

tas reverdecer y desprender oxígeno al sol, mientras que la acción química es suspendida durante la noche, así como en la oscuridad ficticia que se puede dar á la planta. El día mas sereno, sin sol, ó la luz artificial, no han bastado en los experimentos que se han hecho para hacer desprender una cantidad de gas notable. Pero como en estas circunstancias las plantas enverdecen ligeramente, se puede presumir que también desprenden una pequenísima cantidad de oxígeno, que no puede apreciarse por nuestros medios de análisis. En este caso debe suponerse que estando cerrados los estomas, el desprendimiento no se verifica sino por la cutícula, por consiguiente de una manera muy reducida.

Cuando el experimento se hace colocando una rama verde debajo del agua, y al sol, es preciso que el agua contenga cierta cantidad de ácido carbónico. Esto es lo que sucede generalmente en la naturaleza, á causa de la afinidad notable que este gas tiene con el agua. Senebier ha colocado hojas en agua destilada, ó acabada de hervir y entonces no se desprendía generalmente oxígeno; lo mismo sucedía cuando hacia disolver en el agua gas azoe, hidrógeno y aun oxígeno. Pero apenas había en ella ácido carbónico, su descomposición se verificaba al sol y el oxígeno que contiene se desprendía, la cantidad aumentaba con la del gas ácido carbónico mezclado al agua. Senebier y otros fisiólogos han variado los experimentos de muchos modos. De Candolle ha hecho uno que no es difícil de practicar y que es muy convincente.

En un barreño de agua destilada ha introducido dos bocales de vidrio; uno A lleno de la misma agua y conteniendo una planta viva (la menta acuática) y otro B lleno de gas ácido carbónico; el agua del barreño estaba cubierta de una capa espesa de aceite, que impedía el contacto del líquido con la atmósfera. El aparato se exponía al sol, y cada día se veía al ácido carbónico disminuir en el bocal B, lo cual se conocía por la elevación del agua, mientras que en el bocal A se elevaba una cantidad de oxígeno con corta diferencia igual al gas ácido carbónico absorbido. La planta vivió doce días sin descomposición, al paso que otro pié, colocado de un modo semejante en agua destilada pero sin ácido carbónico estaba toda podrida. Es claro que en este experimento el gas ácido carbónico absorbido por el agua alimentaba la planta; se descomponía en carbono y oxígeno, el primero de los cuales se fijaba en el tejido y el segundo se desprendía y quedaba en el bocal.

Con el agua destilada mezclada con ácido carbónico puro, no se desprende mas que oxígeno; pero si las plantas se encuentran en agua comun, el gas está mas ó menos mezclado con azoe, hidrógeno y otras sustancias gaseosas, á causa de la variedad de materias que contiene el agua. En las burbujas que se desprenden de las plantas puestas en agua no destilada se encuentra de 25 á 85 por 100 de oxígeno. Los mismos resultados se obtienen poniendo ramas verdes al sol en un balon lleno de aire; entonces se desprende oxígeno por la descomposición del gas ácido carbónico, del cual existe siempre una pequeña cantidad en el aire atmosférico.

No es solo el ácido carbónico exterior á la planta el que se descompone; cuando el vegetal está sujeto á la tierra por raíces, absorbe agua que contiene mas ó menos ácido carbónico, el mal procede en abundancia de la descomposición de las materias animales y vegetales que constituyen la tierra de cultivo. Una parte de este ácido carbónico de la savia es descompuesto en los órganos foliáceos. Senebier lo ha probado por medio del experimento siguiente: ha colocado dos ramas de albréchigo en dos bocales llenos de la misma agua, pero una de las ramas, se hallaba metida por su base en una botella llena de agua saturada de ácido carbónico, y la otra en una botella vacía destinada únicamente á sostener el aparato. La primera rama desprendió gas oxígeno en cantidad suficiente para desalojar un volumen de agua cuyo peso eran 4,815 granos, y la otra otro volumen de agua que solo pesó 2,335. Así la mitad próximamente del gas exhalado por la primera procedía del líquido carbónico que había atravesado la rama. Este hecho explica el que las hojas puestas debajo de agua destilada desprendan algunas veces un poco de oxígeno; basta que la planta contenga ya gas ácido carbónico en el interior.

Esta cantidad varía mucho segun la naturaleza de las aguas absorbidas por las raíces. En un terreno que contenga mucho abono, el agua está saturada de gas ácido carbónico; la descomposición de este gas por las hojas es abundante, y por consiguiente, la planta crece mucho, por efecto del carbono que queda en gran cantidad en el tejido.

ARTICULO II.

RELACION DE LAS PARTES VERDES CON EL OXIGENO DEL AIRE.

Teodoro de Saussure ha descubierto que las plantas absorben durante la noche cierta cantidad de oxígeno que toman del aire atmosférico; ha comparado esta absorción de oxígeno con el volumen de las hojas de diferentes especies, durante veinticuatro horas de oscuridad. Las plantas crasas y las de pantanos absorben menos que las otras; por ejemplo: el *stapelia variegata*^{65/100}, el *mesembryanthemum deltoides* y el *alisma plantago*^{70/100} de su volumen, mientras que las hojas del albaricoquero y de haya absorben ocho veces su volumen, el albréchigo y el álamo blanco seis veces, en el mismo espacio de tiempo.

