

A decorative border in a dark grey or black color frames the entire page. It features stylized, symmetrical floral and foliate motifs, including bell-shaped flowers and swirling leaves, reminiscent of Art Deco or Bauhaus style. The border is composed of several repeating elements that create a sense of movement and elegance.

DÍO FONT QUER

•

BOTÁNICA
PINTORESCA

•

LA CIENCIA DE LAS
PLANTAS AL ALCANCE
DE TODOS

•

PENÍNSULA

DÍO FONT QUER
•
BOTÁNICA
PINTORESCA
•

LA CIENCIA DE LAS
PLANTAS AL ALCANCE
DE TODOS

© Herederos de Pío Font Quer, 1964

Queda rigurosamente prohibida sin autorización por escrito
del editor cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública
o transformación de esta obra, que será sometida a las sanciones establecidas por la ley.
Pueden dirigirse a Cedro (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org)
si necesitan fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra
(www.conlicencia.com; 91 702 19 70 / 93 272 04 47).
Todos los derechos reservados.

Primera edición en Península: diciembre de 2003
Primera edición en este formato: septiembre de 2014

La primera edición de este libro fue publicada por Editorial Ramón Sopena en 1958.

Ilustración y diseño de la cubierta: Departamento de Arte y Diseño,
Área Editorial Grupo Planeta

© de esta edición: Grup Editorial 62, S.L.U., 2014
Ediciones Península,
Pedro i Pons 9, 11ª pta.
08034-Barcelona
edicionespeninsula@planeta.com
www.edicionespeninsula.com

VICTOR IGUAL - fotocomposición
EGEDSA - impresión
DEPÓSITO LEGAL: B. 14.984-2014
ISBN: 978-84-9942-350-0

CAPÍTULO PRIMERO

CITOLOGÍA

LA CÉLULA. MEMBRANA CELULAR. — Robert Hooke (1635-1703), célebre físico inglés, descubrió las células vegetales estudiando al microscopio un tapón de corcho, materia sin vida, y, por tanto, células muertas. El nombre ha quedado, y es de uso general, pero se aplica no sólo a las celdillas que vio aquel físico y a otras similares, igualmente muertas, sino a su contenido vivo. Pero las células no nacen muertas; las engendra una célula viva y nacen tan vivas como su progenitora. Las hay predestinadas a morir pronto; pero otras son capaces de vivir mucho tiempo, a veces, durante largos años. La parte viva de la célula se halla dentro de la celdilla, y lo que Hooke descubrió es el aposento en que se alojó una partícula elemental viviente, la cual constituye la parte más importante de la célula.

Si actualmente oímos hablar de “células” de determinadas comunidades humanas, tal denominación no ha de sugerirnos un simple lugar de residencia o de reunión, sino un grupo coordinado y operante de secuaces, que, por su actividad, se ha comparado a una célula orgánica. En ambos casos, se trata de un *quid pro quo*; utilizamos el nombre del continente, de la celda o célula, para referirnos a su contenido.

No todas aquellas partículas elementales vivientes se alojan en celdas tan bien labradas; en el corcho, y, en general, en todos los vegetales a los que se da usualmente el nombre de plantas, sí. Y así como en las cárceles que se precian de modernas cada uno de sus encarcelados habita en su celda, y por tal motivo reciben el nombre de “cárceles celulares”, las indicadas plantas son también complicadísimas cárceles de esta clase, en las que cada uno de sus habitantes se aloja en una pequeña celda. Pero, en nuestro caso, sin esperanzas de libertad, porque las paredes que forman la diminuta morada se convierten en el sarcófago de su propio morador.

Pero existen vegetales muy simples, que no se componen sino de una sola célula revestida de una delgada membranita, los cuales viven enteramente libres en el seno de las aguas o en lugares muy húmedos; algunos de aquellos vegetales llegan a carecer totalmente de membrana, por lo menos durante cierto período de su vida, como las células móviles de los mixomicetes (véase pág. 185), caso extremo de desnudez que constituye una antinomia: una célula sin célula.

En todo caso, las células jóvenes, recién nacidas, tienen la membrana más delgada que las células viejas, porque la membrana engruesa más o menos con la edad, a veces tan considerablemente, que llega a cegar por completo la cavidad celular, en la que cesa toda actividad vital. La parte leñosa de los vegetales arbóreos, el llamado corazón de la madera, está integrada por un conjunto de células muertas, con las membranas muy gruesas y convertidas en materia leñosa.

En general, en el reino de las plantas las células se caracterizan precisamente por tener una membrana bien consolidada, constituida por una sustancia que, derivando su nombre de la palabra "célula", se llama *celulosa*. En las semillas del algodón, los pelos en que están envueltas, el algodón, están formados por celulosa pura o casi pura. En otros casos, además de la celulosa propiamente dicha, que tiene por fórmula $(C_6H_{10}O_5)_n$, la membrana celular contiene otras sustancias similares (hemicelulosas, pentosanas, pectinas, etc.) y, cuando está más hecha, en las células adultas, puede estar formada por *lignina* (en las células de la madera), *suberina* (en las de súber o corcho), *cutina* (en la llamada cutícula, que reviste la superficie externa de los tallos jóvenes, de las hojas, etc.).

Esas sustancias, aun las de naturaleza química semejante, tienen cualidades diversas, sobre todo en cuanto se refiere a su permeabilidad y a su resistencia, características que comunican a las membranas de las cuales forman parte.

EL CITOPLASMA Y LA MEMBRANA CITOPLASMÁTICA. — Dentro de la membrana celular se halla el contenido vivo de la célula, un corpúsculo de materia semifluida, viscosa, que podríamos comparar a la clara de huevo. Esta materia recibe el nombre de *plasma celular* o, en una palabra, *citoplasma*. Su naturaleza química es compleja, pero fundamentalmente se compone de materias albuminoides.

A pesar de su pequeñez, el grumito plasmático conteniendo en una célula no es homogéneo. Ni siquiera en su parte periférica, ya que se compone de albúminas y materias grasas, las cuales le confieren propiedades de gran trascendencia para la vida celular. La más importante se refiere a la permeabilidad del citoplasma ante ciertas sustancias que deja o no deja pasar a través, es decir,

que selecciona su entrada en la célula. Esa porción externa o periférica no queda claramente limitada hacia el interior de la célula, porque se va alterando poco a poco, sin límite preciso, y constituye la llamada *membrana citoplasmática*. A diferencia de la membrana celular, es una parte viva de la célula, de naturaleza semipermeable; el agua penetra fácilmente a través de ella, pero otros materiales no, por ejemplo, las sales disueltas en aquélla.

Con todo y su complejidad química, el aspecto del citoplasma, cuando se observa al microscopio, es uniforme, de color claro, como de clara de huevo, salvo algunas partículas pequeñísimas, llamadas *condriosomas* y *microsomias*, cuyo cometido en la célula no está todavía bien determinado.

EL NÚCLEO. — Así como dentro de un melocotón o de un albaricoque encontramos una especie de nuez de cáscara muy dura, leñosa, que es el hueso o cuesco del fruto, el citoplasma contiene también una pequeña masa, generalmente redondeada, visible en las células vivas e incólumes, pero mucho más aparente cuando se trata la célula con reactivos adecuados, que la tiñen intensamente. Esa pequeña masa recibe el nombre de *núcleo*, en latín *nucleus*, forma contracta de *nuculeus*, que, a su vez, deriva de *nux*, *nucis*, la nuez.

