

mucha fuerza. Estos son otros tantos fenómenos de la vida vegetal en que el tejido celular hace un papel importante.

ARTICULO III.

DE LAS CAUSAS QUE MODIFICAN LA EXCITABILIDAD VEGETAL.

El momento en que las células poseen en el mas alto grado los caracteres que distinguen la vida, es aquel en que son jóvenes. Despues se cubren de materias leñosas ó terrosas, de fécula, de crómula, etc., lo cual contribuye sin duda á disminuir su excitabilidad; las celdillas del leño, comparadas con las de la albura, manifiestan perfectamente esta transformación.

La sequedad del tejido celular contribuye como la edad, á disminuir su vitalidad; así, los penachos de las compuestas, los pelos endurecidos, las membranas de las cápsulas maduras, apenas presentan excitabilidad; son tejidos casi muertos. La humedad puede volver la vida á una membrana seca que no esté enteramente muerta, pero hay un punto de desecación en que esto ya no es posible. Hay algunos venenos narcóticos que disminuyen la vitalidad de las celdillas.

Por el contrario hay agentes que excitan mas ó menos el tejido de los vegetales vivos; estas son la luz, el color, la electricidad, ciertos gases y ciertas acciones mecánicas.

La luz determina los fenómenos mas importantes de la vida de los vegetales, ella es la que hace que el tejido celular descomponga el gas ácido carbónico del aire, y que los estomas se abran para dejar escapar

la humedad sobrante y establecer una comunicación del exterior al interior del tejido. Los fenómenos devidos á la luz son tan importantes, que los vegetales no pueden vivir en una oscuridad prolongada.

El calor produce efectos puramente físicos, como aumentar la evaporación, dilatar las celdillas, etc. Tiene tambien influencia sobre la vida, porque al empezar la primavera, por ejemplo, determina la evolución de las yemas y la subida de la savia, pudiendo decirse que saca á los vegetales del letargo en que los tenia el invierno.

Algunos hechos pueden hacer creer que la electricidad acelera la vegetación así como ciertas sales ó gases puestos en contacto, sea con las semillas, sea con los órganos foliáceos.

Una cosa mas cierta y mas difícil de comprender es que los golpes repetidos en un mismo punto, las picaduras de insectos y otras lesiones puramente mecánicas, aumentan la vitalidad en el órgano que afectan; es sabido que los frutos agusanados, ó picados por insectos, maduran los primeros. La picadura de los estambres del *bérberis*, el simple tacto de la sensitiva ó de las hojas de *dionaea*, producen efectos notables que parecen algo mas que simple excitabilidad y que muchos autores comparan á la irritabilidad de los músculos.

En resumen, las facultades vitales de vegetales dependen de la constitución propia de las celdillas ó vasos, y notablemente de su grado de juventud y frescura, así como de los agentes exteriores que activan mas ó menos la vitalidad de los órganos. Esta vitalidad combinada con las propiedades puramente físicas ó químicas de los tejidos y de todos los cuerpos, sirve para explicar los fenómenos de la vegetación.

PARTE SEGUNDA.

De la nutrición.

CAPITULO PRIMERO.

DE LA NUTRICION DE LOS SERES ORGANIZADOS EN GENERAL.

Los fenómenos naturales que componen la nutrición de los seres organizados dan por resultado el desarrollo y mantenimiento de los individuos, así como la reproducción perpetua la especie. De Candolle ha hecho observar que la nutrición se divide en los dos reinos orgánicos en siete períodos ó clases de fenómenos y aun se ha servido de ellos para establecer un orden muy sencillo en la descripción de los hechos. He aquí los siete períodos de la nutrición.

1.º La materia sólida ó líquida que sirve de alimento al animal ó vegetal, entra por uno ó muchos orificios. En la mayor parte de los animales, la abertura (la boca) es única, pero hay sin embargo animales inferiores, los rizostomos, que tienen varias. En los vegetales, las esponjuelas son ordinariamente múltiples, y cada una se compone de un gran número de aberturas muy pequeñas.

2.º El alimento pasa á los órganos que deben elaborarlo, es decir modificarlo para que pueda efectivamente servir para la nutrición; en los vegetales este trayecto se verifica directamente por la raíz y el tallo; en los animales hay ademas cavidades especiales, como estómagos é intestinos donde el alimento es detenido y sufre la primera modificación. La parte nutritiva es arrojada (los excrementos), y el recto continúa su marcha con el nombre de quilo.

3.º El alimento bajo la forma líquida, á saber; el quilo en los animales, y la savia en los vegetales, llega cerca de la superficie, ó por lo menos se pone en contacto con el aire exterior. Una parte de él se evapora, ya sea en los dos reinos por la transpiración de todas las superficies, ya en los animales superiores, por la transpiración abundante de los pulmones, y en los vegetales vasculares, por la exhalación de las hojas.