Las hojas tiernas absorben de noche mas oxígeno que las de mas edad; así las de albréchigo, en el mes de junio, han absorbido 6,6 volúmen, y en el mes de setiembre 4,4.

El oxígeno de este modo absorbido no se desprende ni por el calor artificial, ni por medio de la bomba neumática, sino únicamente por la luz del sol, parece pues que se ha incorporado con la savia, combinándose probablemente con el carbono que contiene, y que la luz solar es la única que tiene la propiedad de destruir esta combinacion.

Diversos experimentos de Saussure demuestran que el tejido vegetal conserva una pequeña parte del oxígeno que juega en esta serie de composiciones y descomposiciones del gas ácido carbónico. Las plantas colocadas dentro del oxígeno puro no pueden vivir, y lo mismo sucede en el azoe, hidrógeno, óxido de carbono y ácido carbónico. Sin embargo, sucede algunas veces que son bastante vigorosas para exhalar dentro de estos gases un poco de oxígeno, que basta entonces para las operaciones químicas de la respiracion.

ARTICULO III.

RELACION DE LAS PARTES QUE NO SON VERDES CON LA ATMÓSFERA.

Las partes coloreadas de los vegetales pierden continuamente una cierta cantidad de carbono que es arrebatada por el oxígeno del aire, y aumenta así la proporción del gas ácido carbónico esparcido en la atmósfera.

Esta no es una acción vital, porque se sabe que las maderas de construcción, las cortezas viejas y otras sustancias análogas pierden mas ó menos carbono por el simple contacto del aire á la temperatura media de la atmósfera. Sin embargo, esta acción

química es útil y aun necesaria á los vegetales durante su vida.

Las raíces y el tronco de los árboles pierden un poco de carbono por el contacto del aire, y necesitan esta acción. Por esta razón no se debe enterrar el tronco de un árbol y sus raíces mas de lo que permite el acceso del aire en la tierra. Una de las grandes ventajas de la labor es hacer penetrar aire hasta las raíces y uno de los inconvenientes del agua estancada, el oponerse á él. Esta es también la causa por la cual los terrenos ligeros convienen mas que los terrenos

, aunque estos ofrecen mas apoyo á los vegetales. Las raíces no crecen por abajo sino hasta cierta profundidad, porque no pueden vivir privadas de aire atmosférico, y en un terreno de pendiente vegetal mejor por la parte inferior que está mas próxima á la superficie de la tierra. En el agua las raíces no pueden mantenerse sino con el auxilio de cierta cantidad de aire en suspensión que no basta para ciertas especies. Van Hill asegura haber vuelto la salud á plantas enfermas introduciendo oxígeno en la tierra ó en el agua donde se encontraban. T. de Saussure ha hecho morir plantas jóvenes colocando sus raíces en medios despojados de oxígeno libre.

La corteza, cuando no es verde, y el cuerpo leñoso se producen del mismo modo que las raíces; las yemas no se desarrollan sin oxígeno; los frutos coloreados y las semillas pierden también su carbono por el efecto del aire. La luz no tiene acción sobre este fenómeno, que se verifica lentamente, de día y de noche. Por último, las flores que generalmente no son verdes, no solo no desprenden oxígeno durante el día, sino que le absorben, y en algunos casos en cantidad notable. En compensacion exhalan azoe, en una proporción que varía de $1/500$ á $45/500$ de su volumen.

ARTICULO IV.

DEL CONJUNTO DE LA RESPIRACION VEGETAL.

Después de la enumeracion de tantas acciones químicas, de composiciones y descomposiciones sucesivas ó simultáneas de gas oxígeno de carbono, se pregunta cuál es el resultado definitivo de estas funciones, ya sea para las plantas ya para los medios en que se encuentran.

En cuanto á las plantas, los jugos modificados en las hojas por la atmósfera, contienen evidentemente mas carbono que la savia ascendente, y como la cantidad quitada á las partes coloreadas es poco considerable, hay en definitiva un aumento de peso y una consolidación en los tejidos, porque el carbono es el que da solidez á los órganos. Sin embargo, cosa singular, el carbono enteramente puro no alimenta á los vegetales. Es preciso que se presente combinado con el oxígeno, para que los órganos puedan apropiarse una parte de él; y en este estado de ácido carbónico se encuentra en el aire, en la savia ascendente, y en las hojas después de la absorción considerable de oxígeno que se verifica durante la noche.

En cuanto á los medios, puede decirse que los vegetales vivos los purifican desprendiendo oxígeno, lo mismo que los vegetales muertos, y los animales los vician absorbiendo el oxígeno y desprendiendo otros gases.

