

# ESTUDIO MICROGRÁFICO

DEL

# TALLO DEL PINSAPO

(ABIES PINSAPO, BOISS.)

POR

DON JOAQUIN MARÍA DE CASTELLARNAU Y DE LLEOPART.

---

(Sesion del 3 de Noviembre de 1880.)

---

Mi primera idea, al empezar el estudio microscópico del pinsapo, fué hacer un trabajo bien diferente del que hoy me cabe la honra de presentar á esta distinguida Sociedad. Es indudable que el conocimiento micrográfico de las maderas tendria gran utilidad práctica; y, no obstante, su estudio está tan completamente descuidado, que, si algo se ha hecho, ha sido únicamente bajo el punto de vista histológico y puramente científico, dejando á un lado la parte práctica y de aplicacion. Considerando esto, me propuse escribir una descripcion micrográfica de todas las maderas españolas que se emplean en la industria, con el fin de trazar su característica, y formar una clave analítica, fundada en verdaderos caracteres, por medio de la cual se pudiese llegar fácilmente, y con seguridad, á la determinacion de las especies. Creo que semejante trabajo podría ser de alguna utilidad; pues aunque la obra de Nørdlinger es muy conocida, y se propone el mismo fin, los que la han manejado saben bien que los caracteres de su *Clave analítica*, y de las hojas que acompañan á cada corte son, en la mayoría de casos, vagos é indeterminados; no permitiendo, las más de las veces, pasar de los grandes grupos, y de ninguna manera llegar á las especies. Depende esto de que su autor no se sirve de más caracteres que de aquellos que se

pueden apreciar á la simple vista ó, á lo más, con el auxilio de una lente, huyendo por completo de los microscópicos, que son en este caso los únicos seguros y verdaderamente determinantes.

No obstante lo que acabo de decir, conozco la utilidad de la obra de Nærdlinger, y recomiendo su adquisicion á todos los que quieran dedicarse al estudio de las maderas. Sus cortes—si no muy delgados—son grandes y bien hechos; y aunque tal como están dispuestos no se prestan á la observacion microscópica, es fácil montarlos en la glicerina gelatinizada, ó en el bálsamo de Canadá, y tener, á poca costa, una coleccion de preparaciones en donde comenzar á estudiar.

Provisto de los aparatos necesarios para hacer los cortes, prepararlos, etc., etc., empecé reuniendo materiales para la obra que trataba de emprender, pero bien pronto comprendí que era superior á mis fuerzas; pues además de condiciones personales, de que carezco, se necesitaba, para llevarla á cabo, formar una completa coleccion de preparaciones, rica en ejemplares procedentes de localidades distintas, y mucho tiempo y tranquilidad para estudiarlas. Ante estas dificultades, casi insuperables para mí, que sólo en los ratos libres de mis habituales ocupaciones puedo dedicarme á la micrografia, si no he abandonado por completo mi primera idea, por lo ménos la he aplazado; y fijándome entre tanto en el pinsapo, por ser una de las especies arbóreas exclusivamente españolas (1), me he dedicado á estudiar la parte microscópica de la morfología de su tallo.

Convencido de que para llegar al completo conocimiento morfológico de un vegetal, ó de parte del mismo, no basta concretarse á su estudio anatómico, sino que es preciso seguir su génesis, y con ella la marcha evolutiva de los sistemas de tejidos que le componen, pues concretándose á la forma estable, pasan desapercibidos multitud de hechos importantes, y no es posible darse cuenta de las formas y disposiciones de elemen-

---

(1) El pinsapo forma algunos montes en la Serranía de Ronda, entre 1.000 y 1.800 metros de altitud. En la provincia de Constantina (Argelia francesa) se encuentra la variedad *Baborensis*. Es uno de los árboles de adorno más bellos; y su cultivo se encuentra extendido á la mayor parte de jardines y parques de Europa. Véase *El Adios Pinsapo*, por D. Máximo Laguna. *Revista de Montes*, 15 de Setiembre de 1880.

tos que tienen su origen y razon de ser en el estado formativo, no he querido limitarme á la descripcion microscópica del tallo en su estado de completo desarrollo, sino que he tratado, en cuanto me ha sido posible, seguir paso á paso su evolucion, partiendo de la yema. Bien hubiera querido, á la vez, estudiar paralelamente su desarrollo en el embrión, pero la falta de semillas y de plantas jóvenes me ha impedido hacerlo.