Si, en las frutas de hueso, éste guarda en su seno la parte más importante, esto es, la semilla, al núcleo de la célula le están reservadas asimismo funciones trascendentes, porque no sólo rige la vida de la célula, sino que guarda en sí el legado hereditario de sus progenitores y lo transmite, según normas estrictas, a sus descendientes. Dentro de la célula, la individualización del núcleo es tan completa, que está separado de la masa citoplasmática por una membrana separatoria, la *membrana nuclear*.

El citoplasma, con el núcleo y con todo cuanto, aparte éste, incluye en sí, constituye la unidad biológica fundamental, la célula considerada como entidad viva y operante, llamada también *protoplasto*, palabra que por su etimología significa “el primer formado”, o, si se quiere, un Adán de cuanto vive en la Tierra, el principio fundamental de todos los seres orgánicos.

CROMOSOMAS. — En realidad, los colorantes que suelen utilizarse para teñir el núcleo no lo coloran uniformemente, sino que ciertos corpúsculos, generalmente de forma alargada, contenidos en él toman con avidez el color y no se tiñe lo restante del núcleo. En consecuencia, tales corpúsculos reciben el nombre de *cromosomas*, palabra que significa “cuerpos que tienen color o colorados”. Este carácter de los cromosomas es propio de una sustancia llamada *cromatina*, la cual contiene ácido timonucleico; este ácido retiene los colorantes de naturaleza química básica, los cuales se suelen utilizar para teñir el núcleo en técnica microscópica.

El número de cromosomas es constante en las células de cada especie vegetal o animal, y en ellos se localizan las facultades hereditarias. Si el núcleo gobierna la vida del protoplasto, y, luego, llegado el momento, transfiere sus facultades a la progenie, todo su poder aparece encarnado en los cromosomas.

CROMONEMA. — El cromosoma no es tampoco una entidad homogénea. Cuando se analiza valiéndose de la técnica microscópica más eficiente, entonces se descubre que el cromosoma se halla constituido por un filamento más o menos arrollado en forma de tirabuzón, el llamado *cromonema*, el cual queda encerrado en una vaina sumamente sutil, la *matriz*. El cromonema es la parte más importante del cromosoma, y cuando llega el momento se hiende longitudinalmente en dos porciones exactamente iguales, las *cromátidas*.

CROMÓMEROS Y GENES. — En los cromonemas se advierten ciertas granulaciones alineadas y de fácil teñidura, llamados *cromómeros*. Hay cromómeros más gruesos y más apretadamente dispuestos, y otros son más finos y están menos aproximados. En estos últimos, constituidos por nucleoproteidos, esto es, por proteínas y ácido nucleínico, se sitúan las unidades genéticas elementales, las cuales se designan con el nombre de *genes*. Un gen es, pues, una partícula material capaz de transmitir un carácter o de participar en su manifestación en la descendencia.

PLASTIDIOS. — En el protoplasto de las células vegetales, salvo en los bacterios, en los hongos y en otros organismos que viven como éstos, a expensas de otros, existen otros corpúsculos llamados *plastidios*. Al principio, en las células recién formadas, los plastidios son muy pequeños e incoloros, apenas perceptibles; en las adultas alcanzan dimensiones mayores, y, sobre todo si la célula recibe la luz necesaria, los plastidios se tiñen de un hermoso color verde. El color verde de esos plastidios, llamados en este caso *cloroplastidios*, se lo comunica una substancia orgánica de tal color, la *clorofila*, de fórmula muy complicada, formada por numerosos átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, cuatro átomos de nitrógeno y uno de magnesio.

Los plastidios no siempre se convierten en cloroplastidios, de color verde. A veces toman color anaranjado, semejante al de la raíz de zanahoria, porque, en lugar de clorofila, tienen *carotina*; o color amarillo, por contener *xantofila*; etcétera. Por tal motivo, los plastidios, cuando se tiñen, sea del color que sea, se denominan *cromoplastidios*, o, también, *cromatóforos*, esto es, “portadores de pigmentos”. En sus células, la indicada raíz de zanahoria contiene cromatóforos de color anaranjado, así como muchas flores, cuando están teñidas de ese color, o bien de amarillo.

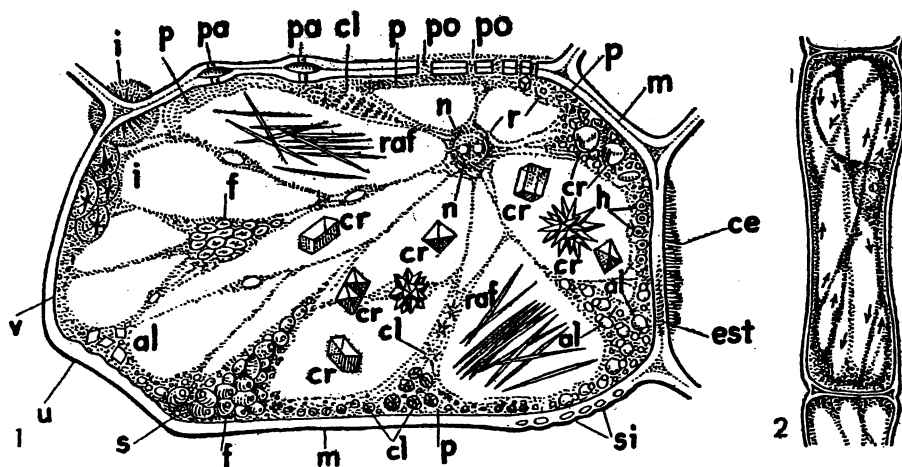


FIG. 1.—1, representación ideal de una célula, con el citoplasma y sus productos, interpretada por Baillon. En la parte superior se ven los poros de la membrana, algunos de los cuales (po) la ponen en comunicación con otras células vecinas, y otros son aerolados (pa). El núcleo (n), de pequeñas dimensiones, muestra un par de nucléolos, y está sostenido por filamentos protoplasmáticos que lo unen al protoplasma parietal (p); entre ellos se han formado grandes vacúolos (v). En algunos de estos se ven cristallitos de forma diversa, cristaloides (cr) o rafidios (raf). El protoplasma contiene clorofila (cl), aleurona amorfa o cristalizada (al), inulina (i), aceite (h), gránulos de almidón (f). La membrana celular puede tener estrias (est) y dejar pasar a su través secreciones céreas (ce); en ella pueden hallarse concreciones silíceas (si). En 2, célula de *Chara*, con el núcleo adosado a la membrana lateral derecha y saetas que indican la dirección según la cual se mueve el protoplasma.

Si no llega a darles la luz, los plastidios se conservan incoloros o de color blanquecino muy pálido, y se llaman *leucoplastidios*. Por lo común, los leucoplastidios son menores que toda suerte de cromatóforos.

