain. En la parte superior, que es donde se verifica bien la oxidación, es mayor la temperatura, luego a la oxidación es debida principalmente ésta. Se realizan las dos fermentaciones, la aerobia y la anaerobia, la primera, en la superficie y la segunda en el interior, particularmente en el fondo. La primera, es una oxidación con notable pérdida de nitrógeno libre y no se desprende ni hidrógeno ni metano, gases oxidables y la otra es una reducción con fijación del nitrógeno; ésta es la que debe provocarse y de aquí el cubrir los estercoleros, y mejor aún, regarlos a menudo con las aguas inmundas que de él se filtran, que además de repartir uniformemente los microbios, evitan la penetración del oxígeno ambiente, en la masa.

Respecto a las materias hidrocarbonadas del estiércol, se componen de pequeñas cantidades de azúcares reductores y no reductores, materias grasas, gomas de la paja, vasculosa y celulosa. Los azúcares reductores, los taninos y las gomas, son presa de los microbios y son fácilmente quemados por el oxígeno, dando productos de combustión total, agua y anhídrido carbónico. Las materias grasas por sí no son atacadas por las bacterias, pero saponificadas dejan libre la glicerina que enseguida es presa de las bacterias; una parte de los ácidos grasos volátiles se escapa al aire, otra es asimilada por los microorganismos. El ácido oleico, particularmente, se oxida dando lugar al oxioleico muy enérgico, que se combina activamente con el amoniaco dando sales solubles en el agua y la materia negra, tan frecuente en el estiércol podrido. La celulosa o más bien, las celulosas, pueden sufrir las dos fermentaciones, aerobia y anaerobia, dando como productos gaseosos, hidrógeno, anhídrido carbónico y metano. Deherain ha demostrado que este desprendimiento gaseoso es debido a la acción de los microorganismos; éstos, son frecuentes también, en los cienos, el suelo, los abonos, los intestinos de los herbívoros, además de en el estiércol; donde quiera que existan residuos celulósicos.

Omeliansky ha sido el primero que estudió la fermentación anaerobia de la celulosa. Se sirvió del papel de filtro, que es celulosa casi pura, colocándolo en un matraz de cuello largo y cerrado, de modo que en momento dado puedan extraerse los gases de la fermentación; como caldo de cultivo empleó una disolución compleja de fosfato sódico, sulfato de magnesio y amonio y cloruro sódico, y como levadura, el limo de los ríos o el estiércol podrido líquido (*purín* de los franceses); a la temperatura de 34° a 35, los gases desprendidos son metano, hidrógeno, anhídrido carbónico, hidrógeno sulfurado, oxígeno y nitrógeno. Observó que calentado el fermento a 75° antes de usarlo, durante quince o veinte minutos, se obtiene hidrógeno y ménos metano y repitiendo el procedimiento varias veces, sobre varias generaciones sucesivas de microbios, ha llegado a obtener hidrógeno sin vestigios de metano. Admite por consiguiente, dos especies de fermentación:

la producida con desprendimiento de hidrógeno y la que desprende metano. De la primera ha aislado el microbio, que es un bastoncito delgado de media *micra* de ancho, por cuatro u ocho de largo, con una espora en una de sus extremidades. La fermentación con producción de metano difiere solamente, como hemos dicho, en que no se somete al fermento a temperatura superior a 35°. Tanto en una como en otra, hay producción además, de muchas sustancias ácidas, siendo las dominantes, los ácidos acético y butírico. La primera es más lenta que la segunda y ambas dejan de verificarse en presencia de los nitratos. El microbio de la fermentación forménica o metánica, ha sido aislado; tiene forma esférica, se presenta bajo la forma de agregados más o menos voluminosos, de aspecto de moras, parecido a las *sarcinas*, y puede ser destruido a 60°.

Respecto a la descomposición de la celulosa por vía aerobia, diremos que según Kayser, se puede conseguir en los medios ácidos por los mohos o por los mycelium de los hongos superiores; en medios neutros o ligeramente alcalinos, por microbios aerobios sólo o en simbiosis, entre los cuales se pueden citar los nitrificadores, y algunas veces se ha encontrado un pequeño bacilo formando manchas amarillo-oscuros, el *Bacillus ferrugineum*, que vive en simbiosis con un *micrococcus* amarillento. La circunstancia de poder ser descompuesta la celulosa por los microorganismos nitrificadores y por los desnitrificadores, explica la facilidad con la que desaparece del suelo en donde abundan estos microbios.

La descomposición está en relación íntima con la formación de la turba, de la hulla y de todos esos productos ricos en carbono. El Sr. Renault ha encontrado en la hulla microbios fósiles semejantes en un todo, a los de la celulosa.

La vasculosa queda en libertad por la destrucción de la celulosa, se deshidrata y disuelve en parte en los líquidos alcalinos del estiércol y mezclándose con las sustancias nitrogenadas, forma la materia negra espesa, que corre por las paredes del montón de estiércol y que es sumamente fertilizante; inútil creemos decir que el color negro es debido al sin número de partículas de carbono que quedó libre. Otra parte se descompone dando anhídrido carbónico y agua.

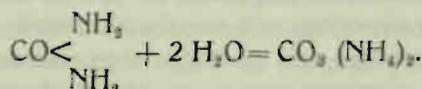
Los almidones y los residuos de fecúlas o son hidratados y obran como azúcares, o no lo son y entonces son destruidos por los fermentos de la celulosa. Los azúcares se transforman en anhídrido carbónico, agua y diversos ácidos (láctico, butírico etc.) que formando sales de calcio o amónicas, son descompuestas por especies microbianas muy numerosas.

La fermentación de las sustancias nitrogenadas, conviene dividirla, para su estudio, en dos grupos: la fermentación pútrida o putrefacción y la amoniacal. Se dice que existe putrefacción, cuando una sustancia animal o vegetal se altera y desprende gases fétidos y produce además de algunos

ácidos volátiles, sustancias como el *indol*, *leucina*, *tirosina*, *guanidina*, sales amoniacales, *leucomainas*, *ptomainas*, y otras, procedentes de la descomposición de las materias albuminoides; y cuando no se producen gases fétidos, como sucede en algunas sustancias orgánicas, se llama combustión lenta o podrecimiento. Tanto la una como la otra son debidas a la acción de microbios, pero como para construirse la molécula cuaternaria pasa por diversas etapas, para dislocarse, también es preciso que pase por escalones sucesivos y a cada uno corresponden varias especies determinadas de microorganismos. Se encuentran los géneros *Proteus vulgaris*, *mirabilis* y *Zenkeri*, que han sido bien estudiados por Hauser, el *Micrococcus prodigiosus*, el *Bacillus erythrosporus* de los huesos en putrefacción, el *B. fluorescens liquefaciens*, el *B. pyocyaneus*, el *Bacterium coli commune* de los intestinos; el *B. faetidus*, el *B. pyogenes*, los diversos fermentos de la *urea* etc.; en fin, como anaerobios se pueden citar el *Bacterium putrificans* de Bienstock, el *vibrium séptico* de Pasteur, el *Protobacter scatol* de Beijerinck y otros. Los unos atacan a las materias albuminoideas más complejas, como la *fibrina*, la *caseína*; otros exigen una degradación preliminar y se obtienen todos los cuerpos intermedios de descomposición que se encuentran por la vía química. Cuando actúan los aerobios, se produce agua, anhídrido carbónico y amoniaco; cuando lo efectúan los anaerobios, ácidos grasos y gases, sulfhídrico, metano, hidrógeno. Los primeros empiezan las descomposiciones, absorben el oxígeno y preparan el terreno a los segundos, cuya acción es entonces más rápida; las dos fermentaciones se auxilian mutuamente. Las circunstancias de lugar, especie de materia orgánica, ausencia o presencia de materias hidrocarbonadas y otras, hacen variar la fermentación. Los hidratos de carbono dan lugar a sustancias ácidas que la detiene o retarda, pero estos ácidos son neutralizados por bases o arrastrados por el agua, continua la fermentación. Por esto se añade cal a los cadáveres y así se explica que en terrenos arenosos, pobres en sustancias básicas sea incompleta la putrefacción, a menos que la abundancia de agua arrastre los ácidos formados. Así se explica, también, la conservación de sustancias orgánicas en líquidos ácidos o en otros como la leche sin hervir, que pueden acidificarse; y en fin, el papel que desempeña el ácido láctico como regulador de la fermentación en los intestinos de los animales. Para que se verifiquen las putrefacciones totalmente se necesitan además del oxígeno, cierto grado de humedad y de calor, como ocurre en las fermentaciones, siendo estas dos últimas condiciones, indispensables para todas.

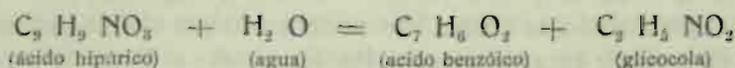
Se llama fermentación amoniacal a la que dá por resultado único compuestos amoniacales, principalmente, carbonato amónico. Las materias en las que se estudia esta fermentación son las orinas. La orina normal del hombre y de los carnívoros, tiene reacción ácida; abandonada a sí misma, se enturbia poco a poco, se vuelve de reacción alcalina y se forma un depó-

sito constituido por fosfatos y diversas materias orgánicas. Pasteur y Muller encontraron en 1860 en este depósito, un organismo especial al cual atribuyeron la transformación de la *urea*, gracias a una hidratación, en carbonato amónico, según expresa la siguiente fórmula:

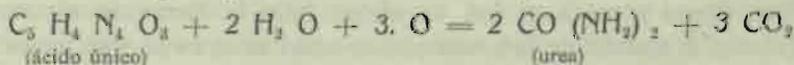


Van-Tieghem ha aislado la bacteria *Micrococcus ureoe*, que tiene frecuentemente la forma de un *Streptococcus*, es decir, que se presenta en grandes rosarios. Este es uno de los microbios que producen esta fermentación; además la producen el *urobacillus*, *urococcus*, *urosarcinas* y hasta algunos hongos. Estos fermentos se encuentran en el aire, el barro de las ciudades, el suelo, las aguas de alcantarillas, el estiércol y en otras partes. Su temperatura favorable está comprendida entre 33.º y 40.º pero comienza su acción a los 10.º ó 12.º; parecen muy sensibles a la luz; prefieren los líquidos neutros o alcalinos a los ácidos (ya hemos dicho, que esto es general para todos los microbios) y son aerobios.

