

que más claramente prueban los fundamentos de su sistema, al que tan bien se acomoda el espíritu social de este tiempo.

MOVIMIENTOS DE ATRACCIÓN RECÍPROCA. — Para que la unidad entre los actos fundamentales de la vida de relación animal y vegetal sea mayor, existen también entre las plantas movimientos atractivos que se ejercen á distancia entre plantas diferentes ó entre los órganos de una misma planta.

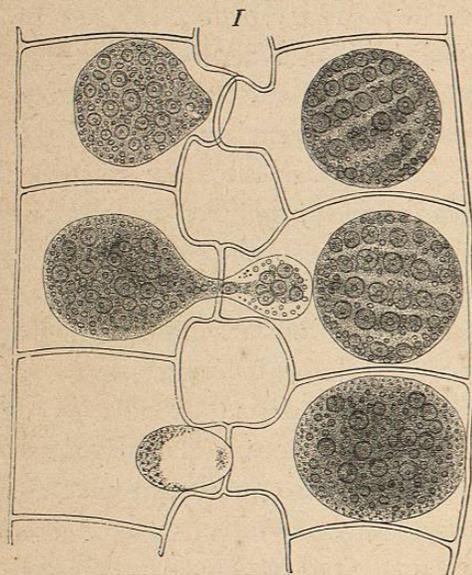


Fig. 102. — Movimientos de atracción recíproca. Conjugación de la *Spirogyra Heriana* Næg. ($\frac{190}{1}$).

En las *Spirogyra*, algas filamentosas frecuentes en las aguas dulces, el fenómeno de la conjugación que en otra parte hemos estudiado (págs. 107 y 108), tiene lugar entre células pertenecientes á dos filamentos distintos, situados el uno frente al otro, á veces á cierta distancia que no impide el que en la célula, que pudiéramos considerar como masculina, el protoplasma tienda á dirigirse hacia la célula femenina, hasta fundirse con el contenido de ésta (fig. 102) para formar el germen, que se denomina *cigospora*. Se ve aquí una verdadera acción recíproca, que viene á resaltar más cuando el filamento masculino, por ejemplo, se encuentra influido por dos filamentos femeninos, uno á cada lado; entonces comienza por emitir

Estas atracciones se observan de una manera terminante entre los órganos reproductores de las criptógamas que nadan en un mismo líquido; la atracción sexual tiene aquí los mismos caracteres que en los animales inferiores.

Vuillemin, en su notable *Biología vegetal*, tantas veces citada, analiza dos casos importantes de movimientos de atracción: el de las *Spirogyra*, que se conjugan, y el de ciertos hongos que han sido admirablemente estudiados por Van Tieghem.

prolongaciones á uno de ellos, pero siempre quedan células vacantes de las cuales proceden tubos copuladores que vienen á fundirse con el otro; y casos hay todavía en que la atracción recíproca se manifiesta de un modo aún más claro.

En los hongos del grupo de los mucoríneos la producción de cigosporas por fusión de tubos que proceden de ramitas ó de filamentos distintos, se opera aún á mayores distancias que en las algas conjugadas. Cita Van Tieghem hechos muy curiosos de hongos que viven parásitos de otros de su mismo grupo, entre ellos el *Piptocephalis arhiza*, cuyas esporas sólo germinan cuando se hallan en presencia de semillas de *Piloborus*, *Mucor*, ó de algún género próximo, sobre los cuales viven; les basta que la semilla del hongo se halle á cierta distancia; parece que disfrutan de la facultad de elegir la víctima de su parasitismo cuando no ha roto aún la envoltura del huevecillo. Van Tieghem atribuye este movimiento al medio nutritivo que el *Mucor* disemina y que primero puede alimentar á distancia al *Piptocephalis* y sirve á éste para hallar fatalmente la plantita en que ha de fijarse.

Sea de ello lo que quiera, vienen á aumentar estos hechos la amplitud y la variedad de los movimientos que el botánico observa en el mundo vegetal.

II. — FUNCIONES DE NUTRICIÓN

ABSORCIÓN

Los vegetales viven en un medio que contiene las sustancias todas necesarias á su vida; es necesario que tomen estas sustancias, que las conviertan en materia asimilable y que la asimilación tenga lugar; ésta es un fenómeno íntimo que en vez de ser de conjunto es de detalle, corresponde á los elementos histológicos y se realiza como indicamos al describir la vida de las células.