Los químicos han probado que el resultado de una vegetación vigorosa es aumentar la proporción de oxígeno esparcido en el aire. Pero este aumento es débil, porque el oxígeno empleado por las partes coloreadas y absorbido de noche por las hojas, compensa casi el desprendimiento que se ha verificado durante el día. En los experimentos donde se trata de averiguar el aumento de oxígeno por la vegetación, todo depende de los ramos mas ó menos verdes que

se eligen para hacer el ensayo, de la proporción de las partes verdes con las que no lo son, del número de horas que se coloca el aparato bien sea á la luz del sol, bien á la luz difusa del día, que produce poco efecto, ó en fin á la oscuridad completa que hace absorber el oxígeno. Teodoro de Saussure ha descubierto que en el curso ordinario de las cosas, una rama introducida en un balon aumenta al cabo de algunos días la cantidad de oxígeno contenida en aquella vasija. Palmer ha encontrado el aumento de un centésimo, después de haber puesto por espacio de diez ó doce horas de día ramas verdes en un balon lleno de aire. ¿Pero sucedería lo mismo después de la absorción nocturna de oxígeno, y si las ramas estuvieran menos cargadas de partes verdes? El mismo autor á mas encontrado que la atmósfera de una estufa cerrada no contenía mas oxígeno por la tarde que por la mañana. Es sabido que en los desiertos mas áridos la proporción de oxígeno del aire es exactamente la misma que la de los países llenos de plantas. Este resultado puede sorprender aunque se conoce la movilidad de los gases y puede hacer creer que los vegetales influyen poco sobre la composición del aire.

Saussure ha criado siete plantas de yerba dulce, sumergiendo sus raíces en agua destilada, y haciéndolas vegetar en un vaso cerrado que contenía aire atmosférico con $7 1/2$ centésimas de ácido carbónico, ha expuesto las plantas al sol, y después de seis días ha encontrado en el aire del vaso $24 1/2$ centésimas de oxígeno en lugar de 21. Pero en este experimento, curioso bajo otros aspectos, el aumento de oxígeno puede depender de la cantidad de ácido carbónico, muy superior á la que existe en la atmósfera ordinaria, y por otra parte siendo las plantas jóvenes, presentaban pocas partes coloreadas. La mejor razón para creer que los vegetales mientras están cubiertos de hoja y frondosos, desprenden mas oxígeno del que consumen, es que la cantidad de carbono que contienen, aumenta con la vegetación. Ahora bien, cada partícula de carbono necesita un desprendimiento de oxígeno correspondiente, puesto que dicho carbono procede del ácido carbónico descompuesto.

Así las plantas en plena vegetación purifican el aire: 1.º destruyendo el gas ácido carbónico flotante, gas que ha sido reconocido como nocivo á la respiración de los animales; y 2.º aumentando en una pequeña cantidad la proporción del oxígeno libre.

Pero después del período activo de la vegetación, el calor excesivo ó el invierno desnaturalizan y aun destruyen las hojas de la mayor parte de los vegetales. Durante algunos meses, todas las plantas de hojas caducas no producen mas que gas ácido carbónico, puesto que les faltan las partes verdes, y las partes coloreadas continúan sus funciones. Las plantas de hojas persistentes desprenden muy poco oxígeno durante el invierno, á causa de lo largo de las noches y el gran número de días nublados; lo cual compensa la vegetación del estío. Después viene la putrefacción de las hojas y de las plantas mismas, que absorbe todavía oxígeno.

Es, pues, difícil decir si el reino vegetal considerado en masa en todas las estaciones y en sus últimas consecuencias, aumenta sensiblemente la proporción del oxígeno del aire; en todos los libros se afirma, oponiendo la respiración de los vegetales que purifica, á la de los animales que vicia el aire. El contraste es notable sin duda, pero si se reflexiona en la acción total de los vegetales y de los animales, así como en las descomposiciones que siguen á la muerte y en las combustiones de toda especie, no se sabe á punto fijo si las proporciones del aire atmosférico permanecen estacionarias ó varían en un sentido ó en otro.

CAPITULO VI.

DE LOS JUGOS DESCENDENTES Ó NUTRITIVOS.

ARTICULO PRIMERO.

PRUEBAS DE SU EXISTENCIA.

Los jugos descendentes ó nutritivos no se manifiestan tan claramente como los jugos ascendentes; sin embargo, existen tantas pruebas de su existencia que nadie la pone en duda.

En primer lugar, el jugo ascendente que va á las ramas tiernas y á las hojas no puede ser empleado enteramente por la exhalacion acuosa y el desprendimiento de los gases. La exhalacion equivale solamente á $\frac{2}{5}$ del agua absorbida por las raices, y la emision de los gases es infinitamente pequeña, si se calcula al peso; el vegetal crece en virtud de la diferencia que hay entre la savia absorbida y las pérdidas que esta savia experimenta. Estos se verifican principalmente en las hojas, y como los órganos foliáceos no crecen indefinidamente, es claro que durante una parte del año por lo menos, el exceso de savia que existe en las hojas debe descender de ellas bajo una forma cualquiera; además hay una experiencia fundamental que lo prueba y es la *seccion anular* de las plantas dicotiledones.

Si se corta circularmente una rama ó el tronco de un árbol de esta clase hasta el cuerpo leñoso, de modo que se quite un anillo á la corteza y que la parte superior de la rama conserve hojas ó cualquier otro órgano de color verde, al cabo de pocas semanas se ve á la rama ó al tronco engrosar por la parte superior de la seccion anular, é hincharse por el borde en forma de rodete, mientras que la parte inferior no cambia. Al cabo de algunos meses ó de algunos años, segun el vigor del árbol, la extension de la seccion y el número de hojas que se encuentran en la parte superior, el rodete aumenta mas ó menos y desciende acabando por cicatrizar la herida.