Nada diré de las dificultades que he encontrado al hacer este trabajo. En él he utilizado casi exclusivamente mis propias fuerzas, bien cortas por cierto; y todas las preparaciones, lo mismo que los dibujos, los he hecho por mi mano. En la interpretacion de lo que el microscopio me revelaba, he procurado ver bien; y aunque para ello no he economizado ni tiempo ni paciencia, no sé si siempre lo habré conseguido.

Antes de entrar de lleno en la parte morfológica, tal vez no estarán de más algunas indicaciones sobre el microscopio y procedimientos de que me he valido para hacer y estudiar las preparaciones, pues, por desgracia, la microscopía es muy poco conocida entre nosotros; y así tal vez ahorre tiempo y trabajo al que, poco versado en esta clase de estudios, no se contente con ver las láminas, sino que quiera por sí mismo observar los objetos naturales.

Yo me sirvo, hace ya algun tiempo, de un microscopio Nachet *gran modelo*, provisto de un aparato binocular, y de la serie de oculares del 1 al 4, y el micrométrico; y de la de objetivos, desde el núm. 0, de 2 pulgadas, al núm. 10, de  $\frac{1}{30}$  de pulgada, de correccion é inmersión. Así constituido, le encuentro muy á propósito para todos los estudios botánicos y zoológicos, de cualquier índole que sean; pero, preciso es confesar, que en la mayoría de los casos no hace falta una forma tan completa, pues la mayor parte de observaciones puede muy bien hacerse con una serie de buenos objetivos secos de 2, 1,  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{1}{4}$  ó  $\frac{1}{6}$  de pulgada. El tubo monocular del microscopio está dispuesto de modo que, quitando la pieza terminal, pueden atornillarse en él los objetivos de los principales autores ingleses, como los de Ross, Swift, Beck, etc., etc.; y de esta manera poderse servir de ellos, sin más coste que el de su adquisicion. En este trabajo he empleado también los objetivos Swift, de  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{10}$  de pulgada.

Los microtomos que he usado son los de Nachet, Bourgogne, Hayem y el que J. Swift, de Lóndres, da con su *necessary* de hacer preparaciones. Conozco tambien el de Ross; y entre todos doy la preferencia al de Bourgogne, dispuesto para hacer cortes de un céntimo de milímetro de espesor; y que, hasta ahora, no he visto descrito en ningun tratado de micrografía. Las navajas deben ser de primera calidad, y perfectamente afiladas. Es lo primero que debe aprender el que quiera dedicarse á hacer preparaciones microscópicas; pues sólo el que sabe apreciar las ventajas de un buen filo, es posible que emplee todo el tiempo y cuidado necesario para obtenerle. Por lo general los microtomos van acompañados de navajas — el de Nachet tiene cuchilla—arregladas para cortar sustancias blandas. Su hoja es ancha, con una cara plana y otra vaciada, el filo curvo, de ángulo sumamente agudo, y el lomo estrecho. Para dar cortes en madera y demás cuerpos duros, es preciso otra forma: se necesita que la hoja tenga muy buen temple, sin vaciar, no muy ancha, el lomo alto y el filo recto, pues de otra manera no es posible apoyarla en la platina del microtomo con cierta inclinacion, variable segun la dureza de la sustancia. Estos detalles, que podrán parecer supérfluos, son muy importantes; y sin temor de equivocarme creo poder decir, que la bondad de las preparaciones depende más bien del empleo de una buena navaja, convenientemente afilada, que de la perfeccion del microtomo.

No es necesario que los cortes sean extremadamente delgados. Por lo regular bastará que tengan de 2 á 5 céntimos de milímetro de espesor, lo que se logra fácilmente con un poco de práctica y habilidad.

El cloro-yoduro de zinc, la disolucion de yodo, el ácido sulfúrico, y la potasa, son los reactivos que comunmente he empleado, preparados segun las fórmulas de Schacht y Van Heurck. Respecto á los dos primeros, suele leerse en los tratados de microscopía que su accion es análoga; pero yo aconsejaria que siempre se empleasen ámbos, pues sus efectos difieren mucho algunas veces, como se verá en el curso de este estudio. La concentracion del ácido sulfúrico influye notablemente en el resultado de la reaccion, y debe ésta cambiar segun la sustancia que se examina. Para obtener el máximum de efecto, arreglo la concentracion del ácido para cada caso