IMPORTANCIA DE LOS PLASTIDIOS. — Si el núcleo rige la vida del protoplasto y transmite los caracteres hereditarios, los cloroplastidios desempeñan un cometido no menos importante. Efectivamente, por contener en su trama aquel pigmento verde llamado clorofila, en ellos se localiza la función fotoquímica de ésta, que, como veremos más adelante, consiste fundamentalmente en la síntesis de una substancia orgánica, el almidón, a partir de dos substancias inorgánicas, el agua y el anhídrido carbónico, combinados gracias a la energía lumínica del Sol. Esta es la causa de que en los cloroplastidios se encuentren granitos de almidón, sobre todo después de una jornada de luz en condiciones favorables de temperatura y humedad.

Los gránulos de almidón así formados van convirtiéndose poco a poco en glucosa, soluble, la cual emigra. Generalmente, después de una noche suficientemente larga, los cloroplastidios quedan de nuevo sin aquél antes de amanecer. Los leucoplastidios, sin embargo, pueden convertir de nuevo la glucosa en almidón, en *almidón de reserva*; como el que se almacena en las patatas o en los granos de arroz.

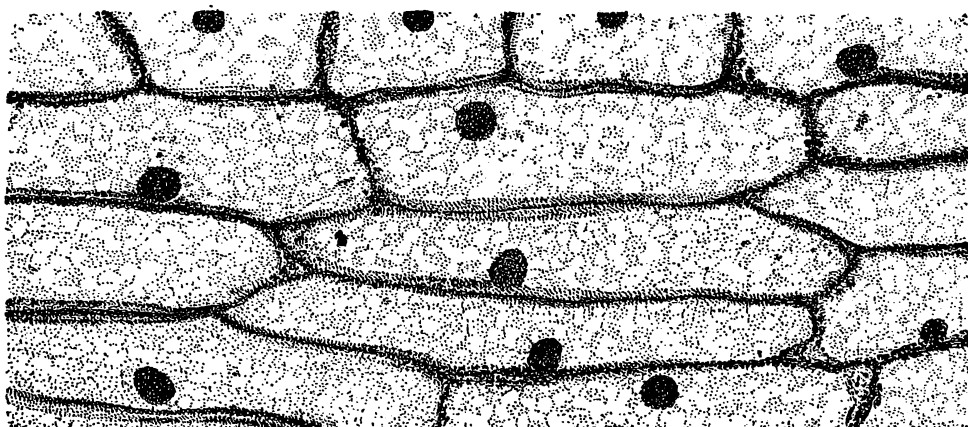


FIG. 2.—Células epidérmicas de los cascos de la cebolla, de forma prolongada, y con el núcleo muy visible, aumentadas unas 150 veces. (Diseño tomado de una fotomicrografía de Pluvier.)

VACÚOLOS Y JUGO CELULAR. — En las células recién formadas, el citoplasma llena toda la cavidad de la celdilla; no así en las adultas, y menos todavía en las viejas. El contenido citoplasmático no aumenta en la medida que la célula joven crece y se hace mayor; y, en consecuencia, el citoplasma no puede ocuparla sin producirse pequeños vacíos, los llamados *vacúolos*. No se trata, realmente, de espacios sin contenido alguno, porque, la célula, en tales condiciones, absorbe agua, que con algunas sustancias disueltas, constituye el llamado *jugo celular*. Por tanto, son vacúolos que deja el citoplasma, ocupados por aquel jugo. En las células más viejas, el citoplasma suele estar pegado a la membrana celular, y se forma un gran vacúolo central; en ciertos casos, esta capita citoplasmática es tan delgada, que se percibe con dificultad. El núcleo puede hallarse también junto a la membrana o más hacia el centro de la célula; en este caso, sostenido por filamentos citoplasmáticos. De todos modos, aun si, por su delgadez, la capa de citoplasma parietal es poco menos que invisible, es muy fácil ponerla de manifiesto. Basta colocar la célula en una disolución de sal común para ver cómo el protoplasto, revestido de su membranita citoplasmática, se desprende de la pared celular y tiende a concentrarse en el centro de la célula. El fenómeno es muy aparente y bien fácil de explicar recordando que dicha membranita, por ser semipermeable, deja pasar el agua a su través, y no la sal. La gota de la disolución de cloruro sódico, que hemos colocado sobre la célula, en el portaobjetos, puede atravesar la membrana de la célula, pero no la membranita citoplasmática; y el jugo celular, en cambio, casi de agua pura, pasando por esa membranita, sale al exterior de la célula, cesa la turgencia en el protoplasto y, como balón deshinchado, éste se encoge hacia el centro de la cavidad celular.

El jugo celular contiene cantidades muy pequeñas de diversas sales, glucosa u otros azúcares, materias albuminoides y ácidos orgánicos. Todas estas sustancias se consideran constantemente presentes en él. Pero, a menudo, contiene otros materiales, entre ellos los alcaloides en muchas plantas, y en las flores de tonos azules o violáceos, pigmentos antociánicos. Algunas de aquellas sustancias pueden ser útiles a la planta; otras son productos de deshecho, sin ningún valor ulterior para el organismo.

Entre estas últimas son frecuentes los cristallitos de oxalato cálcico alargados a modo de agujas y reunidos a menudo en manojitos llamados *rafidios*. En muchos casos, los vacúolos no contienen jugo celular, sino aceites, esencias, resinas, etc.

OTROS DETALLES ACERCA DE LA MEMBRANA CELULAR. — La célula joven empieza a crecer acto seguido hasta alcanzar las dimensiones de la célula adulta; la membrana, por tanto, se extiende por dilatación o por intercalarse nuevos materiales entre los que la componen.

Al propio tiempo que la membrana se agranda y se dilata, comienza a engrosarse, y muy a menudo su espesor aumenta aún más después de acabado su desarrollo superficial. El crecimiento en espesor se logra por depósitos sucesivos del protoplasto en la superficie interna de la membrana, que va aumentando a medida que disminuye la cavidad celular.

El crecimiento en espesor puede tener la misma intensidad en toda la superficie interna de la membrana primitiva, que va engrosando de manera uniforme. Pero es frecuente que no ocurra así; es decir, que en unas porciones aumente el espesor por superposición continuada de nuevos estratos, que en otros puntos no llegan a depositarse. De esta manera se producen huecos, concavidades en cuyo fondo se halla la membrana celular primaria inalterada, huecos de forma y posición diversas, pero, en general, constantes en cada especie de plantas y de células.

Si, por el contrario, las zonas en que se produce el crecimiento en espesor son limitadas, el resultado es otro muy distinto: en lugar de huecos en la parte engrosada se forman resaltes de hechura diversa, como verrugas, púas, filetes, etcétera. Tales producciones son singularmente notables en las células llamadas granos de polen, producidas en los estambres de la flor. A menudo, tales producciones tienen forma singular y se disponen siempre de la misma manera, de tal modo que sirven para caracterizar dichos granos aun no conociendo de qué planta proceden.