4.º La materia alimentaria, haciéndose menos líquida, es modificada químicamente por el aire atmosférico; en los animales aumenta la proporción del oxígeno; en los vegetales la del carbono. Esta diferencia concuerda bastante con la energía, la actividad y la movilidad de los unos, comparadas á la fijeza y la inmovilidad de los otros. La operación química en que el aire da á cada uno lo que necesita, se verifica en los animales y los vegetales superiores; en los

pulmones, las branquias, ó las hojas; en los demás, ya en las cavidades ó conductos aéreos adonde el aire va á buscar los fluidos, ya en toda la superficie exterior.

5.º El jugo alimentario por efecto de las operaciones anteriores, se vuelve muy nutritivo; en los animales toma el nombre de sangre y en los vegetales el de cambium, y se deposita en el tejido por medio de una circulación mas ó menos extensa.

6.º Una porción de las moléculas elementales que contiene es depositada de tal manera, que pueden mezclarse con la savia ó con la linfa, y ser asimismo transportadas por ella de un órgano á otro; así se forma la grasa de los animales, y los tubérculos cotiledones carnosos, receptáculos, y otros depósitos carnosos en los vegetales.

7.º Ciertos órganos particulares, llamados glándulas, pueden extraer del jugo nutritivo sustancias muy variadas; lo cual constituye las secreciones. Aquellas cuyos productos son arrojados al exterior, como la orina, se llaman secreciones *excrementicias*; las otras cuyos productos permanecen en el interior, y aun son útiles como la saliva, la bilis, son llamadas *recrementicias*. Esta distinción es menos clara en los vegetales.

Las siete clases de fenómenos que acabamos de enumerar formaran otros tantos capítulos.

CAPITULO II.

ABSORCION DE LA SAVIA POR LOS VEGETALES VASCULARES.

ARTICULO PRIMERO.

DEL MODO DE VERIFICARSE LA ABSORCION.

No estando los vegetales dotados de la facultad locomotiva, no pueden existir sino en virtud de una organización, por medio de la cual se apoderen, fácilmente y en todas partes, de las materias propias para alimentarlos.

El agua, sustancia seguramente muy comun en la naturaleza, les sirve de alimento, ya sea por sí misma, ya por los cuerpos extraños que tiene en suspensión ó en disolución; y es absorbida con facilidad por las extremidades celulares de las raíces, que se llaman *esponjuelas*.

Sin duda el tejido de todos los órganos puede absorber cierta cantidad de agua. Es sabido que hay vegetales parásitos desprovistos de raíces, que absorben la savia de otros vegetales por medio de una adherencia completa del tallo de las dos especies. Se sabe tambien que algunas ramas cortadas y metidas en agua absorben una cantidad de este líquido suficiente para que su vida se prolongue algunos días. Se ha probado asimismo que las hojas colocadas sobre el agua, principalmente por el lado en que hay mas estemas, se conservan frescas por mucho tiempo, en virtud de una absorción local. Despues de una larga sequía, las hojas absorben en cantidad notable las primeras gotas de la lluvia, y los *tillandsia*, los *epidendrum* y otras orquídeas, viven fácilmente en una atmósfera húmeda, aun sin tener raíces en la tierra, gracias á una absorción lenta y habitual de la humedad por las hojas. Todos estos hechos son verdaderos é interesantes, pero son excepciones en las leyes generales de la nutrición.

Las esponjuelas por el contrario, son los órganos que en el curso regular de las cosas y la gran mayoría de los vegetales, absorben los líquidos necesarios para la vida; y esta función la desempeñan con una energía de que no pueden dar una idea las otras par-

tes de la planta. Bajo este aspecto solo pueden comparárselas los chupadores de algunas plantas parásitas, y el estigma, en ciertos momentos de su existencia. La facultad absorbente de las esponjuelas depende evidentemente de la capilaridad y la higroscopiedad de su tejido, que se renueva siempre, en atención al crecimiento de las raíces por su extremidad. La contractilidad vital es quizá necesaria para explicar el aumento de actividad de las esponjuelas al empezar la primavera.

ARTICULO II.

DEL LÍQUIDO ABSORBIDO POR LAS ESPONJUELAS.

Las esponjuelas absorben todos los líquidos, en proporción solamente de su grado de pureza. Saussure ha observado, por ejemplo, que cuando se surgen raíces en agua gomosa, azucarada, salina, etc., el líquido se espesa mas que por el efecto de la simple evaporación, lo que prueba que la parte mas líquida ha sido absorbida. Tambien ha visto que los líquidos perjudiciales á la planta, como el sulfato de cobre, son absorbidos en mayor proporción que los líquidos mas viscosos que contienen materias nutritivas ventajosas á la planta, como la goma, el azúcar, etc. Lo mismo sucede con las aguas cargadas de sustancias pulverulentas en suspensión; las mas cargadas son absorbidas con mas dificultad; el agua de estiercol, por ejemplo, no se absorbe como el agua pura, y aun parece que las partículas carbonosas que contiene, obstruyen á veces los meatos intercelulares, porque algunas veces se ve á los árboles morir cuando se deja estancada alrededor de ellos mucha agua cenagosa.