En la orina del caballo se encuentran próximamente 5 gramos de ácido hipúrico y 30 de *urea* por litro, según Kayser; la de vaca, contiene 16 de ácido hipúrico y 18 de *urea* según Van-tieghem; los fermentos de la *urea* hidratan también al ácido hipúrico y lo transforman en ácido benzoico y glicocola; así



El ácido úrico se encuentra también en la orina de los animales domésticos, pero en pequeña cantidad; es más abundante en los excrementos de las aves y de las serpientes. Su descomposición ha sido estudiada por Sestfus, Gerard y Ulpiani; éste ha aislado una bacteria aerobia que lo hidrata a beneficio del oxígeno y lo transforma en *urea* y anhídrido carbónico:



Tiene la forma de un bastoncillo rodeado de una cápsula; su temperatura favorable es 39.º.

Todos los fermentos que hidratan la *urea*, lo hacen por medio de una diastasa que segregan, la *ureasa*, que tiene gran importancia, pues en forma de *urea* eliminan los animales el nitrógeno y por consiguiente las cantidades de aquella substancia, que se producen diariamente, son considerables. Miquel ha podido extraer esta diastasa cultivando un fermento activo, el *urobacillus Paseteurii*, matando al microbio por medio del cloroformo y haciendo actuar el líquido de cultivo sobre una solución de *urea* en presencia del *tymol*.

Generalmente no llega a descomponerse el estiércol del todo en el estercolero y la paja queda casi siempre sin destruir, sirviendo en este caso en el terreno para airearlo y favorecer la nitrificación. En el suelo continúa, por lo demás, la fermentación empezada en el foso del estercolero. Las materias nitrogenadas convertibles en compuestos amoniacales, son nitrificadas, pero mas lentamente y después de haber sido convertidas en amoniacales. Los organismos que verifican esta conversión son bacterias u hongos. Entre las primeras cita el Sr. Marchal al *Bacillus arborescens*, *Bacterium commune*, *B. mesentericus vulgatus*, *B. mycoides*, *Proteus vulgaris*; de las segundas, ciertos *Aspergillus*, el *Mucor racemosus*, el *Fusarium Muntzii* y otros. Todos ellos atacan en presencia del aire y a los 30°, próximamente, a la albúmina, la fibrina, la asparragina etc... y forman anhídrido carbónico, ácido sulfúrico, agua, amoniaco y otros compuestos. Como a las bacterias las mata la acidez, no ejercen su influencia nada más que en el caso de que domine la alcalinidad, sinó ocurre esto obran solamente los hongos.

Kayser cita un nuevo producto nitrogenado obtenido fijando el nitrógeno atmosférico por procedimiento químico; este cuerpo es la *cianamida de calcio*, que ha perdido mucha de la importancia que se le dió, considerándola como abono nitrogenado excelente, por ser la primera substancia fertilizante que se obtuvo fijando el nitrógeno del aire. Frank ha demostrado que este producto puede ser transformado por hidratación, del modo siguiente:



Los experimentos de Löhnis han evidenciado que ciertos microbios son capaces de producir esta hidratación. Pueden citarse el *Bacterium pútridum*, el *Bacillus mycoides*, el *Bacterium vulgare*, el *B. lipsiense* y sobre todo el *B. Kichneri*; tambien aunque menos enérgicamente, los fermentos de la *urea*. La temperatura favorable para esta descomposición es la comprendida entre 10.° y 22.°; el aire no tiene gran influencia. En disoluciones poco concentradas se verifica mejor el fenómeno.

El nitrógeno penetra en los vegetales bajo la forma de nitratos, por consiguiente, el estudio de la formación de estas sales es de gran importancia.

Los experimentos de Liebig, Bousingault, Barral y otros químicos, han demostrado que todas las aguas de lluvia, sobre todo las caidas después de una tempestad, contienen nitrato amónico, formado por la acción del rayo; el mismo origen tienen las pequeñísimas cantidades de ácido nítrico libre que según Cloez existen en el aire. También se producen nitratos por la oxidación lenta del amoniaco y de las substancias orgánicas nitrogenadas en presencia de carbonatos alcalinos o alcalino térreos y de la humedad, interviniendo en esta acción cuerpos porosos y Schœnbein demostró que se forma nitrito amónico al evaporarse rápidamente el agua, el cual reaccionando con los carbonatos del suelo, dá nitritos, que por oxidación pasan a nitratos.

El amoniaco que existe en el aire, bien el producido por la descomposición de las materias orgánicas o bien el contenido en los mares y difundido en la atmósfera, es arrastrado por las lluvias y absorbido por los terrenos. La cantidad de nitrógeno depositada en el suelo, sea en forma de amoniaco o de ácido nítrico, es muy pequeña; según Boussingault, no pasa de 5,7 kilogramos por hectárea y por año; claro que esta cantidad variará según la cantidad de lluvia y circunstancias locales, pero siempre es escasa. Es preciso, pues, buscar otros orígenes de nitratos para explicar la gran cantidad de nitrógeno que las plantas extraen continuamente del suelo. A Winogradsky se deben las primeras ideas completas respecto a la nitrificación debida a los microbios, que antes habían indicado Schloesin y Muntz.

Las especies microbianas capaces de transformar en amoniaco a la materia orgánica, son numerosas y están muy esparcidas en el suelo arable, pero la mas importante es el *Bacillus mycoides*.

En los suelos ricos en *humus* gozan los hongos el principal papel.

Existen diferentes variedades de fermentos nitrosos que se clasifican en *nitrosococcus*, bacterias esféricas, inmóviles de tres *micras* de diámetro, y en nitrosomonas, bastoncillos cortos, elípticos y móviles. Se distinguen el *Nitrosococcus europea*, el *N. javánica*, el *N.* de Quito, el *N.* del Brasil y otros. En general, no se encuentra nada mas que una variedad de fermentos nitrosos en un mismo suelo. Su energía varía con las especies y su acción es explicada por algunos suponiendo que la diastasa que segregan, llamada *oxidasa*, oxida a la materia orgánica nitrogenada y la transforma sucesivamente, en amoniaco, ácido nitroso y por último, en ácido nítrico, que en presencia de las bases forma nitratos. Kayser cree que los fermentos nítricos transforman a los nitritos en nitratos.

En general, estos fenómenos son simultáneos y a veces queda amoniaco que escapa a la oxidación.

El fermento nítrico o nitro-bacteria del cual no se conoce nada más que una especie, afecta la forma de un bastoncillo inmóvil de media *micra* de largo, por un cuarto de ancho. Está muy difundido en la naturaleza; se le encuentra no solamente en los suelos cultivados, sino en los lugares desiertos y en localidades elevadas; existe en la superficie y en ella es donde se efectúa por lo tanto la nitrificación.

Para producir sus efectos necesita un cierto número de condiciones favorables que son las siguientes:

- 1.º Aireación del suelo.
- 2.º Humedad conveniente.
- 3.º Presencia de materia orgánica.
- 4.º Presencia de una base salificable, y
- 5.º Temperatura favorable.

El fermento nítrico es aerobio, por consiguiente, en los suelos compac-

tos o en los anegados, no producirá sus efectos a menos que las labores o el drenado no corrijan estos inconvenientes.

En las tierras secas, no se produce nitrificación; cuando la tierra tiene un 5 por 100 de agua, empieza a producirse, pero el caso más favorable se realiza cuando contiene un 10 por 100 ó un 15; si la cantidad aumenta, perjudica.

El fermento nítrico no funciona sinó existe base que vaya fijando el ácido nítrico que se forma. Las tierras ácidas no contienen nitratos, porqué en éllas muere la bacteria.

Sin embargo, un exceso de base soluble es nocivo también para élla. Según Waringtón, un encalado enérgico, detiene la nitrificación, que no continúa hasta la carbonatación de la cal.

La temperatura favorable a este fermento es la de 37.º; a los 55.º se atenúa extraordinariamente su acción y también es casi nula a menos de 5.º.

Por último, si en el suelo existen grandes cantidades de cloruro sódico, pierde la nitrobacteria su actividad totalmente; pero resiste bien si la cantidad no es grande, como también soporta la presencia de los nitratos formados.

Los abonos verdes son de gran importancia en los cultivos, entre otras razones, por proporcionar substancias hidrocarbonadas a las bacterias, que necesitan para su nutrición.

Al lado de la acción favorable de los fermentos nitrificadores, es preciso hacer notar que otros verifican la acción inversa, descomponiendo los nitratos en nitritos, en diversos compuestos oxidados de nitrógeno, en amoniaco o en nitrógeno gaseoso, haciendo que los principios nutritivos se conviertan en cuerpos mas difícilmente asimilables. Tilloy fué el primero que en 1825 evidenció la descomposición de los nitratos; otros químicos estudiaron después este fenómeno, de los cuales Gayón, Deheraim y Maquenne, descubrieron que los microbios patógenos gozaban de esa propiedad. Posteriormente se ha visto que otros muchos microorganismos verificaban la desnitrificación y se señalan el *Bacillus desnitrificans* I y el *B. D.* II y el *B. pyocyaneus*, *B. ramosus*, *B. aquatilis*, *B. violaceus*, *B. viscosus*, *B. vermicularis*, *Micrococcus ureæ* y otros. Se les encuentra en el aire, en las aguas, en el suelo, en la paja, en los excrementos de los animales, principalmente de los herbívoros. Laurent ha demostrado que algunos hongos pueden tambien reducir los nitratos. Entre estos desnitrificadores los hay aerobios y anaerobios. Para que esta desnitrificación tenga lugar, es preciso reunir tres condiciones: la presencia de un hidrato de carbono, de un nitrato y por último, una cantidad moderada de oxígeno.

La circulación del aire perjudica la desnitrificación, pero no detiene la multiplicación de las bacterias productoras.

Se clasifican en dos grupos estas bacterias, según el resultado:

1.º Las desnitrificadoras verdaderas, que continúan su acción hasta

desprender nitrógeno y 2.º, las desnitrificadoras indirectas que no atacan a los nitratos nada más que por el intermedio de las subtanbías *amidadas*.

La influencia de estos microorganismos puede ser muy desfavorable, tanto por estar muy diseminadas, cuanto porqué la mayoría de los estiércoles, sobre todo los enterizos o poco fermentados, llevan gran cantidad de compuestos hidrocarbonados que les sirven de alimento.