CAPÍTULO SEGUNDO

HISTOLOGÍA

TEJIDOS CELULARES. — En los albores del microscopio, cuando los hombres dedicados al estudio empezaron a hacer uso de aquél para agrandar toda clase de objetos y ver de qué manera están hechos, Robert Hooke descubrió las células vegetales en un tapón de corcho. Por tanto, no una, ni varias células aisladas, sino un conjunto compacto de ellas, como las celdillas de un panal. Prosiguiendo esta clase de observaciones, pronto se vio que los vegetales cortados en secciones y estudiados con el microscopio muestran las celdillas reunidas en superficies, unas junto a otras, con las membranas celulares enmarcando espacios de forma diversa, como si se tratase de la trama y la urdimbre de una tela cualquiera. Hacia fines del siglo xvii esas superficies de células conexas empezaron a compararse con las labores que salen del telar, con los *tejidos*, en el sentido usual del vocablo.

La palabra pareció bien aplicada y todavía perdura en el léxico científico de la Botánica y de la Zoología. En Botánica, se designa con el nombre de tejido un conjunto homogéneo de células conexas, que, por lo regular, concurren con su actividad para el desempeño del mismo cometido.

Diciendo que el conjunto ha de ser homogéneo, pretendemos concretar que las células integrantes del tejido deben tener un origen común. Esto es, que, estudiando cómo se forman y de dónde proceden, se llegue a descubrir una célula o un primordio celular que puedan considerarse progenitores del tejido. En otros casos, cuando el conjunto conexas procede de células cualesquiera, heterogéneas, aunque iguales o semejantes, pero antes desunidas, se trata de un tejido considerado ilegítimo o falso. Tal acontece, por ejemplo, con los aparatos esporíferos de los hongos, conocidos corrientemente con el nombre de setas.

Y en todos aquellos casos que resultan de amontonarse las células, indiferenciadas, y sin especial misión de conjunto.

La parte de la morfología que trata de los tejidos celulares y estudia su origen y constitución recibe el nombre de *histología*. El primer componente de este término deriva del griego *histos*, que significa tejido, como obra de telar. Sin embargo, el sentido que se ha dado a la palabra histología excluye el conocimiento del arte textil, porque los llamados histólogos han circunscrito su extensión a lo puramente orgánico. Cuando vayamos a referirnos a los elementos de un tejido celular, los calificaremos de elementos *hísticos*; y de cualquier parte vegetal no formada por células conexas diremos que tiene estructura *anhística*.

En las plantas llamadas superiores, esto es, en las que dan flores, la formación de tejidos alcanza las más grandes posibilidades; son las que los ofrecen en mayor número y mayor extensión, y las que los forman más diversos. En estas plantas, los trabajos que puede realizar una célula vegetal aislada los pone en marcha la colectividad celular. Pero, en este caso, la tarea es mucho más ardua que cuando se trata de una sola célula. En primer lugar, porque la célula aislada vive en el agua o en lugares muy húmedos, y, por consiguiente, la tiene siempre a su alcance; en cambio, a la planta que mora en la tierra han de dársele resueltos los problemas de su captación y de su distribución, evitando pérdidas que podrían serle fatales. Además, la planta ha de sostenerse, erguida o tumbada, pero siempre con cierta consistencia corpórea. Cada uno de estos menesteres y otros más tienen tejidos adecuados para resolverlos, especializados para llevarlos a cabo.

DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO. — La célula aislada y sumergida se basta para desempeñar por sí misma todos los trabajos que le son menester, por ejemplo, el aislamiento del medio que la rodea, la absorción del agua, la síntesis de las sustancias básicas para su nutrimento, etc. En cambio, en las plantas multicelulares existe una verdadera *distribución del trabajo*, porque cada uno de aquellos tejidos especializados se encarga de realizar por lo menos una de aquellas funciones.

GÉNESIS DE LOS TEJIDOS VEGETALES. — Como toda célula procede de otra célula preformada, ya puede deducirse que los tejidos se engendran por procreación celular. Como acontece en las especies más simples, si de cada célula se forman dos, y madre e hija se separan luego de formadas, para repetir después la misma operación, no se formará tejido alguno. Pero, a menudo las nuevas generaciones de células, que pueden sucederse con gran rapidez, quedan adheridas a sus progenitoras por la viscosidad de la membrana, y de esta

manera llegan a formarse filamentos, láminas o masas de diverso espesor que pueden remedar un tejido celular. En realidad, no se trata de un verdadero tejido, porque no existe distribución del trabajo entre las células del complejo, ya que todas las células desempeñan las mismas funciones. La primera manifestación de esa diversa manera de actuar se produce cuando en un conjunto celular primario alguna o algunas células lo fijan a un soporte cualquiera; ese cometido, el de sujetar el conglomerado de células, demanda ya un principio de diferenciación celular.

En las plantas de más elevada estructura, el origen de los tejidos se complica mucho más; pero, en todo caso existen células genitivas, localizadas de manera diversa, de cuya actuación depende la estructura del vegetal, como se verá más adelante.

ÓRGANOS Y ORGÁNULOS. — La palabra *órgano* se tomó del griego *organon*, y su significado básico es el de instrumento o herramienta de trabajo. Si ya los griegos tenían instrumentos músicos llamados asimismo órganos, es lo cierto que Aristóteles designaba también con el mismo nombre aquellas partes del cuerpo aptas para desempeñar algún cometido. En Botánica, órgano es una parte del vegetal, generalmente multicelular, que desempeña una o más de una función.

Cuando la célula alcanza su plenitud y queda constituida por la membrana citoplasmática, el núcleo, los plastidios y demás elementos vivos, cada uno de los cuales actúa según su naturaleza y ejerce una función determinada, está claro que, desde el punto de vista de su cometido, puede compararse a un órgano multicelular; parece, pues, perfectamente justificado que aquellos diminutos instrumentos de trabajo de la célula reciban el nombre de *orgánulos*.

APARATOS ORGÁNICOS. — Dos o más órganos de un individuo pueden coordinarse para desempeñar una misión más general que la de cada uno de ellos en particular; entonces, este conjunto de órganos forma un *aparato*. El aparato asimilador, por ejemplo, comprende los órganos verdes de la planta, todas las hojas normales o nomofilos, las brácteas, si las hay, las partes aún verdes del tallo y de las ramas, etc.

Con los orgánulos intracelulares se pueden formar también aparatos; así, existe el llamado aparato cromático, constituido por el conjunto de los cromosomas de la célula.

SISTEMAS. — El *sistema* tiene contenido todavía más amplio que el aparato, porque puede estar constituido por varios aparatos. Así, el llamado sistema conductor; porque empieza en la raíz, conduciendo las disoluciones acuosas que

absorbe del suelo; prosigue a lo largo del tallo y de las ramas; continúa en las hojas, hasta la última ramificación de sus nervezuelos; inicia allí su regreso, enriquecido el humor acuoso con el nutrimento aportado por los órganos foliares; sigue su marcha atrás por el tallo y la raíz, y llega, finalmente, hasta la más tenue raicilla. La función general es el acarreo de los jugos vitales, desempeñada por elementos de diversos órganos y aparatos coordinados en un *sistema*.

ORGANIZACIÓN Y ORGANISMO. — Cuando las células se ordenan conforme a un plan funcional, agrupándose en tejidos y órganos, se dice que *se organizan*. De esa coordinación resulta, en último término, una unidad vital, el *organismo*.

Cuanto acabamos de indicar acerca del aparato conductor pone de manifiesto que el individuo vegetal constituye un conjunto de órganos relacionados. Si falla alguno de ellos, se resienten los demás. Esta solidaridad orgánica no consiste, simplemente, en la trabazón de sus partes, sino que se funda en conexiones más íntimas.