Antes de la asimilación tienen lugar actos preparatorios; el primero es la absorción; absorción de fuerza, de energía, de movimiento vibratorio, que puede penetrar en el organismo en forma de alimentos ó en forma de radiaciones, principalmente luminosas y caloríficas.

Los cuerpos absorbidos se difunden después por el vegetal, tras de la absorción viene la difusión; una y otra tienden á sostener el equilibrio de las transformaciones internas con las fuerzas exteriores; cuando un vegetal contenga materiales suficientes, la absorción será nula ó casi nula; cuando las pérdidas, la excreción sea muy grande, la absorción ha de ser activa; la cantidad de materiales interiores existentes es el primer dato que regula la actividad absorbente de las plantas.

La absorción depende también de las condiciones del medio (suelo y atmósfera), que obligan á excreciones mayores ó menores.

Se creyó mucho tiempo que sólo era posible la absorción mediante el agua, que para ser absorbidos los materiales habían de ser previamente disueltos; el poder difusivo del agua era aprovechado para la difusión de los elementos más refractarios. Este juicio es inexacto; pueden penetrar en el interior de las plantas cuerpos en estado sólido, mediante el influjo de ciertos principios que contienen las superficies absorbentes. No sólo en los animales precede una transformación de los alimentos á su circulación por el organismo, también en las plantas ocurre el mismo caso; la digestión es un acto común á todos los seres orgánicos.

¿Cómo y por dónde se opera la absorción de las substancias que el vegetal necesita? Es asunto éste que corresponde á la Botánica especial; el único dato que adelantaremos aquí es que hay absorciones, por diferentes superficies, de elementos gaseosos, líquidos y sólidos; pero el punto en donde la función se localiza con caracteres más propios es en las raíces, y no en su extremidad precisamente, sino en los pelos radicales inmediatos. Aquí haremos constar algunas particularidades de carácter general aplicables á todas las plantas y que se refieren á los alimentos ó á los movimientos vibratorios de un modo directo absorbidos.

ALIMENTOS. — Para definir como alimento un cuerpo cualquiera, es necesario que reúna dos condiciones: que sea indispensable á la vida de la planta; en segundo término, que se encuentre en una combinación tal que pueda ser absorbido primeramente y después asimilado.

Suelen seguirse dos procedimientos para averiguar cuáles han de ser los alimentos de un vegetal; el primero es analítico y sintético el segundo. Consiste aquél en buscar la composición química de la planta objeto de estudio; así se han hallado doce cuerpos indispensables: el carbono, el nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, fósforo, azufre, cloro, silíceo, potasio, calcio, magnesio y hierro. No deja de tener este método analítico ciertos inconvenientes, porque no siempre está determinada la importancia de un cuerpo por la cantidad en que se encuentra, sino que elementos de los cuales solamente existen vestigios pueden tener una misión capital. Cuando se analizan diferentes plantas, se encuentran unos elementos comunes á todas ellas y otros especiales, variables de una planta á otra y más ó menos accesorios; ellos han de ser los que determinen la posibilidad de existencia de ciertas especies; los elementos generales son en absoluto necesarios cualquiera que sea el vegetal de que se trate.

El método sintético viene á corroborar los datos obtenidos por el análisis; es un método experimental que consiste en desenvolver una semilla creándole artificialmente un medio en el que se encuentren todos los elementos necesarios y en la forma más apropiada para su asimilación. Claro es que siguiendo este método hay que tener en cuenta las reservas de que la semilla disponga y un cúmulo de circunstancias que el experimentador ha de calcular si quiere obtener resultados favorables. Interesa especialmente este problema, bajo el punto de vista práctico, al agrónomo, quien debe conocer previamente las condiciones del suelo y las exigencias de la planta, todo lo cual requiere un trabajo analítico previo para ajustar el cultivo á las circunstancias del medio ó modificar éste de un modo inteligente.

Grandeau, en uno de sus *Estudios agronómicos* (1885-86), sintetizaba de un modo que juzgamos digno de ser conocido el problema de los alimentos de la planta en los párrafos siguientes. «Entre los trece ó catorce cuerpos minerales cuyo conjunto, bajo la influencia de la vida, constituye todos los vegetales, hay cuatro ó cinco todo lo más, tres tan sólo en la mayoría de los casos, que el agricultor debe tener en cuenta para conservar ó acrecentar la fertilidad del suelo que cultiva. Estos tres elementos minerales son el

nitrógeno, la potasa y el ácido fosfórico; la cal y la magnesia faltan raras veces en absoluto en los suelos agrícolas, por lo que juzgamos que no es indispensable su restitución. Ciertos suelos exigen no obstante el empleo de la cal. En cuanto al hierro, al azufre, al cloro, á la sílice y al carbono, el suelo se halla abundantemente provisto de los cuatro primeros y el aire es de sobra rico en ácido carbónico para que tengamos necesidad de restituir á la tierra las cantidades considerables de este cuerpo que las cosechas le arrancan.