Stutzer aconseja que se emplee diariamente a los pies del ganado, en las cuadras, una materia pulverulenta, generalmente el superfosfato cálcico, impregnada del 10 por 100 de ácido sulfúrico y en la cantidad de 500 gramos por cabeza de ganado mayor al día; las bacterias de los excrementos, desprovistas de esporas en el momento de la expulsión de éstos del cuerpo del animal, mueren por la acción de esta substancia. Pero Deherain rechaza este método y con razón, alegando que el ácido mata también a las bacterias restantes, que son útiles. Los experimentos recientes de Rogoysky han confirmado la opinión de Deherain. Según éste, en las circunstancias ordinarias y estando bien fermentado el estiércol, las pérdidas de nitrógeno son insignificantes.

La humedad del terreno favorecen la desnitrificación; lo mismo sucede si la temperatura es baja.

Diffloth aconseja para combatir a éstos microbios, el trabajo esmerado del suelo, que permitiendo la mayor aireación, favorece además a los fermentos nitrificadores.

El nitrógeno atmosférico es absorbido por microorganismos que existen en el suelo y en las raíces de algunas plantas y formando combinaciones aún no bien conocidas, entre ellas nitratos, entra a formar parte de los vegetales. Este hecho curioso explica que la cantidad de nitrógeno extraída por los vegetales y la pérdida por los nitratos disueltos en las aguas, sea siempre superior a la que llevan los abonos, mas la que existe, en un tiempo dado en él terreno; así como el que las tierras vírgenes tengan compuestos de este elemento apesar de las pérdidas que experimentan bien por la desnitrificación o por la vegetación espontánea. Kayser admite tres modos de fijación del nitrógeno atmosférico:

- 1.º Por medio de bacterias existentes en el suelo.
- 2.º Por la acción de hongos y de algas.
- y 3.º. Por los microbios que viven en las nudosidades formadas en las raíces de algunas plantas, principalmente de la familia de las leguminosas.

Según Winogradsky, existen en el suelo microbios que pueden fijar el nitrógeno atmosférico, nutriéndose de substancias azucaradas. Sus investigaciones le condujeron a descubrir una bacteria anaerobia que goza de esta cualidad, el *Clostridium Pasteurianum*, que según él va acompañado de dos bacilos que llama *alfa* y *beta*, que viven simbioticamente con el *Clostridium*, y que siendo aerobios absorben el oxígeno que perjudicaría

a éste. Winogradsky calcula que por cada gramo de azúcar consumido, fija esta bacteria algo más de un miligramo de nitrógeno (de 1, 3 a 1, 8).

Posteriormente ha encontrado Beijerinck, dos bacterias aerobias que llama *Nitrobacter Chroococcus* y *N. ágilis*; las dos son móviles, particularmente la segunda que está provista de pestañas vibrátiles; son frecuentes en los suelos mullidos, bastando regar un poco de tierra con una solución de glucosa, para notar la formación del velo característico de ellas.

Contra lo que supusieron Beijerinck y Delden, los descubrimientos de Gerladi, Vogel y Freudenreich, han probado que estas bacterias pueden fijar por sí mismas el nitrógeno, necesitando para su nutrición, además del elemento hidrocarbonado, la cálc, el ácido fosfórico, la potasa, la sosa, el hierro, el yeso y el carbonato cálcico. Los azúcares pueden ser reemplazados por el almidón o por los productos de la fermentación de la celulosa.

Además de estos microorganismos, cree Lohnis que en circunstancias favorables, pueden fijar el nitrógeno atmosférico, el *Radiobacter* y *Aerobacter aerógenes*, de Beijerinck.

Estos fijadores del nitrógeno se encuentran, al parecer, en el suelo hasta la profundidad de sesenta centímetros, hecho sospechado por Berthelot. Estos microbios aprovechan la presencia de las algas de la superficie del suelo y de otras especies microbianas de las profundidades. De este modo se explica que las labores de barbecho que entierran los hidratos de carbono proporcionándoselos a estas bacterias, sean tan fertilizantes. Por la misma razón es más fértil la tierra removida por los topes y otros animales.

Se cree que el nitrógeno asimilado por estos microorganismos y que viene a constituir sustancias albuminoideas, sufre luego la fermentación amoniacal y la nitrificación.

Berthelot, Puriewitkch y otros, estudiaron la asimilación del nitrógeno por los hongos y algas; demostraron que el *Penicillium glaucum*, el *Mucor stolonifer* y algunos más, fijan dicho gas, pero en cantidades muy pequeñas y aún la opinión dominante hoy es la de que estos seres convierten en favorables las condiciones del suelo para las bacterias, de modo que el efecto es debido casi exclusivamente a la simbiosis de los hongos y de las algas verdes, con las bacterias.

Desde mucho tiempo atrás se sabía que las plantas de la antigua familia botánica leguminosas, fertilizan el suelo. Jorge Ville fué el primero que hizo notar que el guisante fija el nitrógeno atmosférico, pero Hellriegel y Wilfarth encontraron la explicación, atribuyendo esta propiedad a las nudosidades que presentan las raíces de esta planta y las de la generalidad de las leguminosas. Los experimentos de Beijerinck, Laurent, Mazé, Hiltner, Nobbe y otros, probaron que las plantas de esta familia se presentan tanto mas lozanas cuanto mayor cantidad de nudosidades o excrecencias tengan en sus raíces. Estas excrecencias carnosas son visibles a simple vista, de

forma casi constante y muy parecidas entre especies próximas; al principio son blancas, después se vuelven rojizas u oscuras. Su estructura ha sido estudiada por Vuillemin; cuando jóvenes están formadas de tejido no diferenciado, lleno de una materia albuminoidea densa, con pelos absorbentes; cuando están desarrolladas, su parte central, que se vuelve celular, se llena de una substancia granulosa; a estas células rodean otras mas pequeñas transparentes que muestran hacedillos libero-leñosos que guardan relación con los de la raíz. Cuando se cortan, se ven innumerables bacterias, movibles, que se colorean de rojo por el yodo; unas tienen la forma de bacilos, otras las de una Y o de una T; las formas son variables de una a otra leguminosa. Se pueden inocular estas bacterias y provocan la formación de nudosidades en las raíces. Beijerinck estudió una especie de estas bacterias, a la cual llamó *Bacillus radicumicola*. Estas bacterias necesitan el oxígeno; su ausencia impide la formación de ramas en ellas, estado que es el mas apropiado para la fijación del nitrógeno; necesitan también alguna pequeña cantidad de sales de calcio, magnesio y nitratos alcalinos; resisten la acidez o alcalinidad que puedan soportar las plantas sobre las que se desarrollan; necesitan cierta humedad. Se pueden inocular a una leguminosa microbios de otra.

Según Beijerinck, durante la floración disminuye la vitalidad de las bacterias; parece que coincide esta disminución de energía con un estado especial del microorganismo que ha recibido el nombre de *bacterioide*.

Beijerinck llamó a este microbio *Bacillus radicumicola* y Prazmowski, *Bacterium radicumicola*, y como no tiene pestañas nada mas que en una extremidad, algunos autores lo llaman *Pseudo monas radicumicola*. Son microbios aerobios y móviles. Moore cree que estos microbios forman una sola especie que afecta diversas formas de adaptación. Admite tres formas bien definidas.—Primera, bastoncillo muy pequeño, móvil, que se encuentra en el suelo y penetra en la cabellera radicular, formando masas carnosas.—Segunda, bastoncillo mas grande, variable con la especie de leguminosas, y tercera, la forma ramificada que presenta una envoltura gelatinosa. Diffloth atribuye esta forma a la reunión de dos o mas bastoncillos que se fijan por medio de una vaina gelatinosa.

Las bacterias de las nudosidades se encuentran en el aire, en las aguas y en el suelo; se fijan en los pelos radiculares, atraídas por los hidratos de carbono y son absorbidas. Se multiplican y propagan por una especie de canal hasta las células corticales; las células del pelo se segmentan y constituyen el tejido bacteriano; se nota a menudo la producción de una masa viscosa que se reparte en una serie de canalitos llamados de infección; esta masa viscosa, rica en nitrógeno, producto de desaminación bacteriana, es absorbida por la savia y asimilada por la planta. Así explica Kayser la formación de las nudosidades de las raíces. Por medio de una

mezcla colorante formada de partes iguales de *fuchsina* y de *violeta de metilo*, se hacen visibles las bacterias que se tiñen de rojo, las células de las excrecencias que toman color azul y los canales de infección que permanecen incoloros.

La cantidad de nitrógeno atmosférico que fijan estas bacterias, según Nobbe e Hiltner, puede exceder de cien veces la contenida en la nudosidad. En general, las nudosidades contienen más nitrógeno durante la floración de la leguminosa y antes de la maduración del fruto. Si la planta encuentra nitratos, resiste a las bacterias; éstas actúan aún después de su penetración en las raíces, como verdaderos parásitos, haciendo languidecer a la planta y luego ésta, por absorción de las sustancias segregadas, se robustece y aumenta extraordinariamente su desarrollo.

Los experimentos de Nobbe e Hiltner han demostrado que la energía de las bacterias, que ellos llaman virulencia, es muy variable y consideran tres casos.—Primero, hay bacterias que no pueden penetrar en el pelo radicular porque la *diastasa* que segregan no puede transformar a la membrana de la raicilla en materia viscosa.—Segundo, otras pueden penetrar, pero son absorbidas por los núcleos de las células y apenas producen nudosidades, y tercero, las hay de gran virulencia que las producen en abundancia y efectúan la absorción del nitrógeno con energía. Siempre se encuentra que las nudosidades formadas en las raíces laterales son más activas que las formadas en la raíz central.

Lo mismo que sucede con toda clase de bacterias potógenas, ocurre con éstas; su penetración depende de la predisposición del vegetal, por consiguiente toda causa que modifique el estado fisiológico de la planta, favorecerá la invasión del microbio.

Nobbe e Hiltner aseguran que el nitrógeno absorbido por las leguminosas, lo es solamente por las nudosidades y de ningún modo por las hojas, como se creía antes. Pero no basta que existan las nudosidades para que la planta aproveche el nitrógeno; es preciso que la bacteria haya tomado la forma bacteroide normal, que es la ramificada, siendo entonces disuelta por las diastasas de las leguminosas y estas asimilan los compuestos formados. Una parte de las bacterias queda en el terreno donde sirve para perpetuar la especie, no se sabe todavía de que modo, pues no se conocen las esporas de ellas.