Las esponjuelas, obran pues, de una manera puramente mecánica absorbiendo no lo que conviene á la planta, sino lo que mejor se presta á pasar entre sus celdillas, lo mismo sucede respecto á la absorción que se verifica por medio de las ramas cortadas, las hojas, y cualquier otro órgano puesto accidentalmente en contacto con un líquido.

No debe creerse sin embargo que las esponjuelas absorben únicamente el agua, y separan de este líquido todo lo que es extraño; este es un error que habian acreditado algunos experimentos antiguos é inexactos de Van Helmont, y que Duhamel y Bonnet han combatido con hechos incontestables. Estos autores han demostrado que las plantas regadas con agua destilada no prosperan, y que las semillas ó tubérculos colocados en vaso cerrado, con agua destilada únicamente, no pueden pasar de un desarrollo imperfecto.

La análisis química de los vegetales demuestra, que contienen una infinidad de sustancias que el agua destilada y el aire no pueden suministrarles. Tales son el carbono y las tierras de que se compone la mayor parte del tejido, y los metales de que se encuentra una corta proporción.

Su presencia en los vegetales se explica por el hecho de que los líquidos absorbidos nunca son agua pura; las esponjuelas absorben mas ó menos las materias disueltas en el agua, y esta no existe en la naturaleza en un estado completamente puro; el agua de lluvia que es la que mas se aproxima á la destilada, contiene alguna mezcla, en particular ácido carbónico. Esta sustancia, esparcida en el aire, muy abundante en los restos de materias animales y vegetales, tiene una gran afinidad con el agua, y constituye la parte mas útil de los abonos. El agua, tal como existe en la tierra, contiene tambien aire atmosférico (oxígeno y ázoe), carbonatos de sosa, de potasa, de cal, etc., en mayor ó menor proporción. Los óxidos metálicos y la sílice, son tambien solubles en el agua, en débiles dosis sin duda, pero suficientes para comprender cómo entran estas materias en los vegetales.

Conviene observar que durante el curso de su vida una planta absorbe y exhala una gran cantidad de líquido. Ahora bien, si un árbol absorbe en cierto tiempo, mil libras de una agua en que entra un milésimo de una sustancia extraña, lo cual es bien poco, el árbol habrá adquirido una libra de dicha sustancia, á menos que las secreciones ó exhalaciones no le hayan hecho perder una parte, cosa que no es comun.

De este modo se comprende cómo una tierra en que domina la sílice puede alimentar plantas que contienen cal y otras sustancias, y cómo algunas materias raras, (el hierro, el cobre, etc.), se encuentran y aun en gran proporción, en la análisis química de los vegetales. Basta que la tierra no esté compuesta únicamente de una sustancia, como sucede habitualmente en la naturaleza. Sin embargo vale mas que el terreno se componga de elementos diferentes, y que por la mezcla de materias animales y vegetales, se haga propio para el cultivo; es indispensable sobre todo que el agua no falte, porque ella es el vehículo de todas las materias nutritivas.

CAPITULO III.

ASCENSO DE LA SAVIA EN LOS VEGETALES VASCULARES.

ARTICULO PRIMERO.

CAMINO DE LA SAVIA EN LOS ORGANOS.

La savia sube por las raíces y por el cuerpo leñoso, hasta las yemas, las hojas, las flores y los frutos.

A principios del siglo pasado los fisiólogos no estaban acordados acerca de esta marcha de la savia; Parent sostenía que sube por la médula; Reneaulme que por la corteza; uno y otro se engañaban por observaciones mas ó menos exactas, de las cuales no deducían consecuencias lógicas. Mientras tanto, en la misma época, en 1709 el célebre Magnol, tomaba un camino mas derecho, el de la experiencia, para resolver este problema; imaginó aprovechar la facultad de absorción que poseen las raíces y las ramas para hacer llegar á los órganos jugos coloreados; esto es lo que se llama, por analogía con la fisiología animal, *inyecciones coloreadas*. Este procedimiento, seguido desde entonces por todos los botánicos, y especialmente por Delabaisse, Duhamel, Hill, Bonnet y Hales, ha acabado por poner completamente en claro lo que era oscuro para los simples observadores de los fenómenos naturales. El agua coloreada no penetra en la médula ni en la corteza; sube al contrario por el cuerpo leñoso, y en las dicotiledones principalmente por la albura. El mismo resultado se obtiene, sumergiendo en agua coloreada algunas raíces, una rama cortada, y aun una rama despojada de corteza en su base. De Candolle ha visto que las ramas del sauco, sumergidas únicamente por su corteza y su médula, para la cual se ha quitado el leño en la base ó se ha aislado por medio de un mastice, no absorben una cantidad sensible de agua coloreada, lo cual es una demostración sencilla de la falsedad de las teorías que dividían á los sabios á principios del siglo XVIII.

Se sabe además que la savia sube en las endogemas, las cuales no tienen propiamente hablando médula ni corteza. Y cuando se ven crecer y vivir sauces huecos que al parecer solo tienen corteza, es porque existen una ó varias capas de albura que se adhieren al interior de la corteza, y la parte superior del tronco absorbe un poco de la humedad del aire.