CONEXIONES DE LOS PROTOPLASTOS EN LOS TEJIDOS CELULARES: PLASMODESMOS. — Las membranas que separan las células contiguas, muy tenues cuando se acaban de formar, van engrosando después, según hemos dicho ya. Si esas membranas aumentasen su espesor de manera uniforme, acabarían estableciendo una separación absoluta, o poco menos, entre las múltiples células de un tejido; en general, no ocurre así.

Ya se ha indicado también que, por lo común, la membrana engrosada deja huecos o canalículos, los cuales se corresponden en las células contiguas. De ello resulta que dos canalículos así enfrentados forman sólo uno, el cual, hacia su mitad, tiene una delgada membranita divisoria, la membranita que separaba ambas células al formarse, generalmente de naturaleza celulósica y muy poco engrosada.

Por lo regular, a través de aquel delgado tabique separatorio los protoplastos de dos células adyacentes se ponen en contacto por medio de sutiles filamentos citoplasmáticos llamados *plasmodesmos*.

ESPACIOS INTERCELULARES. — Las células contiguas de un tejido en vías de formación están dispuestas de manera tan apretada, que no dejan espacio alguno entre ellas. Cuando se examina al microscopio la sección de un tejido así, simula un diminuto pavimento perfectamente enladrillado. Sin embargo, la imagen del tejido adulto resultante suele ser ya muy distinta. Las secciones celulares pueden seguir aparentando las baldosillas pavimentarias, pero mal ajustadas; los pequeños huecos que quedan entre las células son los *espacios intercelulares*.

Hay espacios intercelulares muy angostos, frecuentes en casi todos los tejidos, llamados *meatos*. Pero, a veces, son mayores, con dimensiones superiores a las de las células inmediatas, y reciben el nombre de *cámaras*, reservando el de *lagunas*, a los que son todavía más grandes. En general, lagunas y cámaras se forman por desaparición de un número mayor o menor de células.

DIVERSAS CLASES DE TEJIDOS

Tejidos embrionales o meristemas

Reciben el nombre de *tejidos embrionales*, y también el de *meristemas*, los que están en trance de formación. Las células que los constituyen son relativamente pequeñas, tienen la membrana delgada y el núcleo proporcionalmente muy grande. Además, esas células en plena actividad genitiva se dividen rápidamente, cada una, en dos, y éstas, a su vez, en cuatro, y así sucesivamente, aumentando al mismo tiempo de volumen.

Cuando, a partir de una célula originaria, empieza a formarse un nuevo vegetal multicelular, el conjunto de las células que se forman integra un *meristema primario*. Formándose después los diversos miembros del organismo, suelen originarse varios meristemas de este tipo localizados en diversos puntos del organismo en formación. Así, en los extremos del tallo, de las ramas y de la raíz surgen aquellos meristemas a partir de los cuales se van perfeccionando los miembros de la planta, que va cobrando su forma definitiva al diferenciarse sus tejidos y los órganos correspondientes.

A veces, sin embargo, en los tejidos que pueden considerarse adultos, acontece que algunas de sus células, de membrana todavía delgada, recobran la facultad de dividirse y actúan meristemáticamente engendrando nuevas células. En conjunto, tales células rejuvenecidas constituyen un *meristema secundario*.

Tejidos adultos

Al propio tiempo que el organismo llega a la fase adulta, los tejidos ya constituidos, adultos también, tienen las células con la membrana más o menos engrosada, separadas por meatos, que faltan en los meristemas, el núcleo relativamente menor, y vacúolos más o menos manifiestos; tales células han entrado en la fase de reposo y son incapaces de nuevas divisiones.

Los principales tipos de tejidos adultos son los siguientes:

PARÉNQUIMA. — Los anatomistas griegos distinguían dos clases de carne: la carne muscular, más o menos fibrosa, a la que llamaban *sarx*, en genitivo *sarkos* —que ha dado sarcófago—, y la carne de las vísceras, por ejemplo, de los pulmones o del hígado, que designaban con el nombre de *paregchyma*. La carne “no fibrosa” de los vegetales, en general constituida por células no más largas o poco más largas que anchas, separadas por meatos, de membrana delgada, celulósica, provista de canalículos —las *punteaduras*— que las ponen en comunicación con el protoplasto vivo, adosado a las membranas y rodeando el vacúolo central, y con plastidios desenvueltos de manera diversa, es el *phyto-paregchyma* o *parénquima vegetal*. Este tejido aparece derramado por toda la planta, en las raíces, tallos, hojas..., y constituye a modo de un tejido fundamental del organismo, apto para desempeñar múltiples cometidos.

Cuando el parénquima se halla en la proximidad de la superficie vegetal, de manera que reciba luz suficiente a través de las células que lo separan del exterior, entonces, en los plastidios se forma clorofila y se convierten en cloroplastidios. En tal caso, tenemos el *parénquima clorofílico*, y en él se realiza la fotosíntesis del almidón. Los parénquimas más profundos o menos iluminados carecen de aquel pigmento verde, y si en ellos existe almidón es que procede del parénquima clorofílico, emigrado de allí en forma de glucosa, soluble, y reconstituido después. Este segundo tipo constituye el *parénquima reservante*, porque en él se localizan las reservas de la planta. La reserva más general está constituida por el almidón; pero pueden formarse otras reservas, de cuerpos grasos o de albuminoides, en tejidos del mismo tipo.

Con este mismo cometido, esto es, para el almacenamiento, actúa el *parénquima acuífero*, que a ciertas plantas que han de defenderse contra la falta de agua puede serles indispensable durante largos períodos de sequía. El llamado *aerénquima* o *parénquima aerífero* no es que almacene aire en sus células, sino que lo deja circular a su través con gran facilidad, por el considerable desarrollo de sus meatos. Esta es una función importante, por lo que merece señalarse este tipo de parénquima.

Aunque el acarreo de los líquidos absorbidos por la planta y la savia elaborada que de ellos resulta circula por conductos especializados en ese transporte, de los cuales nos ocuparemos después, es lo cierto que, a pequeña escala, los jugos también pueden circular a través de las células parenquimáticas, aunque con lentitud. Este llamado *parénquima conductor* se localiza en puntos diversos del vegetal, y, comúnmente, se caracteriza por sus células alargadas en la dirección de la corriente circulante.

Todavía existen otros tipos de parénquima de menor importancia, diversos por su estructura o por el cometido que desempeñan, de los cuales no nos ocuparemos en gracia a la brevedad.

TEJIDOS SUPERFICIALES.— Los vegetales que no viven sumergidos necesitan protección contra la adversidad exterior, principalmente contra la desecación. En los climas de lluvias frecuentes durante todo el año, con el aire saturado de humedad o poco menos, para aquella protección puede bastar un simple estrato de células superficiales tan delgado como se quiera. Pero en los climas con largos períodos de sequedad, el problema de defender a la planta contra la pérdida de agua, en lucha a veces permanente contra la hostilidad del medio, es mucho más arduo. En todo caso, esa protección la realizan los *tejidos superficiales*.