Se encuentran también nudosidades en otras plantas que no son leguminosas.

Desde que se conocieron los efectos de estos microbios, se pensó en aprovecharlos, esperando obtener grandes cosechas de leguminosas por este medio y tanto más, cuanto que el nitrógeno, que es indispensable a las plantas, es el abono más caro. Se pensó que, favoreciendo el desarrollo de leguminosas, enterrando a éstas en flor cederían al terreno el nitrógeno que

habían fijado de la atmósfera. Salfeld fué el primero que en 1888, ensayó en turberas pobres en nitrógeno, el empleo de tierra en la que se habían cultivado leguminosas; los resultados fueron bastante lisonjeros; sin embargo, se observaron después algunas diferencias que se atribuyeron a las aptitudes del microorganismo para resistir los elementos variables de los suelos y a la especie de planta cultivada. Salfeld aconsejó que se recogiese tierra que haya llevado leguminosas, tomada de la que se encuentra a la profundidad de dos a ocho centímetros y que después de reducida a polvo, se mezclase con las semillas en el acto de la siembra; los efectos útiles pueden sentirse varios años. Pero este procedimiento es muy costoso en la mayoría de los casos, por el precio del transporte; se ha tratado de obtener iguales resultados, pero con muchísimo menos coste, cultivando el microorganismo en medios apropiados y estos cultivos han recibido el nombre de *nitrogina*. Nobbe e Hiltner fueron los primeros que ensayaron este procedimiento, recogiendo las bacterias de diferentes leguminosas para que sirvieran para todas y cultivándolas sobre gelatina. Para utilizarla se diluía en agua con la cual se rociaban las semillas antes de la siembra o bien se cegaba con élla tierra muy dividida y suelta que se esparcía sobre los campos cultivados. Los resultados fueron insignificantes o nulos. El Sr. Scribaux, deduce de sus experimentos que en las tierras pobres en nitrógeno, desprovistas de bacterias, la *nitrogina* puede aumentar la cosecha en proporciones bastante considerables, y por el contrario, los resultados son inapreciables en tierras que llevan mucho tiempo cultivos de leguminosas. Se cree que en todos los suelos existen las bacterias en mayor o menor proporción, que se multiplican fácilmente y que el viento o las aguas pueden transportarlas de un punto a otro. Pero habiéndose observado que la bacteria es tanto más eficaz cuanto menos nitrógeno tenga el medio o caldo de cultivo se ha substituído la gelatina por la silice gelatinosa a la cual se añaden 1 por 100 de maltosa, 0,1 por 100 de fosfato ácido de potasio y 0,02 por 100 de sulfato de magnesio; se debe al químico americano Moore esta modificación. Para que la *nitrogina* produzca bien se necesitan, primero, virulencia del microbio inoculado, obtenido por cultivos sucesivos en medios pobres en nitrógeno; segundo, abundancia de ellos y tercero empleo y conservación fáciles. En América se ha conseguido realizar estas condiciones. Se usa el algodón hidrófilo que se satura con el cultivo virulento obtenido en un medio líquido; se deseca cuidadosamente éste algodón y basta introducirlo en agua esterilizada para que las bacterias se multipliquen, que se nota por el enturbiamiento del líquido; entonces se encuentra en condiciones para la infección del suelo o de las semillas. Para evitar la acción de microbios extraños, se prefiere operar del siguiente modo: se añade al agua que contiene el algodón saturado de bacterias, una mezcla de azúcar, sulfato de magnesia y fosfato ácido de potasio, substancias que sirven de estimulantes para el

desarrollo del microbio; se mantiene la mezcla a la temperatura de 18° ó 20° y al cabo de veinte y cuatro horas se añade fosfato amónico. Cuando la mezcla toma un aspecto lechoso, puede usarse, bien humedeciendo con ella las semillas o mezclando el líquido con tierra o arena, que se esparce por el suelo, como los abonos.

Habiendo observado Hiltner que las secreciones de los granos al germinar, eran nocivas a las bacterias, aconseja que se humedezcan aquellos, que se les deje germinar ligeramente y enseguida se les rocíe con la preparación de nitragina y se les siembre enseguida.

En general puede decirse, que la inoculación puede ser necesaria, útil o perjudicial, según que el suelo esté completamente desprovisto de bacterias, pero presente condiciones de aptitud para favorecer su desarrollo, esté pobre de ellas o muy rico o bien tenga cantidad de substancias que impidan la vida de estos seres.

Carón aisló de una tierra que había llevado alfalfa, un microbio que poseía la propiedad de volver mas asimilable las materias nitrogenadas del suelo; se le dió el nombre de *Bacillus Ellenbachensis*. El mismo químico obtuvo, sin el auxilio de estiércoles en un campo de avena, un aumento del 40 por 100 sobre la parcela testigo y explicó este aumento atribuyendo al microbio la facultad de disgregar rápidamente a la materia nitrogenada del suelo y volverla soluble.

Este descubrimiento causó mucha impresión. Se trató, en un principio, de identificar al microbio con otros mas conocidos, como el *Bacillus mycoides*, el *B. subtibis*, el *B. megaterium*. Stoklasa le atribuyó también la facultad de fijar el nitrógeno como el *Clostridium Pasteurianum*. Destruye una gran cantidad de hidratos de carbono del suelo, sobre todo, las *pentosanas*, las *pentosas* etc., puede hacer solubles facilmente a la fibrina y a la nucleína. Algunos pretenden que su acción es sobre todo indirecta y que tiene por efecto principal volver soluble a la materia nitrogenada.

Se le ha cultivado en grande escala en una fábrica y se ha vendido bajo la forma de polvo seco, con el nombre de *alinita*, mezcla de fécula de patatas y de esporas de la bacteria. Los resultados obtenidos con el empleo de ella, han sido nulos, su fabricación ha sido abandonada. Es muy posible que muchos microbios del suelo, estén dotados de análogas propiedades, descomponiendo la materia orgánica compleja, en sales amoniacales, aminas, que mas tarde son utilizadas por las plantas después de ser nitrificadas.

Tampoco ha dado buen resultado la inoculación del *Nitrobacter*, hasta ahora, aunque Hall, ha llegado a obtener buenos resultados en algunos casos.

Según Kayser, es posible que todos estos microbios se encuentren en el suelo y que si falta alguno, será debido a no reunir éste, condiciones a propósito, en cuyo caso, será inútil la inoculación. Añade que, es preferible modificar las condiciones del terreno por medio del *drenado*, las labores,

escavas, adición de margas, y en general, todo lo que haga variar las propiedades físicas y químicas del mismo y permita, por lo tanto, el desarrollo no sólo de las bacterias, sino también de algas y hongos beneficiosos.

El azufre que es también indispensable para la constitución de las plantas, entra en muchas combinaciones, desde la materia albuminoidea compleja, pasando por el gas sulfhídrico, hasta los sulfatos absorbibles por los vegetales.

Fijándonos en el gas sulfhídrico, lo encontramos en los cienos de los pantanos, en las aguas subterráneas de las ciudades y en ciertos manantiales, y es producto de la fermentación pútrida. Recientes estudios han demostrado, que en la mayoría de los casos, el sulfhídrico es producto de la reducción de los sulfatos. Parece que las plantas no solamente no aprovechan a éste cuerpo, sino que como a los animales, les es muy nocivo; tiene, por consiguiente, que ser oxidado y transformado en ácido sulfúrico y éste, formar sulfatos. Prescindiendo de las causas puramente químicas que pueden dar origen al sulfhídrico, nos ocuparemos de las dos principales fuentes de su producción, por proceso biológico. La primera es la putrefacción de las sustancias albuminoideas. Kayser dice que son muchos los microbios que pueden dar lugar al desprendimiento de éste gas, entre ellos el *Proteus vulgaris*, el *Micrococcus prodigiosus* y *Bacillus acidi lactici*. La segunda es la reducción de los sulfatos. Ya Hoppe había observado que el metano, que es un producto de fermentación, puede reducir a los sulfatos. Se creyó que en toda fermentación en la que se desprendiese hidrógeno naciente y metano, habría reducción de estas sales y que por lo tanto, éstas sales eran reducidas por la acción puramente química, después se descubrió que existen microbios que hacen desprender hidrógeno naciente y sin embargo no son reducidos los sulfatos, tales son el *Granulabacter butylicus* y el *Sachrarc-butyracus*. Esto condujo a suponer la existencia de fermentos específicos. Beijerinck aisló del agua de los canales, el *Spirillum desulfuricans* que reduce enérgicamente a los sulfatos; es anaerobio, móvil, de cuatro micras de largo por una de ancho; necesita gran cantidad de hidratos de carbono para efectuar la reducción y puede resistir hasta 60 o 70 miligramos de gas sulfhídrico disuelto en un litro de agua. Otro microorganismo, el *Microspira aestuarii* de Delden, de las aguas del mar, puede resistir hasta 800 miligramos, por litro.

Formado este gas, actúan sobre él otros microbios, las *sulfurarias*, que se apoderan del azufre. Winogradsky distingue dos géneros, *Beggiatoa* y *Thiotrix*; unas son blancas, otras rosadas y otras rojizas; a su muerte dejan libre el azufre, que se oxida y con el agua, da lugar al ácido sulfúrico y éste a los sulfatos.

Tal vez a estos organismos sean debidos muchos sulfuros y sulfatos que se encuentran en la naturaleza, como las fosilizaciones de animales y

plantas en sulfuro de hierro y hasta en azufre, como el *Planorbis sulfúreus*, de Teruel.

Por último, el hierro que es tan necesario para las plantas, sufre en algunos de sus compuestos, por la acción de ciertas bacterias, modificaciones que los deja en estado de fácil asimilación. Ehremberg fué el primero que observó la formación de hidrato férrico a espensas del carbonato por ciertas bacterias filamentosas; también halló en la superficie de las aguas estancadas, una especie de velo más o menos brillante u obscuro, formado de hidrato y fosfato férricos y materias orgánicas. Cohn y Winogradsky, atribuyen, también, la formación de estos depósitos, a la acción de microorganismos especiales. Pueden citarse el *Leptothrix ochracea* y el *Crenothrix Kuhniana* que es el gigante de las bacterias y el *Spirillum ferrugineum* de las fuentes ferruginosas.