particular; y si bien se gasta de esta manera algun tiempo más, los resultados que se obtienen le indemnizan por completo. Para examinar algunos tejidos delicados he empleado la potasa, segun el procedimiento de Hanstein, y el cloruro cálcico, segun el de Mr. Treub, descritos por Flahault en su estudio sobre el crecimiento terminal de la raíz (1); pero he obtenido mejores resultados con las sustancias colorantes. De éstas me he servido, en primer lugar, del picro-carminato de amonio, preparado segun la fórmula de Mr. Ranvier, y cuyo uso no puedo ménos de recomendar eficazmente, ya que, tratándose de anatomía vegetal, no hablan de él Schacht, Chevalier, Van Heurck, Robin, etc., etc. Tiñe de amarillo las partes lignificadas y cuticularizadas, de color escarlata las sustancias protoplásmicas, y de carmin las celdillas de formacion reciente. Mezclado con la glicerina constituye un buen líquido conservador; y, desde hace algun tiempo, me sirvo de él, sobre todo para preparar los cortes transversales de las ramillas. El rojo de anilina, preparado segun la fórmula de Frey, me ha dado tambien muy buen resultado, sobre todo para distinguir las partes lignificadas y cuticularizadas, siendo para éstas muy buen reactivo. Finalmente, he usado tambien, como sustancia colorante, el índigo, que hace muy evidente el núcleo y muy delgadas las paredes de las celdillas.

Para conservar la corteza y partes verdes, siempre que sólo se quieran estudiar las celdillas, y no importe la destruccion de la clorofila, no encuentro nada mejor que la glicerina, y la prefiero al cloruro de calcio. Para preparar los cortes de madera la empleo gelatinizada, pues si bien no da tanta transparencia como el bálsamo de Canadá, su uso es mucho más cómodo. He ensayado con el mismo objeto la colofonia de éste, disuelta en cloroformo, y no me ha dado el resultado que esperaba, pues las preparaciones han quedado un poco borrosas, y de aspecto ligeramente lechoso.

En el estudio del floema, celdillas cristalíferas, puntuaciones aureoladas, etc., etc., me ha sido de gran utilidad el empleo de la luz polarizada, á cuyo efecto mi microscopio está provisto de un polarizador y de un analizador, formados por dos prismas de Nicol.

---

(1) *Ann. des Scien. nat.*, Tomo VI.

## MERISTEMA PRIMITIVO Y SUS DERIVADOS.

El meristema que ocupa el vértice de la yema es continuación del que forma el cono vegetativo del embrión; y aunque derivado de éste, y por lo tanto secundario, se le da el nombre de primitivo. De él nacen directamente dos de los tres únicos tipos de miembros aéreos que la morfología vegetal admite: el cauloma y el filoma. El tipo tricoma debe más bien considerarse como una dependencia de la epidérmis y, por consiguiente, como producto mediato del meristema primitivo. Todos los órganos vegetales derivan de estos tres miembros y de la raíz, y de aquí la gran importancia de su estudio.

Una yema, en su estado joven, no es más que una agrupación de meristema dispuesto á diferenciarse, y á producir los miembros filoma y cauloma, que se convertirán luego en hojas, flores, tallos, etc., etc. En su estado más rudimentario la forma por completo el meristema; pero bien pronto se reduce á su parte apical, y entónces se efectúan en su tejido varias diferenciaciones, que constituyen otros tantos meristemas, siguiendo cada uno de ellos una evolución propia. Según Hanstein estas diferenciaciones del meristema primitivo son: la capa dermatógena, el periblema y el pleroma, división que no todos los botánicos han acogido con igual favor; y que, tal vez en muchos casos, no resistiría una crítica severa y apoyada en los hechos. La capa dermatógena es la productora de la epidérmis, el periblema da origen al tejido fundamental cortical, y el pleroma á los tejidos fundamental medular y vascular. Respecto á este último luego haré algunas observaciones; pues creo haber visto que, en el pinsapo, el tejido fundamental medular, y el procambium, del que procede el vascular, tienen su origen directa é independientemente del meristema primitivo, y, por lo tanto, la existencia del pleroma es dudosa.