El más importante de ellos es el *tejido epidérmico* o, simplemente, la *epidermis*. En las plantas no existe la dermis de los animales, llamada asimismo cutis, cuero o piel, pero sí una membrana que recubre toda la planta, la cual, por el lugar que ocupa y por el parecido papel que desempeña, también ha venido a llamarse *epidermis*, como la del reino animal. Dado que su misión consiste en evitar las pérdidas de agua por evaporación, o, por lo menos, aminorarlas todo lo posible, sus células quedan perfectamente ajustadas, sin ningún espacio intercelular libre, con tanto mayor motivo por cuanto la epidermis suele estar constituida por una sola capa de células. Se logra el mejor ajuste con células que, vistas de frente, es decir, mirando perpendicularmente a la superficie del órgano respectivo, aparecen con los bordes sinuosos y endentados, esto, es, con las partes salientes de una célula encajadas en sendos senos de la célula vecina, perfectamente compenetradas. Las células epidérmicas, vistas en sección longitudinal, es decir, perpendicularmente a la superficie externa de las mismas, tienen poco espesor, de lo cual deducimos que su figura es, realmente, la de una baldosilla de bordes casi siempre ondulados. Las membranas externas de las células epidérmicas están más o menos engrosadas, según que se trate de plantas que han de resistir grandes sequías o de las que medran en climas húmedos. Pero, salvo en las raíces, la epidermis está siempre protegida por una capa ininterrumpida de *cutina*, una substancia muy poco permeable al agua y a los gases. Esta capa, no celular, sino anhistica, de la indicada materia, se llama *cutícula*. No raramente, sobre la cutícula se forma todavía un depósito céreo, que escupe el agua cuando cae sobre las hojas o los tallos de las plantas así enceradas, el cual depósito refuerza aún más el hermetismo logrado por la epidermis y la cutícula. El color glauco de las hojas de la col común lo produce una tenue cubierta cérea como la indicada, que se quita fácilmente con sólo pasar los dedos por encima de la hoja.

Un revestimiento tan bien logrado tendría un inconveniente capital para la vida de la planta si no fuera por ciertos dispositivos epidérmicos que lo soslayan de manera maravillosa. El inconveniente es éste: que la planta, a fuerza

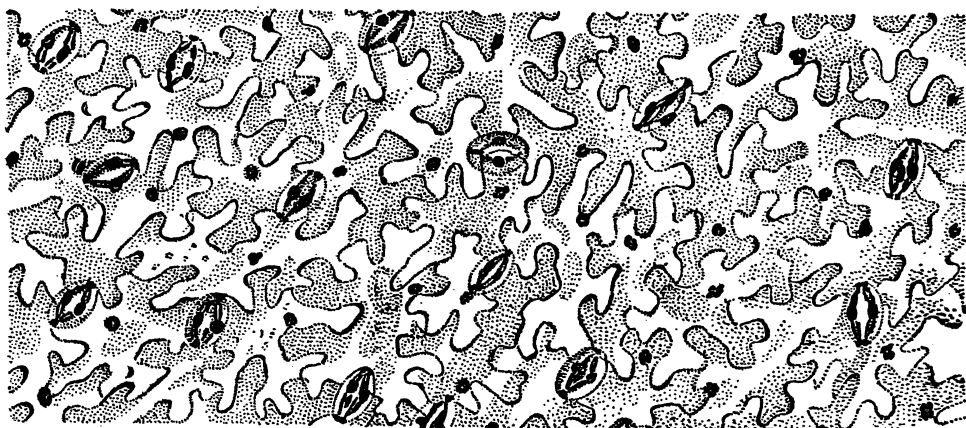


FIG. 3.—Células epidérmicas, de contorno muy sinuoso, de una hoja de valeriana, con numerosos estomas. Aum. unas 175 veces. (Diseño tomado de una fotomicrografía de Poilpot.)

de protegerse contra la pérdida de agua, impermeabiliza de tal manera las superficies externas de la misma que moriría por falta de aire en su interior sin la maravilla del indicado recurso. En efecto, la planta no sucumbe por falta de aire, o, más concretamente, de anhídrido carbónico, que penetre en ella con el aire, porque la epidermis está perforada, pero no con simples orificios, sino con aberturas que aquélla puede abrir y cerrar según sus necesidades, de manera rápida y eficaz, regulando la entrada y salida del aire. Tales aberturas, que simulan microscópicas boquitas, cada una con sus dos labios, se llaman *estomas*. Y los estomas se abren cuando la planta no ha de temer pérdidas nocivas de agua; y se cierran en caso contrario.

Los estomas no son, pues, simples fisuras epidérmicas, sino complicados aparatos de regulación automática, constituidos esencialmente por dos células reniformes o semilunares acopladas, con sus partes cóncavas enfrentadas, las llamadas *células oclusivas*, las cuales pueden dejar entre ambas una diminuta hendidura abierta, el *ostíolo*, o cerrarla por completo.

Las células oclusivas del ostíolo actúan según la tensión interna de las mismas. Cuando están turgentes, dejan abierto el ostíolo; si se ponen flácidas, lo cierran. Cuando está abierto, el ostíolo pone en comunicación el exterior de la planta con la llamada *cámara substomática*, y ésta comunica a su vez con los espacios intercelulares de la planta.

Los estomas se hallan de preferencia en las hojas, y, sobre todo, en la cara inferior de las mismas.

TRICOMAS.—Del grigo *thrix*, en genitivo *trichos*, pelo, se ha formado *trichoma*, que es la cabellera o un conjunto de pelos. En Botánica, con la palabra *tricoma* nos referimos no sólo a los pelos, sino a otras producciones epidérmicas

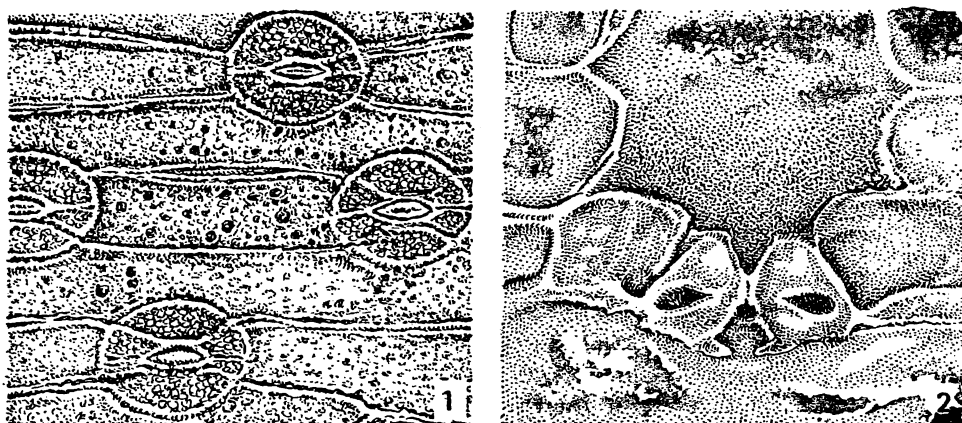


FIG. 4.—1, grupo de estomas de una hoja con el ostiolo o abertura estomática muy manifiesto. 2, sección longitudinal de un estoma de la cara inferior de una hoja, con la llamada cámara respiratoria dentro de ella. Muy aum. (De Francé.)

de forma diversa, unicelulares o pluricelulares. Así considerados, los tricomas constituyen a menudo otro refuerzo protector de la planta, ya que recubriendo la epidermis de una capa de pelos o escamas más o menos densa, la defienden todavía más contra las pérdidas de agua o contra una insolación excesiva.