Las dos partes del árbol encima y debajo de la seccion presentan diferencias notables; la superior engrosa y pesa mas; entre muchos ejemplos citaremos el siguiente: Pallini practicó la seccion anular en un *ailantus* (barniz del Japon) y vió que en el otoño el tronco tenia 17 centímetros de circunferencia por encima y 13 por debajo de la seccion. Knight despues de haber hecho sufrir la misma operacion á una encina cuya madera pesaba por término medio 112 (siendo 100 el peso del agua) ha encontrado encima de la seccion 114 y debajo 111; en un abeto ha encontrado 590 y 491.

Los mismos resultados se obtienen ligando fuertemente una rama ó un tronco de árbol.

De estos experimentos resulta claramente que desciende de las ramas en proporcion de la cantidad de hojas de que estan cargadas, una sustancia cualquiera propia para hacer engrosar el vegetal, aumentar su peso específico, en una palabra, alimentarle. Veamos cómo se puede comprender que se verifique esta nutricion y cuáles son los jugos que se deben considerar como alimenticios.

ARTICULO II.

ORIGEN, MARCHA Y ACCION DE LOS JUGOS NUTRITIVOS Ó DESCENDENTES.

Como este complicado asunto es uno de aquellos que han suscitado mas dudas, contestaciones y polémicas, conviene distinguir claramente las diver-

sas partes de la cuestion y marchar prudentemente de lo conocido á lo desconocido.

I. Origen de la materia nutritiva descendente.

Una sola cosa hay que no se ha puesto en duda, á saber: que la nutricion se verifica de arriba abajo, ó en otros términos de las extremidades superiores de la planta á la raiz.

¿La sustancia nutritiva procede de las yemas ó de las hojas? Este es el primer punto sobre el cual se han dividido las opiniones. Du-Petit-Thouars, defensor acérrimo de una teoría que citaremos mas adelante, creia que las yemas hacen un papel principal en la nutricion de las partes inferiores; Feburier ha demostrado por medio de un experimento muy sencillo, que este papel pertenece á las hojas.

Ha despojado un árbol de todas sus hojas dejando las yemas axilares, y otro de todas las yemas axilares dejando las hojas; el primero no ha aumentado en diámetro, el segundo ha engrosado. Este experimento está conforme con lo que se sabe del cultivo de la morera de los gusanos de seda; estos árboles engrosan tanto menos cuanto mas se les despoja de sus hojas. Tambien está de acuerdo con el hecho muy conocido de los jardineros, de que los frutos no maduran bien sino cuando hay hojas mas arriba de donde ellos nacen; así en la poda de los árboles frutales, se tiene buen cuidado de dejar yemas de hojas verdes en la extremidad de las ramas. Knight queria sacar frutos de un albérchigo cuyas flores se habian caido todas, excepto dos que se encontraban en ramas desprovistas de hojas; tuvo la feliz idea de ingerter por aproximacion ramas del mismo árbol provistas de hojas, con las que tenian las flores y entonces los frutos maduraron bien. En los ingertos por aproximacion y los acodos, siempre se cuida de dejar hojas hácia la parte superior.

Se puede, por lo tanto, decir de una manera general que *las hojas alimentan á la planta*.

II. Marcha de la materia nutritiva en el tallo.

Despues de salir de las hojas, la sustancia alimenticia desciende en el tallo por la corteza y por el cuerpo leñoso á un mismo tiempo, principalmente por las capas jóvenes de estos dos órganos, es decir, el líber y la albura. Esta es por lo menos la opinion de varios fisiólogos distinguidos, pero es preciso convenir en que sobre este punto los hechos no son todavía perfectamente claros y concluyentes.

En la seccion anular el rodete de la parte superior comprende capas acumuladas de líber y de albura, y evidentemente estas dos partes se aumentan hácia su punto de contacto. Cuando se quita toda la corteza de un árbol, la albura se solidifica mas aprisa que de ordinario. De esto se deduce que la materia nutritiva que pasa comunmente por la corteza desciende por la albura; pero la solidez adquirida en este caso, enteramente excepcional, podria muy bien depender de la exposicion de la albura al aire, ó bien el descenso de los jugos por la albura (si se verifica), de haberles sido quitado su camino ordinario por la corteza. Se dice asimismo que la transformacion de la albura en leño perfecto debe resultar del paso de la materia nutritiva por el cuerpo leñoso, durante muchos años, hasta una especie de saturacion. Pero nada prueba que la llegada de las moléculas nutritivas no se verifique por los radios medulares, que establecen una comunicacion entre el cuerpo leñoso y la corteza. Este punto de la fisiología es todavía muy oscuro, como veremos mas adelante hablando de la formacion misma del leño y de la corteza.

No es la gravedad la que hace descender la sustancia nutritiva, porque si se hace una seccion anu-

lar á la rama colgante de un sauce lloron por ejemplo, el abultamiento se forma hácia la parte de las hojas, que en este árbol es la inferior; en este caso es indispensable que la sustancia nutritiva suba contra las leyes de la gravedad.