Mas difícil es reconocer por qué órganos elementales pasa la savia en el interior del cuerpo leñoso. El agua coloreada parece siempre el mejor guía, y como

al parecer se dirige siempre alrededor de los vasos, puede creerse que son estos los que conducen la savia. Bischoff observa con razon que en estos detalles minuciosos la inyección puede conducir á error; así, cuando los animales toman rubia, se coloran los huesos, aunque ciertamente estos y el estómago, son los primeros á donde llega. La coloración de los tallos se verifica irregularmente, por acecillos. Bischoff es de opinion de que las plantas absorben en la tierra á un mismo tiempo agua y aire, y que los vasos están habitualmente llenos de aire, lo que parece resultar del exámen microscópico y de la acción de la bomba neumática sobre los tallos. Los jugos pueden pasar habitualmente por los meatos intercelulares y aun por las celdillas; pero un líquido coloreado es una gran masa en comparacion de la humedad de la tierra; muchas veces ha sido hervido; en todos casos contiene poco aire, y entonces la planta que se sumerge en este líquido y que pierde por las hojas muchas materias líquidas y gaseosas, experimenta un vacío interior, de donde resulta una salida forzada y poco natural, de jugos, en los vasos.

Bischoff ha determinado esta subida forzada por medio de la máquina neumática ó con la boca, aspirando el aire de la parte superior de un tallo sumergido por la inferior en agua coloreada. Por lo demás la coloración aparente de los vasos puede ser exterior sin que el líquido coloreado haya pasado al interior.

Varios hechos de otro género confirman la opinion de que la savia sube por los meatos intercelulares y no por los vasos ó traqueas: 1.º ella circula en los vegetales que no tienen vasos; 2.º se desvia fácilmente de la línea recta. Hales la ha demostrado por medio del experimento siguiente: ha practicado cuatro hendiduras en un tronco de árbol á diferentes alturas, pero en sus cuatro caras y penetrando hasta la médula; de esta manera estaba interrumpida la marcha rectilínea de la savia á diferentes alturas precisamente en toda la extensión del tronco, sin embargo la savia subió como de ordinario aunque obligada á seguir caminos tortuosos. El mismo sabio ha insertado por aproximación dos tilos con un tercero intermedio, cortando este por el pie, y le ha visto continuar viviendo, alimentado lateralmente por sus vecinos. En una rama horizontal, la parte inferior se hace mas gruesa, de manera que la médula no está en el centro, lo cual supone una caída de los jugos nutritivos en el sentido transversal del leño. Este género de comunicacion no es posible mas que en el sentido celular, porque los vasos son rectilíneos.

Segun parece, la savia pasa comunmente por la albura mas que por el leño perfecto; cortando un árbol, se observa que el centro no es la parte mas húmeda; sin embargo, Caulomb taladró algunos chopos con una barrena, al principio de la primavera, y vió que la savia no corría del tronco sino cuando llegaba al centro; por su descripción del fenómeno, podría decirse que la savia sale con ruido en cuanto se llega al punto por donde pasa. Algunos otros han observado este fenómeno y dicen que es cierto solo al principio de la primavera, pero que en el resto del año la savia pasa por la albura; Pollini asegura que segun sus experimentos, la savia de los chopos pasa siempre por la albura. Estos hechos como se ve, necesitan mayor número de observaciones, en diferentes épocas y sobre distintas especies de árboles.

ARTICULO II.

VELOCIDAD, FUERZA Y CANTIDAD DE LA SAVIA.

Cuando se corta una rama en plena vegetación y sobre todo en primavera, se ve á la savia salir con fuerza como la sangre de una herida.

Hales ha sido el primero que ha hecho experimentos concluyentes sobre este punto; habiendo descubierto y cortado transversalmente una raíz de peral, introdujo la parte que quedaba unida al tronco en un tubo cerrado herméticamente por la parte superior, lleno de agua é introducido por la base en un baño de mercurio; el corte de la raíz absorbió el agua contenida en el tubo, y con tal actividad, que el mercurio subió ocho pulgadas en el tubo para reemplazar al agua absorbida. En algunos experimentos análogos mas exactos, citados por De Candolle, se ha visto una rama de manzano elevar en media hora el mercurio cinco pulgadas y cuarto, las ramas de vid á cuatro pulgadas el primer día y dos el segundo, y en fin, una de otra especie de manzano doce pulgadas en siete minutos.

El lloro de la vid no es mas que la savia que en la primavera sale con abundancia en las partes en que la poda ha dejado el leño en descubierto. Hales ha fijado un tubo vertical en el extremo de un tronco de vid, de tal manera que la savia debía al salir acumularse en el tubo, hasta que su propio peso equilibrase la fuerza de expulsión. En el primer experimento se elevó hasta veintinueve pies; en el segundo puso mercurio en el tubo y se elevó á treinta y ocho pulgadas, lo cual teniendo en cuenta la diferencia de peso específico de los dos líquidos, equivale á cuarenta y tres pies y tres y media pulgadas de agua; en cuyo caso la fuerza que impelia á la savia de la vid, equivalía á dos y media veces el peso de la atmósfera.