Los tricomas se originan en la epidermis y a partir de sus propias células. Los más simples se componen de una sola célula, a veces relativamente corta, y en este caso se llaman *papilas*. Otras veces son pluricelulares, con las células puestas en fila, simples o ramificados. Hay tricomas escuamiformes, si constituyen laminillas pluricelulares, a modo de pequeñas escamas.

Todos los órganos de la planta pueden tener pelos; pero los pelos de la raíz desempeñan una función especial, confiada a ellos: la de absorber el agua del suelo. Se localizan en el extremo de la raíz joven y tienen escasa duración.

La longitud, grosor y rigidez de los pelos varían mucho. Cuando son muy tiesos, ásperos al tacto, la planta se dice *hispida*; pero en otros casos son tan suaves como la seda, y la planta se califica de *sericea*. También hay pelos que rematan en una glandulita llena de aceite o de esencia, y se llaman *pelos glandulíferos*. En fin, otros, también muy rígidos y agudos, punzantes y frágiles, como los de las ortigas, se llaman *pelos urticantes*, porque si se clavan en la piel del hombre, al tocar las plantas al descuido, causan en ella una gran irritación. Ocurre así porque, quebrándose la punta del pelo, su contenido penetra en la piel, como el de una jeringuilla de inyecciones hipodérmicas, y es muy irritante.

ESTEREOMA. — Recibe el nombre de *estereoma* el conjunto de todos los tejidos que sirven para consolidar la planta. La tiesura de un tallo empinado es consecuencia de un buen sistema estereomático. En el reino vegetal, con cé-

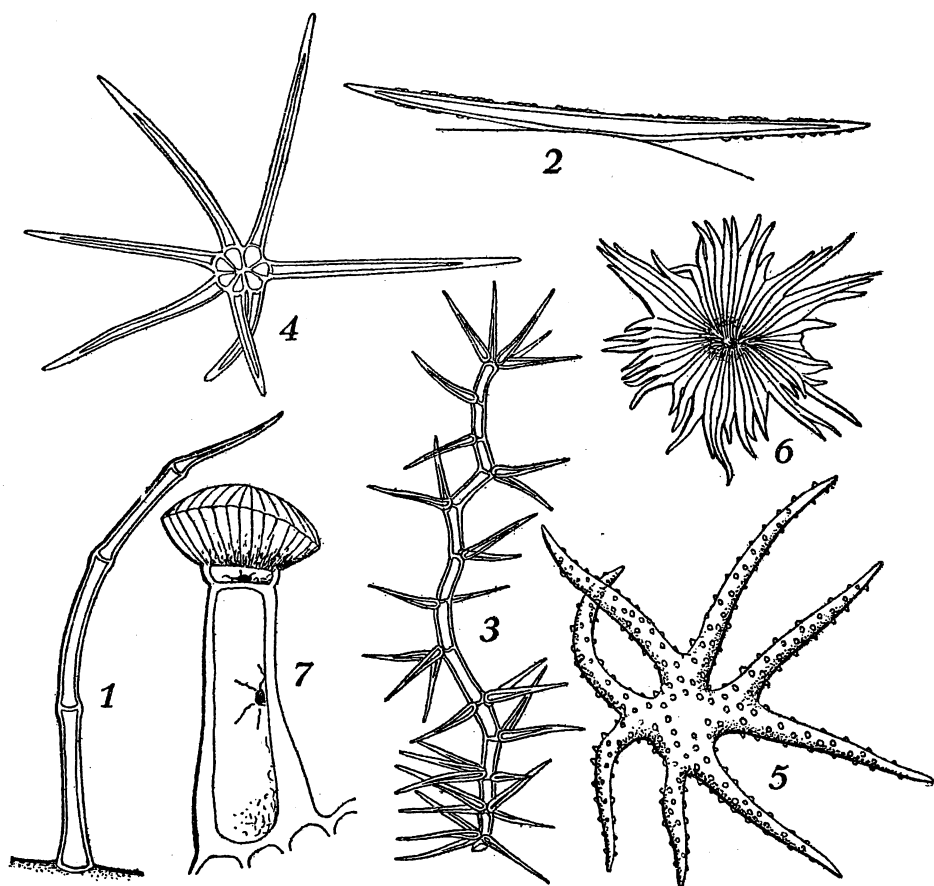


FIG. 5.—Pelos de las plantas: 1, de *Sideritis hirsuta*, simple y pluricelular; 2, pelo simple, navicular, de *Alyssum maritimum*; 3, pelo ramificado, de *Verbascum*; 4, pelo estrellado de *Althaea rosea*; 5, pelo estrellado de *Alyssum alyssoides*; 6, pelo escumiforme de *Elaeagnus angustifolia*; 7, pelo glandulífero de *Verbascum blattaria*. Todos aum. (El n.º 1, de Murbeck; los restantes diseños, de Font Quer.)

lulas bien diferenciadas, el estereoma viene a representar lo mismo que el esqueleto en los vertebrados. Comprende diversas clases de tejidos, todos ellos de función mecánica.

El llamado *esclerenquima*, una especie de parénquima esclerótico o endurecido, se compone de células con la membrana engrosada uniformemente y lignificada. Es un buen sostén de los órganos vegetales en estado de completo desarrollo. Puede estar compuesto de células no más largas o poco más largas que anchas, las *células esclerenquimáticas*; o de células alargadas y fusiformes, las *fibras esclerenquimáticas*. Cuando alcanza plena eficacia, esto es, después de terminado el engrosamiento de sus membranas, tanto las células como las fibras han perdido su vitalidad: son células muertas. Los prolongados filamentos de los tallos del lino y del ramio no son otra cosa sino fibras esclerenqui-

máticas, a veces muy largas, que utiliza la industria después de separarlas de los tejidos vegetales circundantes.

El *colénquima* se diferencia del esclerénquima porque el engrosamiento de las paredes celulares no se hace uniformemente: hay porciones de la membrana que no engruesan o engruesan sólo ligeramente. En cambio, en otros puntos de la misma, generalmente en las partes angulares inmediatas a la arista, lo hacen de manera notable. Las porciones delgadas de la célula o de la fibra colenquimática permiten cierto comercio de jugos con el exterior de la célula, que no queda cerrada del todo como en el esclerénquima. Por consiguiente esas células continúan viviendo y se conservan blandas, de consistencia herbácea, porque las membranas no se lignifican. El colénquima es más propio de las hierbas que requieren por su desarrollo este tipo de refuerzo; así, los tallos tetragonales de las labiadas herbáceas suelen tener un filete de colénquima en sus cuatro cantos.

A veces, se dan células aisladas o grupos de células también con las membranas engrosadas y lignificadas, capaces de dar solidez a los tejidos, en ciertos casos muy considerable, por ejemplo, las llamadas *células pétreas* de la cáscara de nuez y de los huesos de las aceitunas, cerezas, melocotones y otras drupas.