La marcha de esta materia se facilita por causas mecánicas, tales como el viento que agita las ramas. En efecto, Knight ha demostrado en árboles que habian sufrido la seccion anular, que el rodete se hace mas grueso si son agitados por el viento, que si estan fijos por medio de un rodrigon ó contra una espalderra. Cuando el movimiento no puede verificarse mas que en un sentido, durante algunos años, el tallo presenta un corte elíptico, cuyo eje mayor se encuentra en la direccion del movimiento. En un experimento directo sobre este punto, ha encontrado Knight que la diferencia entre los dos ejes era como 13 á 11.

III. De la accion de la materia nutritiva descendente para alimentar y formar la corteza, el cuerpo leñoso y las raices.

La incertidumbre que reina acerca de la marcha y la naturaleza de la materia nutritiva descendente se extiende con mayor razon á su manera de obrar para formar los diversos órganos. En este punto los naturalistas han emitido una infinidad de hipótesis fundadas en observaciones ó experimentos desgraciadamente poco convincentes en muchos casos.

Una de las opiniones sostenidas y atacadas con mas calor, es la emitida por Hire en 1709 y despues por Du Petit-Thouars á principios del siglo actual. Poiteau la ha defendido con tanto ardor como el mismo Du Petit-Thouars contra las opiniones de Dufontaines y Mirbel; estos dos sabios así como Knight, De Candolle; Pollini, Feburier y otros botánicos, han acumulado contra la teoría en cuestion una multitud de argumentos, muchos de los cuales son poderosos. Es, pues, necesario conocer esta teoría aunque solo sea por las discusiones que ha suscitado.

Consiste dicha teoría en considerar las fibras leñosas como las *raices de las yemas* que se hallan al extremo de las ramas, ó en la axila de las hojas; y segun ella las raices adventivas, que salen tan fácilmente de los tallos, no son mas que la prolongacion exterior de las fibras leñosas ó raices de las yemas.

Esta teoría hubiera estado menos expuesta á los ataques si sus partidarios se hubieran limitado á decir que la materia elaborada en la parte superior de la planta, desciende en forma de fibras, las cuales se modifican en grueso y en naturaleza química por los tejidos que atraviesan. Pero han añadido otras circunstancias cuya inexactitud se demuestra fácilmente, tales como estas: 1.^a que las yemas forman estas fibras leñosas; 2.^a que estas fibras son raices ú órganos análogos á las raices, y 3.^a que salen en forma de raices en las raices, acodos, etc.

El experimento de Feburier, citado anteriormente, demuestra que las yemas no tienen parte alguna en la formacion del jugo nutritivo; entre la yema y las fibras leñosas no se observa continuidad. Pallini observa que el despojar á las moreras de sus hojas, obliga á estos árboles á echar otras hojas nuevas que tienen tambien sus yemas axilares, y que esta produccion de yemas doble en el año no aumenta el espesor de las capas leñosas, al contrario, se quedan mas delgadas.

Las fibras no se parecen á raices sino en la forma; contienen traqueas que son muy raras en las raices; y no se dividen en cuerpo central y cortical.

Las raices adventivas de dicotiledones, proceden á la verdad del cuerpo leñoso; pero no sucede lo mismo

en las monocotiledones, de las cuales sin embargo Du Petit-Thouars habia tomado la primera idea de su teoría. Las láminas anatómicas de Mohl sobre las palmeras demuestran que las raices adventivas de estos árboles salen de la envoltura de sus tallos, sin continuidad alguna con las fibras; véase pues como los accesorios principales de esta teoría, se hallan en contradiccion con los hechos.

Sus defensores sostienen tambien que las fibras son continuas de un extremo á otro de la planta. Sin embargo, Polini ha visto formarse durante el estío, debajo de la seccion anular, una capa de fibras, que no difiere de las otras sino porque su espesor es menor que de ordinario. Las fibras de esta capa no pueden ser continuas con las situadas encima de la seccion; es necesario que se hayan formado en aquel punto, y no por la prolongacion de las fibras superiores.

Los partidarios de la teoría de la Hire alegan la facilidad con que las raices salen del cuerpo leñoso, en las estacas, y del rodete superior, en la seccion anular. Pero esto prueba únicamente que las raices se desarrollan allí donde se encuentra una acumulacion de materia nutritiva descendente, sea cualquiera su naturaleza.

Se han buscado tambien argumentos en las circunstancias que acompañan al ingerto, pero no lo prueban tan directamente como se podia esperar. El principal hecho es de los ingertos *heterogéneos*, es decir, en que se pintan dos especies diversas y sobre todo de consistencia muy diferente. Ahora bien, cuando se ingerta, por ejemplo, un orce de leño rojo sobre otro de leño blanco, se ve cortando el tronco al cabo de algunos años, que las nuevas capas de leño son rojas mas arriba del vástago y blancas mas abajo, como en el origen. A esto dicen los adversarios de Du Petit-Thouars que si las fibras descendieran enteramente organizadas, serian rojas en las nuevas capas, aun debajo del vástago. Esta sería una objecion, dice Poiteau, si las fibras salieran de las yemas enteramente formadas; pero al descender son modificadas y alimentadas por los jugos que se encuentran á su paso. A esto se responde que si las celdillas se vuelven rojas encima del vástago y blancas debajo, es preciso que sean muy diferentes entre sí para segregar materias rojas ó blancas.