Vemos, pues, que las bacterias realizan trabajos lentos, pero continuos y eficaces, para contribuir a la nutrición de las plantas. Ellas contribuyen a la formación del suelo-habitación de las plantas, y a su modificación; transforman las substancias hasta convertirlas en absorbibles y asimilables; son las principales fuentes de los nitratos; absorben y fijan el nitrógeno atmosférico, cediéndolo a los terrenos y a los vegetales; contribuyen a la absorción del fósforo, del azufre y del hierro y son por todos conceptos el lazo de unión entre los seres inorgánicos y los orgánicos. Su estudio está hoy en sus albores; la ciencia agrícola espera de él sorprendentes aplicaciones.

Se sabe que las plantas terrestres de estructura complicada se alimentan, principalmente, de las substancias que absorben por medio de sus raíces. Ya está desechada la absurda hipótesis de las *espongiolas*, que suponía la existencia de una especie de esponjitas en las extremidades de las raicillas, que empapándose del agua que encontraban en la tierra y que llevaba disuelta las substancias útiles y necesarias, y sólo éstas, las enviaba a las raíces y de éstas pasaban al resto del vegetal; todo esto, por supuesto, sin explicar cómo ni porqué se realizaba este hecho. Hoy se ha comprobado que en las extremidades de las tiernas raicitas no existen las imaginarias *espongiolas*, sino la *pilorhiza*, la cual no permite la absorción; que ésta se verifica por unas prolongaciones tenuísimas que, a modo de pelos,

existen cerca de dicha extremidad; que los pelos radiculares van desapareciendo los más antiguos y formándose otros, a medida que la raíz crece en longitud. Es conocida la constitución de esos vegetales, que están formados por un conjunto de pequeñísimas vijiguitas más o menos modificadas, llamadas *células*, cuyas paredes son porosas, y que, mientras están vivas, contienen líquidos más o menos densos y otras sustancias, algunas sólidas. Se ha comprobado que los jugos de la planta pasan de una célula a otra a través de los poros de sus paredes, desde el pelo radicular, que no es más que una célula alargada, hasta las que constituyen las últimas ramificaciones y hojas. Se explica la causa de esos movimientos de los jugos por la *fuerza endosmósica*, según la cual, si dos líquidos de distinta densidad y mixcibles, están separados por membranas permeables, hay corriente del menos denso al que lo es más, hasta igualar ambos sus densidades, y como el protoplasma, y en general, los jugos de las células, van aumentando de densidad cuanto más lejos se encuentran éstas de la raíz, a causa de la formación de sustancias albuminoideas y por la concentración debida a la evaporación del agua, la corriente es ascendente al principio, y al llegar a las últimas partes del vegetal, se torna descendente, aunque por otros tejidos de la planta, obedeciendo a la misma causa, por ir espesándose a consecuencia de que la evaporación es cada vez mayor por descender más al exterior del vegetal o sea por las láminas del tejido liberiano de la corteza, mientras la ascendente vá por la *albura* o madera nueva, estableciéndose así la circulación de los jugos o líquidos nutricios, pues al descender hasta las células de la raíz, se mezcla con los líquidos contenidos en ellas, favoreciendo con su mayor densidad a la *fuerza endosmósica* que hace penetrar el agua del terreno que lleva sustancias disueltas y que es de menor densidad, y mezclada con élla, forma el líquido que asciende por la madera nueva, dando lugar, con el tiempo, a una capa de este tejido que se superpone a las ya formadas, así como al descender, forma otra capa de tejidos de la corteza, siendo el resultado final, el engruesamiento de los tallos en relación con su aumento de longitud.

Estos líquidos nutricios se llaman *savía ascendente* o *descendente*, según el sentido de su marcha, y la primera ocasiona un empuje bastante notable, que según los experimentos de Hales, para una superficie de cinco centímetros cuadrados, es capaz de sostener cinco kilogramos, proxímanamente, en las condiciones más favorables. Este empuje ocasiona la turgescencia de las células y echa hacia arriba a la savia, que indudablemente, debe encontrar menos resistencia al atravesar las paredes que separan a las células situadas en línea ascendente, que la que encontraría atravesando las de las células inmediatas, situadas en el mismo plano horizontal y en la misma zona del tallo, por tener éstas sensiblemente la misma turgescencia. Esto explica porqué sube mas fácilmente la savia cuanto más vertical es el tallo o la rama, apesar de la acción de la gravedad.

También contribuye a ese ascenso, la aspiración producida por la evaporación del agua en la parte superior del vegetal, particularmente por las hojas.

Sin embargo, hay paso de jugos a las células inmediatas que pertenezcan a otras zonas concéntricas con la primera, pero va siendo cada vez menor la cantidad que pasa, porque a medida que se acercan éstas al centro, van perdiendo permeabilidad sus paredes por depositarse en ellas materias incrustantes y al mismo tiempo va desapareciendo su protoplasma, hasta extinguirse en las células muertas del *durámen* o madera vieja, que ya no reciben ninguno. Por la misma causa, las células de las zonas exteriores a la de las capas concéntricas del liber de la corteza, reciben cada vez menos savia descendente, terminando por no recibir ninguna la capa suberosa de la corteza vieja; ésta y el durámen son tejidos muertos que pueden desaparecer sin sufrir nada el vegetal; así vemos a muchos árboles lozanos con el tronco hueco, por haberse destruido el durámen y lo mismo ocurre si se le arranca el corcho o corteza muerta.

La transpiración, la clorovaporización y la formación de materias coloidales en el interior de cada célula, fenómenos tanto más activos cuanto más alejadas se encuentran éstas de la raíz, y más aún si forman parte de los tejidos blandos y verdes, facilitan, como hemos dicho, cada vez más el empuje de la savia ascendente y si después de un calor intenso producido por la luz solar, esta desaparece bruscamente y el suelo está suficientemente impregnado de agua, la enorme cantidad de savia que llega hasta las últimas ramificaciones y hojas terminales origina una turgescencia de las células de éstas tan considerable, que sus paredes exteriores que son semipermeables, es decir, que solo dejan pasar por sus poros el agua pura y los gases, se cubren de gotitas de agua, que a veces caen como una lluvia que encharca el suelo. Este fenómeno, según dicen los grandes exploradores de la zona tórrida, es frecuentísimo en los bosques de esa región, donde, como todos saben, los crepúsculos son de cortísima duración.

Se encuentran en las células y demás tejidos de los vegetales, sustancias que no son solubles en el agua y no se explicaría como han penetrado con ella por la raíz, si no se supiese que hay muchos cuerpos que no siendo solubles en el agua pura, lo son en disoluciones acuosas de otras sustancias, de lo cual ya hemos citado muchos ejemplos anteriormente; así la sílice, que es insoluble en el agua destilada, se disuelve algo en la carbónica; y ácido carbónico disuelto lleva el agua siempre, menos la destilada o pura, que es un producto artificial, y anhídrido carbónico se exhala por las raíces, además de otros productos ácidos, y lo hay en el terreno en abundancia, sobre todo, si contiene mucha sustancia orgánica; la sílice es tan abundante en algunos vegetales que según Mr. Gain, las cenizas de las pajas de los cereales, llegan a contener del 60 al 70 por 100 de su

peso; en otras plantas no cultivadas, la proporción es mayor aún, ejemplo las *diatomáceas*.

Todos estos hechos están comprobados o son comprobables fácilmente. Pero encontramos uno inexplicable y que ha dado origen a una hipótesis sumamente caprichosa. Habiendo observado que si se cultivan plantas de distintas especies en un mismo terreno, cada una extrae de él los elementos que le son necesarios y en las cantidades que sensiblemente le son convenientes, se explicó este hecho diciendo que las raíces de cada vegetal tienen la *facultad electiva*, es decir, que toman lo que les conviene y en la proporción necesaria a su vida y dejan lo demás; algo así como la elección de hierbas que realizan los animales herbívoros al pastar libremente en un prado; sin pararse a reflexionar los que de tan peregrina manera explican el fenómeno, que los animales llamados superiores, tienen sentidos y libre albedrío, y las raíces nó. Es preciso buscar la explicación valiéndose de hipótesis. En la Química agrícola de Mr. Gain, ya se apunta la idea de que las *membranas osmóticas* de plantas diferentes, no son idénticas. Para nosotros es indiscutible ésto, por no haber razón de que ocurra lo contrario y teniendo en cuenta que los experimentos de Pfefer, de los que ya hemos hablado antes, prueban que las moléculas de la disolución acuosa de una substancia, son de mayor tamaño que las del agua pura y no habiendo razón para creer que sean de idéntico tamaño las moléculas de las distintas disoluciones, creemos que la causa de esa supuesta e inexplicable facultad electiva, es que penetrarán por los poros de la membrana de los pelos absorbentes, aquellas disoluciones en las que el tamaño de sus moléculas lo permita, y no pasarán aquellas de mayor volumen molecular; así se puede explicar porque unas plantas absorben más que otras determinadas substancias, si abundan las útiles y necesarias en el terreno, la planta absorbe mayor cantidad y aparece más lozana y vigorosa; si excasean, languidece y si faltan, no puede vivir. Este es el fundamento del cultivo científico, pues si lo que se desea es abundancia de hojas y tallos tiernos, se aumentan los abonos nitrogenados, si granos, los fosfatados y sales potásicas, si tubérculos y ciertos frutos. También se explica con ésta hipótesis el que todas las plantas pueden absorber determinadas disoluciones venenosas, que las destruyen, si se riega con ellas la tierra en que vegetan. Hay substancias que son venenosas para todos las vegetales; tales son los compuestos de anilina en disolución y precisamente esas disoluciones deben de tener sus moléculas sumamente pequeñas, pues se les cita como ejemplo de extraordinaria divisibilidad, observando que pequeñas cantidades de ellas, colorean considerables masas de agua. Otras sólo son venenosas para algunas especies vegetales y al contrario, útiles y necesarias para otras, dentro de ciertos límites en uno y otro caso; recuérdese la división que se hace de las plantas en *calcícolas*, las que viven muy bien en terrenos fuertemente calizos y *calcifugas*, las que viven mal o pere-

cen en ellos. Por último, muchas sustancias venenosas para los animales, no lo son para los vegetales y en esto se funda el empleo de ciertos insecticidas; indudablemente las dimensiones de sus moléculas no les permite atravesar los poros de las membranas de la raíz. Aunque se trate de elementos de gran utilidad, si existen en exceso, no permiten la vegetación, por ser absorbidos entonces en tal cantidad, que se origine un desequilibrio en las funciones de la planta, que la destruye.