Las dos circunstancias que mas influyen en la subida de la savia son el calor y la luz. De dos ramas iguales y de la misma especie, colocadas en dos bocales igualmente iluminados, la que está en sitio caliente absorbe mas y por consiguiente trasmite mas savia á la parte foliácea. Con frecuencia se ve en los jardines que la rama de un árbol que penetra en una estufa ó que se halla al abrigo del frio de un modo cualquiera, se desarrolla la primera en cuanto llega su tiempo. El calor parece que obra sobre las yemas como un estimulante que atrae hácia ellas la savia ascendente; sin esto no se comprendería la vegetación rápida de la primavera. La acción de la luz se ha provado diferentes veces; es sabido que de dos ramas iguales que están sumergidas en agua á la misma temperatura, absorbe mas la que recibe mas luz.

La cantidad de agua es por lo demás proporcionada en cada especie al corte de la rama que está sumergida en el agua y á la superficie de las partes foliáceas, cuyo papel como veremos mas adelante, es exhalar una parte notable de la savia.

Las estaciones influyen tambien sobre este fenómeno; Savi ha calculado que tres ramas de castaño, semejantes, ensayadas durante un tiempo igual, pero en tres épocas distintas del año, han absorbido, la primera en mayo ciento venticinco granos de agua; la segunda en julio ochenta y cuatro y la tercera en setiembre setenta y cuatro. Los órganos foliáceos tienen tanto mas la propiedad de traer la savia, cuanto mas jóvenes son, ya hemos visto la energía con que sube la savia en la primavera, pero en el mes de agosto siendo las hojas ya viejas absorben menos. Las yemas axilares tienden entonces á desarrollarse y atraen á sí, como en primavera, una cantidad notable de savia; este fenómeno es conocido con el nombre de *savia de agosto*. Cuando se deshoja un árbol como se practica comunmente con las moreras, la savia redobla su actividad, probablemente porque las yemas axilares reciben el alimento que iba á las hojas, se desarrollan y atraen fuertemente la savia, casi como en la primavera.

ARTICULO III.

CAUSAS DE LA SUBIDA DE LA SAVIA.

Los fisiólogos han procurado desde hace mucho

tiempo explicar la subida de la savia por causas físicas y mecánicas. Otros no considerando estas explicaciones como suficientes, han recurrido á efectos supuestos de la fuerza vital, marcha que por otra parte es perfectamente lógica.

Entre las exclamaciones por medio de causas físicas ó mecánicas, se han olvidado ya un gran número de ellas, tanto porque se apoyaban en hechos falsos, como porque los progresos de la física y de la química no permiten darlas importancia. Así, la Hire creía que los vasos de las plantas tenían válvulas, Borelli y Hales que la savia subía por efecto de una extensión de la médula, y otros que por una especie de fermentación de los líquidos, hipótesis que han llegado á ser absurdas ó que se sabe están desprovistas de fundamento.

Groew pensaba que las celdillas llenándose de líquidos, comprimían á los vasos y obligaban á los jugos á elevarse. Pero las celdillas mas vivas no se hallan en el estado de tensión que suponía Grew, y esta tensión no podría tampoco producir una circulación tan rápida como la de la savia.

Los físicos modernos han recurrido frecuentemente á la capilaridad, es decir á la subida bien conocida de los líquidos en tubos estrechos y en general sobre las paredes de las salidas que están en contacto con ellos. Es sabido que en un tubo de $\frac{1}{200}$ de milímetros de diámetro, el agua se eleva hasta dos milímetros; ahora bien las celdillas no muchas veces mas anchas, y los meatos intercelulares por donde sube probablemente la savia son aun mas estrechos. Con arreglo á esto, muchos sabios, en particular el célebre Davy, han creído que hasta la capilaridad para explicar la subida de la savia, tanto mas cuanto que los canales inferiores de las plantas no son rectilíneos, y el tejido celular presenta por todas partes sinuosidades horizontales y oblicuas donde los líquidos se sostienen sin trabajo, hasta que otros tubos superiores los absorben. Se puede comparar esta disposición á un monton de arena, donde el líquido absorbido por la capilaridad puede elevarse mucho, porque se va depositando de una en otra todas las moléculas salidas de la arena. Pero segun los experimentos de Nicod Delom citados por De Candolle, el agua ha necesitado permanecer siete meses para elevarse 29 pulgadas entre arena de mica que es una de las mas capilares; véase aquí un resultado muy diferente de la subida tan rápida de la savia. Y además qué razon habia para que no subiera la savia en los árboles muertos; bien conocida es la capilaridad é higroscopicidad de la madera muerta, pero dista mucho de parecerse á la circulación de los árboles vivos. Seria preciso suponer que la muerte de los vegetales va acompañada de una desorganización del tejido, que le hará menos capilar, pero no se ve con el microscopio nada que pueda hacer creer semejante cosa.