Poiteau se apoya en que en los ingertos *homogéneos* ó de una especie sobre sí misma, no se ve desigualdad en el leño, despues de algunos años, á lo cual se responde que esto prueba solamente la soldadura completa de los dos leños.

De toda esta polémica, de la cual solo anotamos los puntos principales, resulta segun parece lo mas probable, que la materia nutritiva descendente se compone de jugos mas que de fibras.

Duhamel y varios fisiólogos designan estos jugos bajo el nombre de *cambium*. Otros reservan este nombre mas particularmente al jugo viscoso que existe en verano entre el leño y la corteza, y del cual resulta directamente la formacion de nuevas capas; el nombre de jugos descendentes es mas conveniente por su generalidad.

Estos jugos deben descender lentamente y en pequeña cantidad, porque no se puede recogerlos como se hace con la savia, y cuando se cree haberlos recogido, no se puede nunca tener la seguridad de que no esten mezclados con otras sustancias.

Los autores que no admiten la teoría de las fibras descendentes; pero que creen en la existencia de un jugo nutritivo descendente (*cambium*), no estan de acuerdo en la manera de comprender la formacion anual de las capas leñosas y corticales. Tres opiniones pueden emitirse, y en efecto lo han sido, á saber: que la albura produce la corteza, que la corteza produce la albura, ó que cada cual produce capas que se le asemejan.

La primera opinion ha sido sostenida únicamente por Hales, y es manifestamente contraria al hecho de que la albura no produce corteza cuando se la pone a descubierto, sea por la seccion anular, sea por la separacion total de la corteza.

La segunda teoria de que la albura viene de la corteza, ha sido sostenida por Malpighi y por Grew; pero con explicaciones muy diferentes. Malpighi pensaba que la capa interior del liber se transformaba en albura, y Grew que el liber producía la albura sin transformarse él. Duhamel ha querido aclarar este punto colocando una lámina de plata entre el cuerpo leñoso y la corteza, sitio donde abunda el líquido viscoso que él denominaba *cambium*, y ha visto formarse capas leñosas á la parte exterior de la lámina metálica. Muchos fisiólogos han repetido el experimento; pero reflexionando en él, se ha visto que no es muy concluyente, á causa de la fluidez del cambium y de la dificultad de asegurarse de que la lámina ha sido colocada exactamente entre los dos órganos. La manera de que las capas verticales aumentan, envejecen, y son impelidas al exterior, así como la diferencia de tejido entre la corteza y el leño, son contrarias á esta teoria.

Resta la tercera opinion, de que el cuerpo leñoso y el cortical crecen cada uno por su parte. Mustel, y mas recientemente Mirbel Dutrochet y De Candolle han sostenido esta opinion, fundándose ya en observaciones directas, ya en la diferencia considerable de los tejidos leñoso y cortical, ya en la nulidad reconocida e insuficiente de las otras teorías. Estos autores difieren solamente en la manera de considerar el cambium ó materia viscosa interpuesta entre los dos órganos. Segun Mirbel, este cambium es un tejido sumamente blando, casi líquido, porque es jóven. El cambium, dice, forma entre la corteza y el leño la capa regeneradora, que suministra al mismo tiempo una nueva hoja de liber y una nueva hoja de leño. Segun Dutrochet, la capa nueva del liber es una extension del liber antiguo; la nueva capa de albura es una extension de la albura antigua. Los jugos nutritivos descienden en estos jóvenes tejidos yustapuestos que se llaman cambium y que él llama los cambium. Esto corresponde evidentemente al modo de formacion de los órganos elementales, cuestion que no es la del aumento del leño ó de la corteza, sino de todos los órganos.

ARTICULO III.

DE LA NATURALEZA QUÍMICA DE LOS JUGOS NUTRITIVOS.

I. Observacion general.

La química debe ayudar en la investigacion de estos jugos que se sabe existen, y aunque provienen de las hojas, pero que no se manifiestan tan claramente como pudieran desearlo los observadores.

Si se reflexiona en la naturaleza acuosa de la savia, y en la adición notable de carbono en los órganos foliáceos, se llega directamente á la conclusion de que los jugos descendentes deben estar compuestos esencialmente de agua (ó de sus elementos) y de carbono. Si pues se encuentran materiales de esta naturaleza esparcidos abundantemente en todos los vegetales que no puedan nunca ser considerados como perjudiciales á su constitucion y que se depositan bajo una forma cualquiera en los tubérculos, albúmenes, cotiledones carnosos, y otros órganos que la práctica hace considerar como depósito de alimento, se podrá con fundamento considerar á dichos materiales como partes constitutivas de los jugos alimenticios, ó como procedentes en ellos con ligerísimas modificaciones.

Ahora bien, hay una gran clase de materiales que reúne estos caracteres químicos y fisiológicos; estos son las *gomas, féculas, azúcares, y ligninas*, así como

los ácidos *acético, úlmico y gálico ó agálico*. Todas estas sustancias se componen de carbono y agua (ó sea hidrógeno y oxígeno) con alguna mezcla de otros cuerpos ó sin ella. Algunos químicos las designan con el nombre de neutras, porque no están sobreoxigenadas ó sobrehidrogenadas, como todas las demás sustancias que figuran en la química vegetal; Prout las llama de una manera mas significativa, *hidrocarbonadas*, y reúne también en la categoría de los materiales sacarinos, los que como las gomas, féculas y leñosos, pueden convertirse en azúcar por la acción del ácido sulfúrico dilatado en agua. Veamos los caracteres especiales de estas materias tan comunes en los vegetales.