Hay motivos, por lo tanto para creer que la causa de la absorción es la que hemos indicado y no la incalificable facultad electiva. Entran las sustancias que pueden penetrar y en cantidad proporcional a la existente en el terreno y al agua que la disuelve, sin que la planta pueda defenderse de las nocivas, si las dimensiones moleculares de estos les permite atravesar la membrana permeable de los pelos absorbentes, y lo mismo puede decirse de las *toxinas*, originadas por excreciones de una planta, que son fatales para otras de la misma especie e inactivas para las de distinta especie, bien porque no puedan penetrar o porqué si así ocurre no produzcan alteración en los jugos, pues se sabe que las excreciones de todos los seres son tóxicas para los de su misma especie y no siempre para los de distinta. Esta moderna teoría de las *toxinas*, explica la degeneración de los cultivos continuos de un mismo vegetal, a menos que no se dejen intervalos de barbecho durante los cuales se descomponen las toxinas como sustancias orgánicas que son, o se alterne su cultivo con el de otras de diferente familia botánica, o bien se adicionen abonos orgánicos que al descomponerse provocan la descomposición de ellas.

Para explicar el mecanismo de la visión, idearon los antiguos filósofos una hipótesis sumamente caprichosa; suponían que de los ojos salen rayos que rodean y palpan los objetos, como si fueran unas manos. Hoy se conoce ese mecanismo y se demuestra que los rayos luminosos penetran en el ojo, que es una cámara oscura perfecta y se dibujan las imágenes de los objetos mirados en la parte sensible de la retina; no salen, por lo tanto rayos del ojo, sino que entran. Sin embargo, se admite que esta retina impresionada, en la cual persisten dibujadas las imágenes unas décimas de segundo, puede emitir radiaciones invisibles, pero que actúan sobre las placas fotográficas impresionándolas; así parece deducirse de los experimentos de

Mr. J. Rogers, que los realizó situándose en una gran cámara obscura, provista de una ventanita que podía cerrarse instantáneamente; en el alféizar de ésta, colocaba pequeños objetos, una moneda, un sello de correos etc. de modo que fuesen fuertemente iluminados; fijó en ellos su mirada enérgicamente durante un minuto por lo menos, cerró la ventana e inmediatamente fijó sus ojos en una placa fotográfica previamente preparada, manteniéndolos fijos mas de cuarenta minutos y no pensando en otra cosa que en el objeto que había mirado en la ventana; habiendo revelado y fijado la placa, vió en ella, en algunos de sus experimentos, dos imágenes, muy pequeñas y algo borrosas, pero perfectamente reconocibles, del objeto mirado, dispuestas de tal manera, que era evidente que cada uno de los ojos del operador había proyectado sobre la placa la representación del objeto. Mr. Rogers asegura que también había conseguido fijar la imagen de objetos en los que pensaba, sin haberlos mirado, abstrayendo con energía su pensamiento de cualquiera otra cosa y mirando en la cámara obscura placas fotográficas muy sensibles y que éstos experimentos los repitió delante de muchas personas, termina la comunicación que presentó, diciendo: «creo que con el tiempo se llegarán a expresar las ideas con mucha mayor precisión que con la pluma; quiero decir, con la *fotografía del pensamiento*».

El primero que trató de explicar la suspensión de las nubes en la atmósfera, fué Halley; para ello, propuso la hipótesis de los vapores vesiculares; después Saussure, Kratzeintein y Kaentz, la adoptaron, y aún no falta quien en la actualidad la crea posible. Según ésta hipótesis, se supone que tanto las nieblas como las nubes están formadas por pequeñísimas esferitas de agua, huecas y llenas de aire más caliente que el que las rodea, por efecto de absorción del calor solar, que flotan como si fuesen pequeños globos aerostáticos, sin considerar que si el aire contenido está más caliente que la tenuísima película de agua líquida que lo envuelve, la evaporaría y desaparecerían las nubes y las nieblas. Desaguliers y Monge combatieron esa hipótesis y admitieron que están formadas de gotitas de agua macizas, que flotan en la atmósfera a consecuencia de las corrientes ascendentes de aire caliente, del mismo modo que el polvo ligero se eleva por efecto del viento. En efecto, prueba que son gotitas y no vesículas, el que presentan anillos coloreados y coronas al rededor de las luces que se ven al través de las

nieblas y de las nubes. Es interesante la opinión del físico escosés, Aitkens; éste supone que las gotitas de agua están rodeando los granitos de polvo y los mil corpúsculos sólidos que flotan en el aire y que están mantenidos a mayor o menor altura, según el tamaño de éstos y del valor de la fuerza ascendente de las corrientes de aire caliente. Dice Aitkens que si el polvo es muy poco abundante, la condensación en cada grano es relativamente muy grande y éste, cae con bastante rapidez y añade, que sino hubiese ningún polvillo en la atmósfera, probablemente no veríamos ni nubes ni nieblas; el vapor de agua del aire sobresaturado se depositaría en la superficie del suelo y de los objetos, sólo habría rocío más o menos abundante, pero nunca lluvia. Estos corpusculillos que flotan en el aire son de naturaleza variadísima; además de granitos de polvo de substancias minerales, hay restos sutiles de tejidos orgánicos, esporas o gérmenes de seres microscópicos, que unos son beneficiosos provocando la fermentación de los mostos, fabricación del vinagre etc., y otros son altamente nocivos dando lugar a enfermedades de animales y plantas, como lo demostró Tyndall; otros son polvo de carbón no quemado, procedente de los humos negros y densos y hasta harina de cereales, según lo han comprobado observaciones minuciosas; las de mayor tamaño se hacen visibles cuando un rayo de sol penetra en una habitación oscura pues se les vé, fuertemente iluminados, flotando en el aire. Aceptando la hipótesis de Aitkens, se explicaría porqué las nieblas de Londres, ciudad fabril por excelencia, en cuya atmósfera existe enorme cantidad de polvillo de carbón a consecuencia del extraordinario número de chimeneas que arrojan continuamente torrentes de humo, se explicaría, repito, que esas nieblas sean tan densas y negras, que manchan los objetos y despiden el olor fétido propio del carbón de piedra mal quemado. Si se empleasen los hornos de combustión total, sistema Wegener o Cornelius, se evitarían esos inconvenientes y se aclararían las nieblas, pues en esos hornos se logra quemar totalmente el carbón, que está previamente reducido a polvo y no hay humos, además de economizarse considerablemente tan precioso combustible. Las nieblas muchas veces huelen a arcilla mojada, es cuando las partículas son de ese mineral principalmente; las de los lugares pantanosos o donde existen restos orgánicos en descomposición, despiden olor nauseabundo; es que entonces dominan restos microscópicos cadavéricos. En fin, los efectos de las nieblas en la vegetación son, en general, sumamente perniciosos, por favorecer el desarrollo de las plantas criptógamas, fito-parasitarias, cuyos gérmenes o esporas existen sobre los vegetales sin desarrollarse cuando el aire ambiente es seco y la luz del sol ilumina fuertemente a éstos, pero si sobrevienen nieblas persistentes, obscurecida la luz solar por ellas y humedecidas las esporas, se desarrollan en proporción alarmante y las que las nieblas llevan en suspensión, rodeadas de una tenuísima gotita de agua, caen sobre los vegetales y suelos de cultivo, en condiciones apropiadas para

su inmediato desarrollo, aumentando el estrago, que no tiene en rigor remedio posible. Este efecto desastroso de las nieblas continuadas, es conocido desde tiempo inmemorial y los labradores llaman niebla y *anieblarse* los cereales, a la fito parasitaria *roya*, *Puccinia graminis* y a los efectos de ella, respectivamente. El uso de ciertos antisépticos, oportunamente empleados, puede servir de medio preventivo para algunas de las enfermedades de este origen, como el *oidium* de la vid, por ejemplo.

También una llovizna repetida a pequeños intervalos y durante muchos días, puede ocasionar esos males, por la misma razón.

Guillemin se expresa del siguiente modo al tratar de la hipótesis de Aitkens: «Sábese que si se hace el vacío en el recipiente de la máquina neumática, lleno de aire no seco, a los primeros movimientos del émbolo se ve aparecer en el interior de la campana una nubecilla que enturbia su transparencia en breve rato, pero que no tarda en disiparse, y es que el vapor de agua contenido en el aire se ha condensado momentaneamente por efecto del enfriamiento ocasionado por el enrarecimiento. Como el espacio está cerrado, el aire vuelve pronto a su anterior temperatura a causa de su contacto con las paredes del recipiente; las partículas líquidas vuelven a pasar al estado de vapor y se restablece la transparencia. Pues bien; Mr. Aitkens ha hecho el siguiente experimento, que reproduce en condiciones particulares el que acabamos de recordar. Habiendo llenado dos anchos recipientes de vidrio, uno de aire ordinario y otro de aire purificado y purgado de todas las partículas extrañas, filtrándolo al efecto minuciosamente al través de algodón en rama, hizo el vacío. En el primer recipiente apareció al punto la niebla de costumbre; en el otro no se vió vestigio alguno de vapor, y la transparencia fué perfecta por más que el aire estuviese saturado de vapor de agua».