»A excepción del suelo donde la cal es necesaria, el agricultor habrá de preocuparse, pues, en los estiércoles que aplica, de aportar á la tierra tan sólo estos tres elementos: nitrógeno, potasa y ácido fosfórico. Para dar una idea de la importancia de los elementos tomados á la atmósfera y al suelo por las cosechas, sin entrar en detalles, elegiremos como ejemplo el cultivo del trigo. Una recolección de quince hectólitros en cada hectárea, cifra media en Francia, en números redondos, comprendiendo la paja, se lleva 33 kilogramos de nitrógeno, 31 de potasa y 15 de ácido fosfórico. En siete millones de hectáreas representa esto un consumo anual de 231.000 toneladas de nitrógeno, 217.000 de potasa y 105.000 de ácido fosfórico.

»La conclusión manifiesta de lo que precede es, de un lado, la necesidad de restituir á la tierra, para mantener su fertilidad, los elementos minerales que con la recolección se le quitan; de otro, la posibilidad de aumentar notablemente su fecundidad dándole por el abono algo más de ázoe, de potasa y ácido fosfórico que lo exigido por las cosechas ordinarias.»

Estos párrafos del ilustre agrónomo francés hacen comprender dos cosas: que el problema es para el agrónomo distinto que para el fisiólogo, pero sólo en parte, pues ambos han de partir de esta consideración: el cuerpo simple podrá ser elemento indispensable para la vida y podrá no ser un alimento; en segundo término parecen existir, y el ejemplo de la cal lo indica, alimentos indirectos que por sí no representen en la constitución química del vegetal misión de importancia, pero en cambio, puestos en el suelo, contribuyan á la absorción de otros cuerpos absolutamente indispensables. Indica esto también que no es pasiva la acción de la planta

respecto á los alimentos, que influye de un modo directo y activo preparándolos con el fin de que puedan ser asimilados.

De un modo típico pudiéramos calcular, como hacen algunos autores, las condiciones que debiera reunir un alimento completo; parécenos cosa difícil reducir á unidad materia de suyo tan variable, pues las diferencias específicas imponen para cada planta, ó grupo de plantas análogas, una disposición especial de los elementos necesarios para la alimentación.

Expondremos aquí ligeramente, y para no entrar en detalles que exigen un conocimiento nada superficial de los problemas de la Química biológica, la manera como se verifica en general la absorción, según el estado de los cuerpos absorbidos.

Los alimentos gaseosos penetran en el vegetal en virtud de las leyes físicas de ósmosis y difusión y por todas las partes puestas en contacto del gas. Se establece así una especie de atmósfera interna que tiene su máximum de extensión en las plantas acuáticas.

Del aire toman los tejidos su principal elemento de vida, el oxígeno; pueden también absorber otros gases de escasa actividad é influencia en los fenómenos de asimilación, gases inertes ó poco menos, como el nitrógeno, el hidrógeno, el óxido de carbono, etc.

Envolviendo las plantas de ciertos cuerpos gaseosos (ácido sulfuroso, sulfídrico, etc.), son absorbidos y obran como venenos; los vapores de alcohol, éter, cloroformo, etc., en pequeñas dosis, producen la anestesia del vegetal.

Toda la superficie de la planta se halla en disposición de absorber los cuerpos gaseosos. En las fanerógamas, la raíz absorbe incesantemente oxígeno; para probar esto, basta introducir raíces en frascos donde haya gases determinados y analizar éstos al cabo de algún tiempo. Experiencias análogas prueban la absorción gaseosa en los tallos, en las hojas, en las flores, en los frutos.

Los dos gases de mayor importancia son el oxígeno y el ácido carbónico.

Absorción del oxígeno. — Si colocamos en el interior de un frasco con aire atmosférico, una parte cualquiera vegetal, hojas, tallo, flores, semillas, etc., y analizamos el aire pasado algún tiempo, encontraremos que ha disminuído el oxígeno ó ha desaparecido por completo. Para lograr este efecto, si las partes vegetales son

verdes habrá que preservarlas de la radiación, que conduce á fenómenos que harían variar algún tanto el resultado.