Dutrochet ha querido explicar todos los fenómenos relativos á los jugos vegetales por hechos que los físicos refieren á la capilaridad ó á la permeabilidad de las sustancias, y les ha dado los nombres de *endosmosis* y *exosmosis*. He aquí en lo que consisten: cuando un cuerpo delgado, una membrana por ejemplo, separa dos líquidos ó un líquido separa dos gases, se produce un cambio de moléculas al través del cuerpo intermedio, cambio mas ó menos rápido, segun la naturaleza de las circunstancias y en el cual pasa un número mayor de moléculas en un sentido que en el otro. Así, sumérgase en el agua una vejiguita llena de leche, con una abertura superior provista de un tubo de vidrio; al cabo de poco tiempo, (una hora ó dos) se verá subir la leche en el tubo, prueba clara de que el agua ha sido absorbido por la vejiguita y ha penetrado en la leche en mayor porción que el líquido interior ha pasado al exterior. En este caso en

el líquido menos denso, el agua, aumenta el volumen del mas pesado, la leche, Daltrochet llama al fenómeno *endosmosis*; el caso contrario en que el líquido mas fluido es aumentado, es la *exosmosis*.

Como este cambio de líquidos se verifica de todas las membranas vegetales, puede sin duda servir para explicar muchos hechos relativos á los movimientos y á las modificaciones de los fluidos.

Se ha probado que la savia es menos densa hacia la parte superior de los tallos que en la inferior, lo que se comprende fácilmente teniendo en consideracion la cantidad de agua que se evapora por las hojas. Se puede creer en este caso que el endosmosis dirige el líquido de abajo arriba; pero la subida seria tan enérgica en el caso en que obrase esta causa sola? Por otra parte la diferencia de densidad es tanto mayor cuanto mas agua exhalan las hojas, mientras que el movimiento de la savia esta en el máximun antes de la existencia de las hojas. En fin los fenómenos observados por Dutrochet se verifican en membranas privadas de vida, en todos los cuerpos porosos, orgánicos ó inorgánicos, y aun puede decirse en todos los cuerpos, puesto que todos son permeables á ciertas sustancias, mientras que la subida de la savia no se verifica sino en vegetales vivos, de una manera desigual, irregular, como todo lo que depende. Asi aunque se reconozca que la capilaridad, la permeabilidad y otras circunstancias físicas pueden facilitar el movimiento de la savia, siempre hay necesidad de recurrir á esta causa hipotética y misteriosa, la vida.

Veamos cómo puede imaginarse que la fuerza vital imprima un movimiento ascendente.

Saussure suponía que los vasos de las plantas estaban dotados durante la vida de una contractilidad análoga al movimiento peristáltico de los intestinos, á las contracciones de las arterias y á otros movimientos que en los animales dependen esencialmente de la vida. De Candolle partiendo de la idea de que la savia pasa entre las celdillas mas bien que por los vasos, ha establecido la hipótesis de la contractibilidad vital de las celdillas; y la compara á los movimientos del corazón en los animales superiores y á las contracciones diversas de los infusorios. Esta contracción de las celdillas tendria por efecto ensanchar y contraer los meatos intercelulares, dando impulso á los fluidos contenidos en ellos. La luz, el calor, quizá la electricidad, tendrían influencia sobre este movimiento, porque tienden á excitar la fuerza vital. En este sistema la subida de la savia determinada por la contracción vital, esta facilitada tambien 1.º por la circunstancia de que las esponjuelas acumulan agua en la parte inferior de la planta y la impulsan en cierto modo lejos de sí; 2.º por la accion evaporatoria de las hojas que produce hacia lo alto una especie de vacío; 3.º por la accion capilar de los meatos intercelulares; 4.º por la permeabilidad é higroscopicidad del tejido vegetal.

CAPITULO IV.

DE LA EMANACION Ó EXHALACION ACUOSA DE LOS VEGETALES VASCULARES.

Los vegetales vivos expuestos al aire pierden una cantidad notable de la humedad que contiene, lo cual se comprende fácilmente por el modo de marchitarse. Además, colocándolos en un balon de vidrio bien cerrado y expuesto al sol, se ve al poco tiempo depositarse gotas en la paredes.

Se ha medido algunas veces esta evaporacion pesando una planta en maceta en diversas épocas y siempre teniendo en cuenta los riegos. Hales encontró de esta manera que un pié de bellanto que observaba, perdía veinte onzas de agua por día y una col diez y nueve; y calcula que á proporcion de las su-

perficie, esta cantidad es diez y siete veces mayor que la que perdemos por la transpiracion insensible.

Pero en este hecho de la transpiracion vegetal, hay dos fenómenos diferentes: 1.º una *pérdida insensible* por todas las superficies; 2.º una *emanacion ó exhalacion* abundante por las superficies provistas de estomas, y por las que estando debajo del agua, se hallan accidentalmente expuestas al aire.