Apesar de que estos experimentos son concluyentes, no está universalmente admitida la hipótesis de Aitkens. Nuestra modestísima opinión es partidaria de ella y las observaciones que hemos realizado en la Estación meteorológica del Instituto durante algunos años, nos permiten asegurar que siempre que sopla con persistencia el viento S. E. o el S. S. E., vientos que traen en suspensión el polvo finísimo del Sahara, que a veces en esta isla llega a formar espesas calinas o *nubes secas*, si sobreviene el N. W., que ha atravesado el Atlántico y llega frío y muy húmedo, por lo menos se cubre el cielo y hasta caen ligeras lloviznas, y vice-versa, si después de un N. W. persistente, salta el S. E. ó S. S. E. Cuando además, han cambiado los rumbos de los vientos en poco tiempo, sucediéndose el N. ó el N. N. W. N. W. y el S. E. ó el S. S. E. las lluvias son torrenciales. Recuérdese el temporal de lluvias copiosísimas que duró muchos días, habiendo empezado el 8 de Febrero de 1920; el resumen que enviamos en la hoja de aquel mes al Observatorio Central Meteorológico, dice así: El día 6 se helaron muchas hortalizas apesar de ser la mínima nada más que de 2, 6.º C., pero

el fuerte viento del S. que sopló por la tarde y la noche del día 5, produjo enfriamiento por evaporación, que fué aumentado por el viento frío del N. N. W. que sopló el 6 por la mañana. El 8, por la tarde, empezó la lluvia, habiendo saltado el viento al S. E. y cayó el agua enturbada con el polvo finísimo del Sahara; el 9 cesó la lluvia, y el viento saltó por la mañana al E. S. E. y por la tarde al S. S. E.; el cielo se cubrió de espesa calina, cayendo todo el día abundante lluvia de polvo finísimo de color rojizo; el 10, continuó la caída de polvo con viento S. E.; el 11, de madrugada, empezó la lluvia fuerte con agua turbia (*lluvia de sangre*); con viento del S. E. continuó la caída de esta lluvia; el color del cielo era rojizo; el 12, de 2 a 3 de la tarde, saltó el viento al S. W. y el agua de lluvia cayó clara ya. La enorme precipitación ocasionada por el polvillo del Sahara, produjo el temporal de lluvias que todavía dura. He recogido, con todas las precauciones posibles agua de esta lluvia que conservo; deja por evaporación un residuo de tierra de 0,1864 por 100.

Esto escribimos el 29 de Febrero; las lluvias continuaron en Marzo. El agua, que aún se conserva en un frasco perfectamente cerrado en el Gabinete de Física, la recojimos colocando vasijas de porcelana, perfectamente limpias, sobre telas metálicas de malla muy ancha, tendidas horizontalmente a más de tres metros del suelo, para evitar que salpicase la que caía al pavimento del patio.

Desde que se realizaron los portentosos descubrimientos de los rayos X o de Röntgen y los de la radioactividad, se ha desencadenado una verdadera tempestad de hipótesis, a cual más atrevida, y algunas llegando hasta negar los principios fundamentales de la Física y de la Química; mas que la evolución, que sería lo lógico, es la revolución; esto pasará y quedará siempre en pie lo que es incommovible, lo que el sentido común impone; sólo habrá variación en la forma, pero es imposible que la haya en el fondo. No hay posibilidad de exponer ese cúmulo de hipótesis; las hay para todos los gustos; hasta espiritistas, (La Química oculta). Para don Agustín Bravo (Materia y fuerza) no existe ni el éter ni la fuerza atractiva de ninguna especie, sólo la repulsiva; ni más forma de la energía primordial que la electricidad positiva; todos los fenómenos los explica basándose en los eléctricos. Es verdaderamente notable el esfuerzo de

imaginación que emplea para sostener su tesis, a veces con poca fortuna; niega la existencia del éter y cree que la electricidad es la que llena todos los espacios interestelares y los intermoleculares y atómicos; rechaza, sin embargo, como absurda la hipótesis electrónica; admite la eternidad de la materia ponderable; niega que el Sol envíe luz y calor, pues para él, es un cuerpo frío y obscuro, sólo admite que envía radiaciones electro-magnéticas y que éstas al atravesar la atmósfera terrestre dan lugar al calor y la luz. Pero como todos, incluso él, desconocen la esencia de la electricidad y sólo se sabe que es una de tantas formas de la energía natural, no vemos la razón de que sea la manifestación primordial de ella; del mismo modo puede suponerse que es otra cualquiera y buscar explicación adecuada a todos los fenómenos. Es un entusiasta continuador de la hipótesis de Bressón.

Interesante en alto grado es la hipótesis del famoso físico Le Bon sobre la constitución del átomo material. Admite, como es lógico, que la materia está formada de esos átomos, pero a éstos los supone formados por pequeñísimas partículas de éter condensado, que giran con velocidades incalculables alrededor de un núcleo, también pequeñísimo y de naturaleza etérea, como los planetas alrededor del Sol; esas partículas forman torbellinos de éter, animados de una energía cinética o de movimiento, extraordinaria, y dice, que a ésta debe la materia su rigidez, citando como ejemplos el que cuerpos blandos animados de enormes velocidades, pueden adquirir extraordinaria consistencia, como el caso de un disco de hierro blando corta muy fácilmente a barras de acero durísimo, siempre que el disco gire con muchísima rapidez, propiedad que se utiliza en muchas fábricas, y el de una columna de agua de solo dos centímetros de diámetro, cayendo a través de un tubo desde una altura de 500 metros, no puede ser cortada a su salida de éste, por un sablazo dado con violencia (1). Deduce de esto, que el átomo existirá, y por consiguiente la materia, mientras exista esa velocidad vertiginosa de las partículas de éter y envejecerá cuando disminuya, llegando a desaparecer como materia ponderable y retornando al éter, cuando desaparece la energía (2). Añade Le Bon, que al degradarse esa energía cinética,

(1) El hecho es cierto y pueden citarse, además de los ejemplos que pone Le Bon, el que también un disco de cobre girando con rapidez, desgasta al vidrio; y así se talla éste algunas veces; una bala de cera disparada por un fusil, atraviesa a una tabla delgada de madera, situada a poca distancia; una masa blanda, lanzada con violencia, produce al chocar los efectos de un cuerpo duro, y otros muchos.

(2) No debe causar extrañeza que la condensación de lo imponderable produzca lo ponderable, pues el peso, sabemos, que es el resultado de la atracción recíproca entre los cuerpos y la Tierra, y es forzoso admitir, que de existir el éter, tiene que atraer y ser atraído por la materia, obedeciendo a las leyes de la atracción universal, pues de no ser así, no serviría la hipótesis de su existencia para explicar los fenómenos *no explicables*; por consiguiente, creemos que puede admitirse que siendo una substancia extraordinariamente sutil, su peso es inapreciable, pero al condensarse, se hace perceptible; rectificación del concepto de su imponderabilidad, que cabe en lo posible.

que él llama *intraatómica*, origina las diversas formas, calor, luz, electricidad etc., y como entonces desaparece el átomo y por consiguiente la materia, puede suponerse que ésta se ha transformado en energía, la equivalente a la *intraatómica*, y deduce que esta cantidad de energía es inmensa y que si algún día se logra aprovechar, el beneficio que se obtenga será enorme; explica la emanación extraordinaria de energía de ese curioso metal llamado *radio* por esa causa y deduce que el *radio* debe de estar en estado avanzado de desintegración atómica, que también se manifiesta en muchos otros cuerpos que deben encontrarse en el principio de su disgregación.

Niega Le Bon la existencia de los *electrones*, esos supuestos corpúsculos, de electricidad negativa que girando vertiginosamente al rededor de otro de electricidad positiva, que sirve de centro o núcleo, forman el átomo, llamado *neutrón*, y cuya primera idea se debe a Stoney; dice: «si la materia al disociarse, puede producir energías diversas, luz, calor, electricidad etc., esto no quiere decir en modo alguno que esté compuesta de luz, calor o de electricidad. La concepción de los *electrones*, que guarda estrecho enlace con la del antiguo *flogisto*, según ha demostrado el profesor de Heen, es una de las más desgraciadas ideas metafísicas recientemente formuladas».

Las ideas de los antiguos alquimistas que buscaban de un modo caprichoso la *chrysopeya* o sea la conversión de todos los metales en oro y la receta para obtener el que ellos llamaron *elixir de larga vida*, que rejuvenecía a los ancianos y los conservaba eternamente jóvenes, fueron consideradas como utopías por las generaciones posteriores; hoy, sin embargo, se habla de la posibilidad de rejuvenecer a los animales viejos por medio del ingerto de ciertas glándulas vesiculares y se han hecho ensayos que aseguran que son concluyentes; y respecto a la transmutación de los cuerpos, se aducen tales razones y se citan hechos concretos, que hay motivos para aceptarla. La idea de la transmutación ha tomado cuerpo otra vez, desde el descubrimiento del *radio*, ese metal extraordinario que es un verdadero almacén de energía; químicos tan eminentes como Ramsay, Cameron, Collie, Patterson y Usher, deducen que «por la acción del *radio*, de los rayos X o de los *catódicos*, se forman elementos químicos a expensas de otros completamente distintos», y hasta en las obras de estudio elementales, se citan hechos como la transformación del *cobre* en *potasio*, en

litio y en *sodio* por la acción del *nitón*, gas radioactivo emanado del *radio* (Ramsay); por la misma acción, el *carbono* en *plomo*, *zirconio*, *titanio* y *silicio*. (Usher y Ramsay), y se consideran como indudables, el *radio*, en *helio* y en *nitón*, el *cobre*, en *litio* y el *silicio*, en *carbono*.

Es curioso observar que, según Soddy, de la desintegración del *urano*, cuerpo de mayor peso atómico de los que se conocen, resulta el *radio* como uno de los estados intermedios y como estado final el llamado *radio G*, que cree será el *plomo*; todo esto en el transcurso de varios miles de millones de años. Pues bien, el *plomo* era para los alquimistas el padre de los metales y como cuando está fundido disuelve al oro, a la plata, al estaño y a otros, acto que ellos llamaban *devorar*, le dieron el nombre de *Saturno*, en memoria de aquel dios mitológico que, siendo el padre de los otros dioses, devoraba a sus hijos. Al *plomo* lo sometían a variadísimas reacciones, tratando de convertirlo en oro.

Se comprende bien, que aceptando estas hipótesis, pueda admitirse la unidad de la materia, pues se puede suponer que los átomos de los distintos cuerpos están formados de diferente *cantidad* de éter o de desigual número de partículas de hidrógeno, de helio o de la substancia primordial que se acepte, del mismo modo, ya lo dijimos, que en los estados alotrópicos de un cuerpo simple, la molécula tiene distinto número de átomos del mismo elemento; así en la del oxígeno hay dos átomos y en la del *ozono* tres, como lo demuestra la contracción de volumen en un tercio al pasar de aquél a éste, y al contrario, el aumento en la misma proporción en la conversión del *ozono* en oxígeno. Todo se reduce a encontrar el medio de desdoblar o condensar las moléculas, para obtener la trasmutación de los cuerpos. Hoy se supone que todos los cuerpos que llamamos simples, proceden de la desintegración de otros de gran peso atómico, que existieron en las primeras épocas del Universo. Por otra parte, la análisis espectral muestra que al formarse los mundos, se van condensando los átomos a partir del de el hidrógeno, considerado por algunos como la primera manifestación de la materia ponderable, y que en el trascurso de millones de años, la nebulosa forma el astro y la desintegración lentísima de los cuerpos de superior peso atómico después, perdiendo energía, va dando lugar a los demás. No hay que olvidar que como la energía se degrada en la forma mas sencilla, que es el calor, y éste se pierde por irradiación en la inmensidad infinita del espacio, el astro se enfriará lo suficiente para poder ser habitable por los seres organizados. Aceptando la hipótesis cosmogónica de Laplace, eso habrá ocurrido en nuestro planeta, y mientras el Sol envíe su calor luminoso, existirá la vida en la Tierra; cuando aquél se apague, con las tinieblas, vendrá la muerte por el frío para todos los seres vivos, y quedará nuestro mundo, hecho un gigantesco cementerio, flotando en el espacio.