A medida que el desarrollo de la yema avanza, el meristema primitivo se reduce á su vértice, y forma un casquete conocido con el nombre de vértice vegetativo, compuesto de un grupo de celdillas apicales, representación pluricelular de la celdilla

terminal de las criptógamas. Su tejido parenquimatoso tiene poca trabazon entre sus elementos. Son éstas, celdillas equiáxicas, de 10 á 15 milésimas de milímetro, débilmente poliédricas, de paredes sumamente delgadas y transparentes, llenas por completo de protoplasma, y con un núcleo esférico y grande, que ocupa casi toda su cavidad. El picro-carminato amónico las tiñe de un hermoso color escarlata; y vistas con un objetivo algo fuerte, presentan un aspecto que recuerda los gajos del fruto del granado. En el corte axial, y separándose un poco del vértice, se nota que la capa exterior de celdillas tiende á formar membrana (capa dermatógena), disposicion que se acentúa más alejándose de aquel punto, y sin que para ello intervenga el tejido subyacente. Sus celdillas toman una forma ligeramente cúbica, con dos de sus caras paralelas á la superficie, y perpendiculares á ella las cuatro restantes; pero lo que más las caracteriza es su modo de division, que se efectúa colocándose los nuevos núcleos sólo en dos direcciones. Esta capa celular se extiende por los rudimentos foliares, y se continúa en las escamas protectoras de la yema; pero al llegar á ellas deja de poseer las propiedades de meristema, y sufre sólo ulteriores modificaciones, debidas al desarrollo de las paredes celulares, y á su cambio de forma y constitucion.

Mr. Guillaud, en un reciente estudio sobre el tallo de las monocotiledóneas, hace notar que la capa dermatógena da origen directamente á la epidérmis de las hojas; pero sólo de un modo mediato, y pasando ántes por éstas, produce la del tallo. Lo mismo acontece en el pinsapo, y se comprende á primera vista que así sea, teniendo en cuenta que, tanto en la dermatógena como en la epidérmis, las nuevas paredes de division de las celdillas son perpendiculares á la superficie; que en la yema los rudimentos foliares se tocan, no dejando ningun espacio entre sí, y que, al principio, su desarrollo supera al del tallo.

Del vértice vegetativo, y como á continuacion del meristema, se extiende por debajo de la capa dermatógena otra que envuelve todo el cono de la yema, y que corresponde al periblema de Hanstein. Su constitucion es la misma que la del meristema de que procede; y áun creo que se la deberia considerar, más bien que como producto secundario de éste, como el mismo meristema, de formacion anterior al que ocupa

el vértice. Y, efectivamente, sin violencia se puede concebir que el periblema no es más que el mismo meristema que ha ido quedándose á los costados del cono vegetativo sin diferenciarse, si se tiene en cuenta que éste es al principio poco prominente, y que luégo, merced á la gran actividad de division de las celdillas apicales, se va alargando y toma la forma cónico-ogival, conservando la misma base. Sus celdillas, ménos regulares que las apicales, de las mismas dimensiones, y llenas por completo de sustancias protoplásmicas, se tiñen lo mismo de un hermoso color escarlata con el picro-carminato; y así como en aquellas la tendencia es á ser isodiametrales, en éstas parece predominar la de alargarse paralelamente á la superficie del cono. El núcleo es difícil de distinguir en las celdillas del periblema, y algunas veces parece que falta, pues es tan grande, que casi llena toda su cavidad; y es fácil confundirle con la masa protoplásmica si no se emplean las sustancias colorantes.

Los rudimentos foliares están formados por un tejido meristemiforme, completamente igual á la capa subyacente de periblema, pues ni en su estructura se nota diferencia alguna, ni los reactivos la acusan.

Siguiendo la distincion de Mr. Hanstein viene ahora el pleroma, origen del tejido medular y de los haces vasculares. Por mi parte dudo de su existencia en la yema del pinsapo, como ántes ya he dicho; pues por más que he estudiado multitud de yemas, no me ha sido posible descubrirle; y siempre he visto al meristema primitivo dar origen separadamente al tejido fundamental medular, y á los haces de procambium, sin existir en ellos más lazos de union que el mismo meristema; y si bien es verdad que los dos nacen de la parte inferior del casquete de meristema primitivo, la diferenciacion se hace desde luégo, y en el seno del mismo meristema. Las celdillas más inferiores van perdiendo poco á poco la facultad de dividirse: crecen y toman la forma elipsóidea, el protoplasma deja de llenar toda su cavidad y se agrupa alrededor del núcleo, que pronto desaparece, y perdiendo las propiedades meristémicas, se convierte en tejido fundamental medular.