II. Goma.

La goma es soluble en el agua, con la cual forma mucilago; su peso específico es de 1,316 á 1,482 siendo el del agua 1,000; se hincha y no se funde al calor; tratada por el ácido nítrico, produce ácido múico y oxálico; es insoluble en el alcohol, los éteres y los aceites. Los químicos dicen que está formada de cuarenta y una á cuarenta y nueve partes de carbono, cincuenta y ocho á cuarenta y dos partes de agua (ó de oxígeno é hidrógeno en las proporciones que constituyen el agua), y algunas veces un poco de oxígeno superabundante y de ázoe. Las diferencias que se notan en el resultado de los análisis, dependen sin duda de que los diversos químicos no han trabajado sobre goma procedente de la misma especie, de las mismas partes de la planta ó de la misma época. Berzelius ha encontrado únicamente de carbono 57,31 y de agua 42,68, mientras que Saussure da 45,84 de carbono, 46,67 de agua, 7,05 de oxígeno y 0,44 de ázoe.

La goma sale por las hendiduras ó heridas del tronco de los árboles, principalmente cuando son añosos; las leguminosas arbóreas producen la goma arábica ó productos casi semejantes. Los árboles frutales de nuestros climas (rosáceas) producen también en abundancia una goma que varía de una especie á otra; las plantas de otras familias la dan también. Segun parece, la humedad, hinchando la madera, determina la expulsion de esta materia, que sale de la corteza y del cuerpo leñoso, sin que existan órganos especiales para segregarla.

De Candolle presume que la goma es el jugo nutritivo en su estado mas puro; y la compara a la sangre de los animales, haciendo notar que existe en todos los vegetales vasculares, que corre principalmente de la corteza, que hace el papel mas importante en la nutrición; y en fin, que las plantas viven sin peligro en una disolucion acuosa de goma. La salida de los jugos resinosos no altera la salud de los vegetales, porque es una secreción natural; al contrario, la salida de la goma es una causa ó signo de enfermedad, como en los animales una hemorragia. En el momento de ser segregada se halla completamente pura, pero en el interior se mezcla con otras sustancias, ó se la interponen otras materias, de donde resulta que no se la puede examinar en el momento.

Los químicos distinguen muchas variedades de goma; y consideran también como materiales análogos, el *mucoso* que se obtiene de la simiente del lino, de las raíces de altea y de los bulbos de la *scilla non-seripta*, y la *gelatina* que se halla en los frutos ácidos como las grosellas.

III. Fécula.

La fécula es una materia comun en los vegetales, que tiene casi la misma composición química de la goma, pero con menos variaciones. La mayor parte de los químicos han encontrado de 43 á 44 partes de carbono y de 56 á 57 de agua ó hidrógeno y oxígeno en las proporciones del agua; Prout, por ejemplo ha

encontrado precisamente 44 de carbono y 56 de agua (ó 49,6 de oxígeno y 6,4 de hidrógeno).

Esta sustancia presenta la apariencia de granillos blancos, pulverulentos, secos, duros, insípidos, inodoros, inalterables al aire, insolubles en el alcohol, el éter y el agua fria; el agua caliente la modifica y convierte en *engrudo*; su gravedad específica es 153 siendo 100 la del agua; los ácidos la convierten en azúcar de uva.

La tintura de yodo la da color azul ó carmin, violeta pálido cuando es débil, y negro cuando es fuerte; este es el medio que se emplea para reconocer la verdadera fécula, que muchos llaman fécula amilácea ó almidon; algunos químicos separan la *inulina* que es una fécula no colorable por el yodo, y que se encuentra, por ejemplo, en el líquen islándico.

Cada grano de almidon se compone de un tegumento liso, insoluble, y de un núcleo de materia gomosa soluble; así cuando se tritura ó limpia la fécula, se ve que la cama interior se derrama y deshace en el agua, mientras que los tegumentos quebrantados forman un residuo que los químicos llaman *hordeina, amidina ó amidino*. La materia soluble del almidon es algo coloreada por el yodo; pero expuesta al aire, pierde esta cualidad, lo cual demuestra que se diferencia un poco de la verdadera goma.

La fécula se halla aislada en las celdillas, donde forma ciertas puntuaciones. Se encuentra en masas considerables en los albúmenes carnosos ó farináceos, como los de las gramíneas, de las poligóneas, etc.; en los cotiledones gruesos, como los de las patatas, batatas, etc.; en las raíces ó rizomas de las plantas perennes; en los tallos leñosos de monocotiledones y en muchos tallos de exógenas; y en fin, en los receptáculos y en los frutos carnosos.

Esta es la parte que sirve para el alimento del hombre en todas las plantas comestibles; así la hariza se saca del albúmen de las gramíneas ó del trigo sarracénico (*polygonum fagopyrum*), el *arrow-root* de los rizomas de *maranta arundinácea*, el sagú de los tallos del *sagú* (palmera); y si las habas, guisantes, lentejas, receptáculos de alcachofa, mesocarpio de los dátiles y muchos frutos, son sustancias nutritivas, se debe á la presencia de mucha fécula en estas plantas ó órganos. En el Norte se extrae algunas veces la fécula de la corteza del pino y abedul; en otras partes de ciertas raíces, etc., la decocción dilata las vejiguitas y hace salir la materia gomosa alimenticia.