Esa es una solidez inflexible, de gran dureza. En cambio, las fibras esclerenquimáticas, al propio tiempo que comunican a los tallos cierto grado de resistencia, les confieren la flexibilidad necesaria para curvarse y recobrar después su posición normal, por ejemplo, cuando son azotados por fuertes vendavales.

TEJIDOS CONDUCTORES. — Ya hemos dicho que a través de las simples células parenquimáticas puede pasar el agua captada en el suelo por las raíces o la savia ya elaborada; pero muy poco a poco, con lentitud que puede no ser la requerida por las necesidades vitales de la planta. Sin embargo, este inconveniente queda obviado por medio de los *tejidos conductores*, aptos para socorrer con sus aportaciones hídricas toda suerte de requerimientos orgánicos de este tipo. En este caso, la estricta especialización de los tejidos, como conductores de líquidos acuosos, se manifiesta de manera notable en su estructura. Naturalmente, tratándose de plantas terrícolas, emergidas, ante las cuales el problema de los suministros hídricos puede presentarse con caracteres apremiantes.

En efecto, los tejidos conductores se componen de prolongados tubos en los cuales el agua ascendente y la savia descendente van rigurosamente encañadas. La dirección según la cual circula el agua viene a coincidir con la de los tubos que la llevan.

El agua, y las sustancias disueltas en ella que, absorbida por la raíz, ha de llegar hasta las ramas y las hojas, sube por los llamados *vasos*, que son células alargadas, puestas en fila unas a continuación de otras. Su vida es efímera; poco después de formadas engruesan sus membranas y acaban muriendo sus respectivos protoplastos. Al principio, tales células estaban separadas por tabiques más o menos oblicuos con respecto al eje de las células; pero los tabiques transversales, abriéndose en su parte central, forman un poro por el que pasan los líquidos acuosos que se remontan a partir de la raíz hacia la sumidad de la planta. Las paredes de las células tubulares, que constituyen así los vasos continuos, se presentan engrosadas de manera diversa, ora formando filetes transversales de forma anular, ora una línea helicoidal en relieve, ora un retículo en resalto, etc., engrosamientos que dan mucha resistencia a los vasos. Ello resulta de gran provecho a la planta, cuando, en plena vegetación, el agua es abundante y el vegetal la absorbe copiosamente para mantener el equilibrio hídrico, que podría peligrar ante una transpiración desmedidamente intensa.

Las paredes laterales de los vasos están también perforadas; pero los poros son muy pequeños, punteaduras areoladas a través de las cuales el vaso puede ceder agua a las células vecinas o tomarla de ellas, a tenor de las diferencias de presión que llegan a establecerse entre el vaso y los tejidos circundantes. A veces, esas punteaduras tienen forma muy alargada, y, superponiéndose en las paredes del vaso, aparecen colocadas unas sobre otras en los elementos llamados por tal motivo vasos *escalariformes*.

Hay otros vasos en los cuales los tabiques transversales, más o menos oblicuos, no desaparecen nunca; la comunicación se establece a lo largo de los vasos y de una célula a otra únicamente a través de punteaduras de las cuales están provistos los tabiques. Estos elementos reciben el nombre de *traqueidas*, que en toda suerte de pinos, abetos, cedros y demás gimnospermas substituyen a los vasos propiamente dichos, llamados también *tráqueas*.

Existe, finalmente, otro tipo de elementos conductores especializados, tubos constituidos por células alargadas, con membranas exactamente transversales o más o menos oblicuas, y tanto en uno como en otro caso con poros abiertos; a diferencia de las tráqueas y traqueidas, esas células prolongadas tienen vida, y, a través de los indicados poros, dejan fluir la savia elaborada, que desde las hojas desciende por el tallo hasta llegar a la raíz. A causa de las membranas transversales agujereadas como cribas, los tales elementos conductores se llaman *tubos cribosos*. Las membranas laterales de estos tubos se lignifican raramente; son membranas celulósicas, cual corresponde a unos elementos celulares vivos, tensos por su propia turgencia vital. Generalmente, los tubos cribosos se renuevan en cada período vegetativo.

Tanto los vasos como los tubos cribosos suelen formar manojos de elementos conductores, es decir, *hacecillos vasculares* y *hacecillos cribosos*. En las plantas jóvenes, se forman a menudo hacecillos mixtos, constituidos, en parte, por tráqueas, y, en parte, por tubos cribosos.

La circulación de los líquidos nutricios se realiza por medio de los dos tipos de elementos conductores: por una rama ascendente que trae savia bruta, esto es, el agua con las sustancias minerales del suelo, la cual sube por los vasos; y por otra rama descendente, de savia elaborada, con materiales orgánicos, que baja por los tubos cribosos desde lo alto de las ramas hasta el extremo de la raíz.

ELEMENTOS Y TEJIDOS SECRETORES. — Los *elementos secretores* pueden hallarse aislados o reunidos de manera diversa, a veces formando tubos de considerable longitud, ora procedentes de una sola célula embrionaria desarrollada longitudinalmente al crecer la planta, ora producidos por células distintas en su origen, pero unidas después entre sí, unas a continuación de otras, previa la disolución de las membranas separatorias. En unas y otras células, tanto en las aisladas como en las confluentes, lo mismo en las redondeadas que en las alargadas, se depositan diversas materias producidas por el propio vegetal, como consecuencia de las acciones y reacciones químicas de sus protoplastos, esto es, como resultado de su metabolismo. Entre tales materias se cuentan los mucilagos y las gomas; los aceites esenciales, las resinas y gomorresinas; los alcaloides; los taninos; los cristales de oxalato cálcico; etc. En las células secretoras tubulares de muchas plantas, principalmente de las lechetreznas, se encuentra una materia flúida de aspecto lechoso, el llamado *látex*, del cual se saca caucho; son los tubos *laticíferos*.

ELEMENTOS Y TEJIDOS GLANDULARES. — Así como los productos de los elementos secretores quedan dentro de las células respectivas, existen otras células que segregan diversas sustancias, esto es, que les dan salida al exterior; debe entenderse al exterior de la célula, unas veces también al exterior de la planta, y otras veces dentro de ella, en los espacios intercelulares. Tratándose de elementos secretores, aquellos en los cuales se depositan los indicados productos del metabolismo suelen tener vida muy precaria y aun a menudo han muerto ya; en cambio, las células glandulares son células vivas, que expelen productos de desecho.

Esta clase de células constituye con frecuencia *tejidos glandulares*, que suelen ser epidérmicos, y se llaman *epitelios glandulares*. En otros casos, son las

propias células epidérmicas las que producen pelos glandulíferos de diversa forma, sésiles o sostenidos por un pedículo más o menos prolongado. Hay también células glandulares en el seno de la planta, o tejidos de la misma naturaleza rodeados de otros tejidos dentro de aquélla, las cuales células vierten sus excreciones en recipientes de forma y origen diversos. Las materias producidas son de muy diversa condición. Cuando se mira a contraluz una hoja de ruda o de hipericón, los numerosos puntitos claros que se descubren en ella corresponden a otros tantos recipientes llenos de aceites esenciales producidos por la actividad de células glandulares.