La pérdida insensible se verifica lenta y débilmente por todas las partes de los vegetales, á causa de su humedad mayor que la del aire. Asi, los frutos, los tubérculos de patata, la madera fresca, y en general todos los cuerpos de origen vegetal, acaban por secarse, cuando el local en que se encuentran no es muy húmedo. El calor aumenta este fenómeno, que depende de la cualidad porosa y permeable del tejido, y en general de circunstancias físicas exteriores (calor y sequedad) que no tienen que ver con la vida de los vegetales.

Al contrario la emanacion ó exhalacion por las hojas no se verifica sino mientras que otros órganos estan dotados de vida y cuando la luz determina la abertura de sus estomas. Está probado que la cantidad de agua exhalada de esta manera por cada especie, se halla en proporcion del número de estomas de que está provista, y para cada rama ó individuo, en proporcion de la extension de las superficies foliáceas. Asi las plantas crasas, que tienen pocos estomas, exhalan muy poco y deben á esta circunstancia su naturaleza enteramente carnosa. Las raices y los frutos carnosos no tienen estomas y no disminuyen mas que por la pérdida insensible.

Antes de que se conociera el importante papel de los estomas y su abertura por la accion de la luz, se habia observado que esta influye directamente sobre la transpiracion de los vegetales. Hales habia notado que las plantas aumentan en peso durante la noche, lo cual se explica por la supresion regular de la exhalacion en este tiempo, durante el cual las raices continúan absorbiendo. Guettard y Senebier han colocado ramas en la oscuridad y á la luz, y han visto que estas pierden mas que las primeras. Por otra parte ¿qué es lo que se hace para conservar los ramilletes? Se los coloca en lugar oscuro, ó bien se les pone al abrigo de la luz del sol envolviéndolos en una hoja de papel.

Después de la luz, la que mas influye sobre todo este fenómeno, es la sequedad del aire, el calor y la edad de los órganos foliáceos; en cuanto á la sequedad y el calor es difícil separar el efecto que tienen sobre la exhalacion del que tienen sobre la pérdida insensible; en cuanto á la edad, se ha demostrado que hojas de la misma especie, con calor, luz y sequedad iguales, exhalan mas en primavera que en verano, y en este mas que en otoño.

Senebier ha querido determinar la relacion de la cantidad de agua exhalada con la que es absorbida por las raices; para ello sumergía una rama en un vaso de agua que habia pesado, introducía la parte foliácea de la rama en un balon, y pesaba el agua que se habia exhalado al cabo de algunas horas, comparando después la cantidad de agua exhalada con la que faltaba en el vaso. Los resultados no podían ser de una precision completa, á causa de la pérdida insensible, de la accion desigual de la luz, y de la superficie de las hojas, que es imposible calcular exactamente. Es preciso pues atenerse á un cálculo aproximado tal como este: el agua absorbida es al agua exhalada como tres es á dos. Asi una tercera parte del agua absorbida queda en el vegetal y las otras dos son exhaladas por toda la superficie ó por los estomas.

Tambien ha demostrado que el agua exhalada es casi pura; la de la vida no contiene mas que $\frac{1}{25000}$ de materias extrañas, y está débil proporcion se compone de una materia gomosa, de otra parte resinosa, y

que de un residuo insoluble probablemente calcáreo. Todas las demás materias sólidas introducidas en el vegetal por las esponjuelas, permanecen en la planta con el tercio de agua absorbida, de este modo es como aumenta de peso.

La organizacion de las hojas, sobre la cual ha hecho bastantes descubrimientos Brongniart, hace comprender muy bien la emanacion por los estomas. Estos órganos son las aberturas de cavidades interiores, donde el aire se halla en contacto con las celdillas frescas mas ó menos aisladas; este llega hasta el tejido cavernoso de la hoja y en él se carga abundantemente de la humedad que existe allí. Se sabe que las membranas de las celdillas no pueden ser un obstáculo real á esta accion, cuando son delgadas. Por otra parte los meatos intercelulares conducen la savia hasta las paredes de las cavidades aéreas. La exhalacion por las hojas se parece pues, á la transpiracion muy abundante de los animales por los pulmones.

El tejido celular superficial está demasiado endurecido para prestarse á una verdadera emanacion; ordinariamente no sufre mas que la pérdida insensible, pero es indudable que los estomas, en un sitio fresco y expuesto al aire, dan lugar á una gran pérdida de materia acuosa. Del mismo modo las hojas habitualmente sumergidas, como las del potamogeton, pierden considerablemente desde el momento en que se las saca del agua. En el mismo instante se las ve marchitarse y no es porque tengan muchos estomas, sino porque su tejido celular superficial es tan blando, tan fresco, como el que en las otras hojas se halla situado en el fondo de las cavidades, debajo de los estomas y de la cutícula.

Respecto á la causa en virtud de la cual los estomas se abren á la luz y se cierran en la oscuridad, se ignora completamente; hasta se cree que la luz determina la formacion de los estomas, al menos en los vegetales semi-vasculares. A los primeros rayos del sol naciente, las plantas regresan ó exhalan mucha agua, y como la temperatura es entonces bastante baja, se forman gotas que se ven brillar en el extremo de las hojas de la yerba; no es el rocío el que lo produce porque el mismo fenómeno se observa en las plantas que estan á cubierto. Sin duda la cantidad de agua absorbida de noche, sin exhalacion durante muchas horas, contribuye á aumentar la cantidad emanada al primer rayo de sol.