En todos estos casos, utilizamos en provecho nuestro el alimento que la planta elabora para sí, casi del mismo modo que nos apoderamos de la miel de las abejas ó de la leche destinada á los animales jóvenes. En efecto las masas de fécula tan comunes en los vegetales son depósitos de materia nutritiva que la vegetación del estío acumula en ciertos órganos. Las patatas dan por cada 100 libras en invierno 17 libras de fécula; en abril 13 libras y 3/4; de mayo á agosto 10 libras; en setiembre 14 1/2, y en octubre 14 3/4; en los rizomas raíces ó tallos se encuentran diferencias análogas. Indudablemente la savia tan abundante en la primavera, se carga á su paso de una parte de esta materia alimentaria, y la lleva á los órganos superiores, sin la cual sería difícil comprender cómo puede vivir la planta en esta época y desarrollarse mucho, sin hojas para elaborar su alimento. Los depósitos de fécula en los receptáculos, frutos y semillas, sirven asimismo para alimentar las flores, semillas ó embriones, por la mezcla de esta fécula con la savia ascendente.

Las pruebas de esta acción química no faltan; los cotiledones carnosos se varían durante la germinación, y sin ellos la planta jóven vive mal ó perece. Por el contrario los cotiledones foliáceos están provistos de estomas que elaboran el alimento, desde que salen de la semilla. El albúmen cuando es carnoso, es absorbido también en la germinación. Las alcachofas viejas

tienen un receptáculo seco, porque las flores han vivido sobre el depósito de fécula que contenía. En el cultivo de los espárragos, se tiene cuidado de dejar subir los tallos para alimentar durante el estío las cepas ó patas subterráneas, cuya fécula pasa por la primavera á los retoños tiernos. Otros muchos ejemplos podrían citarse; y este papel que desempeña la fécula ha sido causa de que Raspail, que la ha estudiado detenidamente, la compare á la grasa de los animales.

IV. Azúcar.

El azúcar es una materia hidrocarbonada análoga á la goma, pero mas variable en cuanto á su presencia en los órganos y á su composición química. Sus caracteres son: 1.º su sabor; 2.º el de convertirse en gas ácido carbónico y en alcohol, en ciertas circunstancias, por ejemplo, en la fermentación que produce el vino y los licores alcohólicos.

Se distinguen los azúcares cristalizables como los de caña, uvas, hongos, y el azúcar líquido ó jarabe que se encuentra muchas veces mezclado con los primeros. El azúcar de caña contiene por término medio 42 partes de carbono y 56 de agua; cristaliza en prismas cuadriláteros ó hexaedros, terminados por ángulos diedros ó triedros; pesa 1,605, el agua 1,000, y es fosforescente cuando se le frota ó deshace en la oscuridad.

El azúcar de uva es menos soluble, menos azucarado, cristaliza en agujillas y se compone segun Saussure de 37,71 de carbono, 60,08 de agua, y 3,41 de oxígeno superabundante; segun Prout de 36,71 de carbono y 63,29 de agua.

El azúcar de caña se extrae del tallo del *saccharum officinarum*; en el Indostan se obtienen 17 centésimos y en América 14; la envoltura cortical de la raíz de la remolacha contiene unos 7/10; también se extrae de la savia de los arces (*acer saccharinum et montanum*). La caña de azúcar cultivada en las estufas no contiene casi nada, y es sabido que los higos y las uvas están mucho mas azucarados en el Mediodía que en el Norte. La floración de la caña de azúcar quita el principio azucarado, y la remolacha no contiene tampoco azúcar en su raíz sino hasta cierta época, antes que sea llevado á los órganos superiores de la planta.

El azúcar de uva existe en otros muchos frutos, tales como las grosellas, cerezas, albaricoques, higos etc.

El azúcar líquido acompaña á los otros y se distingue despues que han cristalizado; se encuentra solo en el maíz, en las manzanas y en los membrillos. La materia azucarada se transforma naturalmente en almidon, en el albúmen y cotiledones carnosos, en la época de la madurez. Despues en la germinación, el almidon se convierte de nuevo en un líquido azucarado. Los químicos pueden transformar el almidon en azúcar, pero no el azúcar en almidon; lo cual confirma la idea de algunos sabios, de que la envoltura de los granos de almidon es una membrana orgánica, cuya formación no depende de la química.

Los azúcares de miel, de almidon y de maná, tienen poco mas ó menos la misma composición que el de uva.

V. Lignina.

La lignina que muchos químicos llaman el *leñoso*, es la materia depositada en las celdillas prolongadas del cuerpo leñoso y que le da sus principales propiedades. Es insoluble en el agua y en el alcohol; pero las lejías alcalinas le quitan una parte; se la obtiene del serrín de madera, quitándole las partes solubles por medio del agua caliente, las partes resinosas por el alcohol, y las sales insolubles por el ácido hidrocórico debilitado. Despues de todas estas operaciones se obtiene en lignina 0,96 de la madera; es sólida, de