Le Bon cree que el fin del mundo ocurrirá cuando los átomos hayan perdido la energía acumulada y se conviertan otra vez en éter, en materia caótica, en nada substancial. Para él, la materia se aniquila; la ley de Lavoisier la juzga falsa; *al nada se crea, todo se transforma* de éste, opone Le Bon, el *nada se crea, todo se destruye*. Lavoisier supone que la materia es eterna, pero que los cuerpos, que son porciones de élla, se destruyen y que con la materia que los constituye se forman otros; esto es lo que vemos en la realidad de los hechos; los elementos químicos que constituyen nuestros cuerpos, han pertenecido antes a otros seres y volverán a entrar en la rotación de la materia, cuando dejen de pertenecernos; pero la materia no se aniquilará ni se creará nunca, será siempre constante en cantidad. Pero Le Bon extiende la idea del aniquilamiento a los átomos que forman la materia, tal vez considerándolos como cuerpos, y sostiene que se disgregarán en nada, en éter, en substancia primordial no ponderable. Esta contradicción no es más que aparente, pues como dice, muy acertadamente, el ilustrado ingeniero español Sr. González Quijano, al comentar las teorías de Le Bon: «si la materia ponderable desaparece, el éter subsiste y a él cabrá traspasar esa eternidad, que habrá que negar a aquella. El concepto de materia se habrá ensanchado y mediante esta generalización, el principio de su conservación podrá todavía mantenerse. Más fácil defensa tendrá aún el principio de la conservación de la energía». También dice que la hipótesis de la transformación recíproca del éter y de la materia, es anterior en seis años a los trabajos de Le Bon; fué ideada por el físico español D. Manuel Crespo Lema y publicada en 1890 en su obra. «La circulación de la materia y de la energía en el Universo. Nuevo ensayo de Filosofía natural. Jerez. En la página 154 aparece: «que la idea de la indestructibilidad de la materia ponderable es inexacta; una masa de materia ponderable puede disociarse y volver a tomar el estado etéreo imponderable, cuando está sometida por bastante tiempo a la acción de un medio que le cede fuerza viva». La obra fué traducida al francés en 1894 por M. Maximin Deloche.

Le Bon señala la idea de que si la desintegración fuera general y rápida, bastaría para producir la explosión del mundo donde se manifestase; cree posible que ésta sea la causa de la aparición y desaparición brusca de ciertas estrellas. «Estas estrellas, dice, sin duda resultantes de la explosión de un mundo acompañada de la desintegración de los átomos, no son raras. Casi todos los años llegan a observarse directamente o por el estudio de las pruebas fotográficas. Una de las más notables fué la recientemente observada en la constelación de Perseo. En pocos días alcanzó un esplendor que la hizo la mas brillante estrella del cielo; pero veinticuatro horas después empezó a palidecer y a transformarse su espectro lentamente y se convirtió en el de las nebulosas planetarias, con lo que probó evidentemente que se trataba de una disgregación atómica. En el momento mismo en que se ope-

raba esta transformación, las fotografías de prolongada exposición revelaron alrededor del astro masas nebulosas, producidas sin duda por la disgregación atómica, que se alejaban de la estrella con una velocidad comparable a la de la luz, es decir, análoga a la de las partículas *beta* que emiten los cuerpos radioactivos al disgregarse. De este modo los astrónomos asistieron a la rápida destrucción de un mundo».

En otro lugar, tratando del mismo asunto, dice: «Durante este amontonamiento de siglos ignorados por la historia, los millones de astros que pueblan el espacio han debido comenzar o terminar ciclos de evolución análogos al recorrido hoy por nuestro globo. Mundos poblados como el nuestro, cubiertos de ciudades florecientes llenas de maravillas de la ciencia y de las artes, han debido salir de la noche eterna y tornar a ella sin dejar nada tras de sí. Las pálidas nebulosas, de formas inciertas, acaso representan los últimos vestigios de mundos que van a desvanecerse en la nada o a convertirse en núcleos de un nuevo universo». Estas ideas de Le Bon, concuerdan perfectamente con lo que nos dicen los libros sagrados, es decir, salir de la nada y volver a ella; la materia ponderable no es eterna, salió del éter o materia sutil y en ella se convertirá; y esta concordancia es tanto más de llamar la atención, cuanto que Le Bon se declara en todos sus escritos francamente racionalista.

También se supone hoy que la luz procede de la condensación de la materia caótica o etérea, fenómeno, que en la formación de los mundos precedió a la constitución de los soles o centros de los sistemas planetarios, como es lógico que así ocurra; exactamente lo que se lee en aquellos libros refiriéndose a nuestro sistema.

En fin, hasta la teoría de la evolución de los seres que expuso Darwin en su obra «*Origen de las especies*» y que llegó a desterrar la de las *creaciones periódicas*, tiene hoy impugnadores que sinó restablecen la idea de éstas, señalan hechos inexplicables, que ponen en duda las ideas de Darwin y hacen volver los ojos hacia la anterior teoría. Nos referimos a la hipótesis de las *mutaciones bruscas*. De ella dice Le Bon: «La teoría de las *mutaciones bruscas*, que ha quebrantado algunas partes fundamentales de las doctrinas de Darwin, se encuentra todavía en sus comienzos», y más adelante añade: «La importancia científica y filosófica de las mutaciones reside sobre todo en que permiten fijar la noción de que ciertos cambios preparados sin duda por una invisible evolución anterior, pueden surgir bruscamente».

«Este hecho nos explicaría acaso porqué en ciertas épocas geológicas aparecen repentinamente toda una serie de especies vivas, lo bastante diferentes de las que le han precedido y de las que le siguen para que sea muy difícil establecer un lazo entre ellas. Las lagunas que la ciencia procuraba vanamente llenar serían por tanto muy ciertas, como creía Cuvier».

«Se observa seguramente en la sucesión de los seres una cierta continui-

dad, una dirección general; pero no la continuidad lineal regular, que todavía suponen muchos naturalistas. Si la evolución de los seres se representase por una curva, esta curva tendría ciertamente una trayectoria general regular, pero contendría muchas soluciones de continuidad y alti bajos».

«La evolución de los seres no parece haber sido obtenida sinó a costa de tanteos repetidos, que en el trascurso de las edades se han efectuado, y que desde nuestro punto de vista humano parecen de una inutilidad evidente»; y termina con estas frases que son muy significativas: «Desde este mismo punto de vista de nuestra inteligencia limitada, se podría decir que las cosas ocurren en la Naturaleza como si estuvieran dirigidas, ya por inteligencias superiores, ya por combinaciones absurdas debidas a asociaciones ciegas de azares inverosímiles. La Naturaleza parece estar llena a la vez de previsión y de ceguera. Pero es posible que, tanto la una como la otra, sean tan sólo previsión y ceguera de nuestro espíritu. Sin duda la Naturaleza tiene por guía y medios de acción elementos que no sospechamos y que no podemos, por consecuencia, juzgar. Es preciso desconfiar siempre de las hipótesis hechas sobre un dominio en el cual ninguna mirada humana ha penetrado».

Alumbrándose con la pálida luz del azufre y pronunciando palabras cabalísticas en la boca del crisol, creían los *alquimistas* conseguir las combinaciones químicas que anhelaban; suponían que aquella luz espectral y aquellas palabras, ejercían un mandato al que obedecía sumisa la materia. Hoy se considera como uno de los auxiliares de la síntesis, la acción de pequeños choques de cuerpos inertes, que producen vibraciones en la materia; el sonido, todos saben, que es una vibración del aire que se trasmite a los cuerpos y de éstos a aquel, y está demostrado que las luces de distintos colores en que se descompone la luz blanca y ésta misma, provocan ciertas reacciones químicas, unas veces combinaciones y otras, descomposiciones de cuerpos compuestos; ejemplos: la descomposición de algunas sales de plata, base de la fotografía, la descoloración de las telas y papeles teñidos con colores orgánicos, sobre todo vegetales, la combinación violenta del cloro con el hidrógeno, la función clorofilica en las plantas, y tantas otras; y algunas veces la luz produce modificaciones en la estructura de ciertos cuerpos; ejemplos: al selenio lo vuelve buen conductor de la electricidad y esta propiedad ha servido para construir el fotófono de Bell;

a la gelatina cromatada la torna insoluble en el agua caliente y en esto se funda la fotografía al carbón, y por último, Le Bon supone que la luz, especialmente, los rayos ultravioletas o rayos químicos del espectro solar, disocia a la materia, o como el dice, la *desmaterializa*, desintegrando a los átomos. William Ramsay, que acepta esta idea, añade: «la desintegración de la materia implica su transmutación».

Vemos, pues, repetirse de tiempo en tiempo las ideas, aunque modificadas, del mismo modo que se repiten las modas en la indumentaria, variando siempre algo y tendiendo a perfeccionarse, sujetándose a las ideas dominantes en las épocas. El cálculo presenta dos interesantes curvas, las espirales hiperbólica y logarítmica, formadas por el movimiento de un punto obedeciendo a leyes constantes para cada una de ellas; en sus infinitas vueltas tienden a acercarse a un punto *asintótico* o *polo*, al cual nunca alcanzan aunque se aproximan cuanto se quiera; del mismo modo, ese ansia del espíritu humano puede suponerse que sigue el camino de una cualquiera de estas espirales; en cada vuelta completa, se coloca enfrente de otro punto análogo y las nuevas ideas se parecen a las de otra época, pero están mas cerca de la verdad, y eternamente girando el pensamiento, se aproxima más y más a la realidad de los hechos, pero nunca llegará a conocer la verdad absoluta, que sólo reside en Dios.

HE DICHO.

La Laguna de Tenerife, Agosto 1924.