CAPITULO V.

DE LA ACCION DE LA ATMÓSFERA SOBRE LA NUTRICION.

La respiracion es un fenómeno comun á los dos reinos organizados, en el cual el aire y los fluidos contenidos en los órganos se modifican mutuamente.

Para que esta accion química pueda verificarse, basta que el aire y los jugos vegetales ó animales se pongan en contacto, aun con el intermedio de una membrana. Efectivamente está bien demostrado que los obstáculos de este género no impiden la evaporacion, ni los cambios de materias fluidas ó gaseosas, ni por consiguiente los efectos que resultan de estos cambios. El sistema segun el cual se verifica el contacto del aire y de los fluidos varía en el reino animal y tambien en el vegetal; el resultado químico difiere de un reino á otro, pero es uniforme en cada uno de ellos en particular. Leamos lo que combiene á los vegetales.

ARTICULO PRIMERO.

RELACION DE LAS PARTES VERDES CON EL GAS ÁCIDO CARBÓNICO.

El gas ácido carbónico, contenido en corta canti-

dad en el aire, es descompuesto por las partes verdes de los vegetales; el carbono se fija en la planta y el oxígeno queda en el aire. Además, el líquido absorbido por las raices contiene gas ácido carbónico, que tambien se descompone en las partes verdes, esparciéndose el oxígeno en el aire, mientras que el carbono aumenta el volumen de la planta. Estos dos efectos se verifican cuando la luz hiere los vegetales; veamos cómo se ha llegado á reconocer esta accion importante.

En el siglo último, Carlos Bonnet, ocupado en investigaciones acerca del uso de las hojas, puso hojas verdes en agua de fuente, al sol, y al instante vió elevarse burbujas de aire; no sabiendo si provenian del agua ó de las hojas, repitió el experimento con agua hervida, y que por consiguiente no contenia aire. Las burbujas no se formaron, y el ingenioso observador dedujo que el fenómeno procedia del agua y no de las ojas. Se puede decir que desde entonces habia sido observado el hecho de la respiracion vegetal; pero un razonamiento muy lógico en la apariencia hacia desconocer su naturaleza.

Priestley vió las mismas burbujas de aire, y como físico ocupado en investigaciones sobre los gases, las recogió, las analizó, y reconoció que eran de gas oxígeno casi puro. Un gran número de fisiólogos se ocuparon al punto de estudiar un fenómeno tan notable, y gracias á los trabajos de Ingenhousz, de Spallanzani, y sobre todo de Senebier y de Teodoro de Saussure, son actualmente bien conocidas las circunstancias y consecuencias de la respiracion vegetal.

Los únicos órganos que presentan este fenómeno son las partes de color verde, especialmente las hojas, los peciolos foliáceos, y los tallos jóvenes. Las raices, los troncos añosos cubiertos de corteza oscura, los órganos florales y los frutos que no son verdes, las criptogamas que tienen otro color, las plantas blanqueadas (*descoloridas*) por la oscuridad, no desprenden oxígeno. No es el color verde la causa de la accion química, sino por el contrario su efecto; y asi seria mas exacto decir que las plantas y los órganos que desprenden oxígeno son verdes ó se vuelven asi; pero como es mas fácil y cómo juzgar del color que de la accion química; se usa con preferencia la locucion inversa; que el oxígeno es desprendido por las partes verdes. El color es un indicio y un criterio generalmente seguros, en los experimentos de la química vegetal.

La única excepcion á esta regla es que las hojas ó membranas coloreadas de encarnado desprenden algunas veces oxígeno como las verdes. Asi Teodoro de Saussure ha encontrado 0,85 de oxígeno en el gas desprendido por el *arnicella encarnado*, y De Candolle ha encontrado tambien una cantidad, si bien menor, en la *ulva purpurea*.

El fenómeno se verifica solo durante la vida de las plantas ó de los órganos; y cesa desde que empieza la descomposicion.

La parte por donde se efectúa es el mesófilo de las hojas, ó en general las celdillas colocadas bajo la cutícula de los órganos, porque quitando esta, el desprendimiento no se detiene. Probablemente la comunicacion establecida por los estomas desde el interior al exterior de los vegetales facilita el fenómeno, tanto mas cuanto que los estomas se abren á la luz, que favorece las acciones químicas. Sin embargo, los musgos y los frutos verdes, donde aun no se han visto estomas, asi como ciertas superficies de las hojas que carecen de ellos frecuentemente, desprenden oxígeno como lo indica su color verde. La accion se verifica probablemente de dos maneras: 1.ª al través de la cutícula; y 2.ª en las cavidades aéreas cuando se abren por estomas.

La luz directa del sol es una condicion esencial para que el fenómeno se realice, ó á lo menos para que se puedan apreciar sus efectos. Se ve á las plan-