Las partes todas de los vegetales absorben, pues, el oxígeno, y esta absorción es en absoluto necesaria, indispensable para la vida; dejando los órganos en una atmósfera desprovista de oxígeno nos convenceremos de esto último.

No sólo toman las plantas el oxígeno del aire ó el disuelto en el agua; le pueden tomar de las combinaciones oxigenadas débiles; hay criptógamas que roban el oxígeno á los glóbulos rojos de la sangre, en los que existe debidamente combinado.

En la absorción del oxígeno influyen causas diversas. En primer término la presión; la más favorable es la de $\frac{1}{5}$ de atmósfera que posee en el aire ordinario; fuera de esta cifra, ya aumente ó ya disminuya, es siempre desfavorable; claro está que las variaciones en este dato han de ser numerosas, pues depende el hecho de la planta que se observe. La temperatura ejerce también influencia; comienza á veces la absorción del oxígeno á una temperatura inferior á 0° centígrados (*trigo*) y va en aumento hasta un máximo variable, próximo siempre á los 40°. La edad, la naturaleza del vegetal, el órgano que se estudie, influyen mucho en la absorción del oxígeno; alcanza su máximo cuando la planta es muy joven, cuando se encuentra en plena actividad y en vías de desarrollo; en las hojas es menor que en las flores y en éstas los estambres absorben mayor cantidad que los sépalos y los pétalos; las hojas crasas y las de plantas acuáticas ó de lugares pantanosos toman menos oxígeno que las de hojas persistentes y más que éstas las caedizas, algunas de las cuales, el *albaricoquero* por ejemplo, consumen cada veinticuatro horas ocho veces su volumen.

Hay algunos protofitos que pueden vivir sin el oxígeno y otros para quienes este elemento es un verdadero veneno; se les denomina *aerófobos*; figuran todos entre las bacterias (*Bacillus amylobacter*, *Vibrio minimus*, *Spirillum amyloferum*).

Se puede hacer constar la absorción del oxígeno en todas las partes de los vegetales, en las raíces, en los tallos, en las hojas y en las flores. Las hojas y los tallos verdes, en la obscuridad ó con luz difusa, consumen oxígeno atmosférico; bajo la acción de la luz, la clorofila, descomponiendo el ácido carbónico, pone oxígeno en

libertad, y superando éste al consumido por la planta, aparece en vez de una absorción de aquel elemento, una verdadera desasimilación. Fácil es convencerse de que este fenómeno no obsta para que en el vegetal sea precisa una oxidación incesante. La absorción de oxígeno en las flores es muy enérgica; las del *alhelí*, en veinticuatro horas consumen once veces su volumen de aquel gas; aislados estambres y pistilos, llegan á absorber hasta diez y ocho veces su volumen.

Absorción del ácido carbónico. — Cumpliéndose las leyes de la ósmosis, el ácido carbónico penetra dentro de los vegetales, ya se encuentre en el aire, ya disuelto en el agua, si la planta vive en este elemento; se acumula en las lagunas de los tejidos, se disuelve en el jugo celular y allí permanece hasta que este equilibrio se rompe por alguna acción nutritiva. Roto el equilibrio, consumido parte de aquél, es forzosa la difusión del resto y se impone nueva absorción. En las plantas ó en los órganos de éstas desprovistos de clorofila, y aun en las partes verdes cuando sobre ellas no ejerce su acción la luz, el ácido carbónico absorbido es inerte; la acción de la luz sobre la clorofila motiva la descomposición del ácido carbónico, y una enérgica absorción de este elemento gaseoso tiene lugar mientras dura aquel fenómeno.

Influyen en esta absorción la presión con que el gas se encuentra en la atmósfera y la proporción en que se halla. En una atmósfera de ácido carbónico, los órganos verdes no absorben dicho cuerpo aun cuando actúe la luz; para ser absorbido se requiere que esté mezclado, diluído, en otro gas pasivo. La dosis más favorable parece ser un 8 por 100, aunque varía según las plantas. También influyen en la absorción, la naturaleza de la planta, la edad, etc.

Las plantas pueden tomar el ácido carbónico de las combinaciones débiles; las acuáticas, una vez agotado el que se halle en el aire disuelto, le toman del bicarbonato de cal, motivando el precipitado del carbonato de cal.

Las raíces no absorben el ácido carbónico del suelo; las raíces aéreas que tienen clorofila están sometidas á las mismas condiciones que los demás órganos verdes.

Los tallos verdes suplen la falta ó la escasez de hojas, y absor-