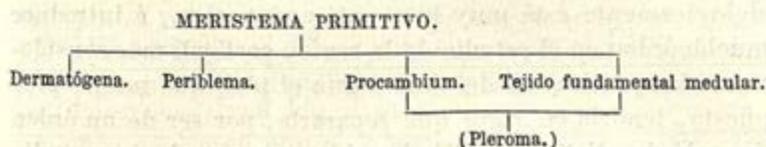
El procambium nace de la parte del meristema primitivo comprendida entre el epiblema y la que da origen al tejido medular. Los elementos que le componen son alargados, y

tienden al tipo fibroso; son ricos en protoplasma, y constituyen una capa concéntrica, colocada inmediatamente después del epiblema. A medida que ésta se aleja del vértice, su espesor aumenta; y al pasar por debajo de los rudimentos foliares, envía á cada uno de ellos un hacecillo, de constitucion igual á la suya, y que más tarde formarán los arcos foliares, de los cuales nacen los hacecillos vasculares de las hojas. Aquí haré notar que la capa de procambium es anterior á los arcos foliares, pues cerca del vértice se ve el procambium, quedando el nivel de los primeros rudimentos foliares mucho más bajo.

Los arcos foliares se forman á expensas del periblema, lo que prueba, en cierto modo, que las celdillas de los meristemas son indiferentes y dispuestas á formar cualquier sistema de tejidos; y que, por lo tanto, es tal vez ir más allá de la realidad el quererlas destinar de antemano á una diferenciacion determinada.

La estructura de la yema del pinsapo es, pues, la siguiente: el tejido fundamental medular ocupa el centro, y forma el armazon. A su alrededor, y en capas concéntricas, están: el procambium, el periblema y los rudimentos; y todo ello envuelto por la capa dermatógena. La parte superior del cono la ocupa el meristema primitivo, del cual se derivan las distintas capas que acabo de enumerar. La hilada más externa de celdillas da origen á la dermatógena; de su parte inferior nace el tejido fundamental medular y el procambium; y entre éste y la dermatógena se continúa el meristema primitivo formando el periblema y los rudimentos foliares. En la parte inferior, y por debajo del nivel del último rudimento foliar, una capa horizontal de celdillas más apretadas distingue el tejido fundamental medular, de la médula.

Segun lo que acabo de exponer, y suprimiendo los rudimentos foliares, puesto que no me he de ocupar de ellos, puede expresarse la diferenciacion del meristema primitivo de la siguiente manera:



Para examinar la estructura de la yema es preciso dar cortes

axiales y transversales sumamente delgados; y su tratamiento por el cloruro de calcio, segun el procedimiento de Mr. Treub, será casi siempre conveniente, y no excluye el empleo del picro-carminato. Con éste, toda la zona externa, compuesta del vértice vegetativo, periblema y rudimentos foliares, toma el color escarlata intenso. La parte central se colora de amarillo rojizo, que pasa por tránsitos insensibles al escarlata de la periferie, y en la cual se dibujan los haces procambiales de color carmin.

Expuesta ya, en conjunto, la primera diferenciacion del meristema primitivo, continuaré estudiando separadamente la evolucion de cada una de las partes diferenciadas.

#### SISTEMA CORTICAL.

En un corte, perpendicular al eje, dado en la extremidad de una ramilla que se está desarrollando, se ve en el centro un anillo, formado por los haces vasculares, que le divide en dos regiones. La del centro la ocupa el tejido fundamental, que más tarde será la médula; y la exterior, limitada en su periferie por la epidérmis, y formada tambien por tejido fundamental, es la que constituye la corteza primaria, que en estado de tal dura poco, pues bien pronto las diferenciaciones de su tejido la dividen en dos zonas. En la periférica se desarrolla un meristema secundario que tiene por objeto producir una capa corchosa que proteja la ramilla cuando la epidérmis falte; y la interna, que continúa formada por el tejido fundamental, constituye la zona cortical, en cuyo seno se desarrollan numerosos canales resiníferos, y otras formaciones.

J. Sachs ha sido el primero que ha distinguido con el nombre de sistema tegumentario el conjunto de esas capas protectoras, nacidas del tejido fundamental por medio de meristemas secundarios, y ha incluido tambien en él á la epidérmis. Fisiológicamente está muy bien esta agrupacion, é introduce mucho orden en el estudio de la region cortical; mas considerando la constitucion del tallo segun el plan que me he propuesto, tendria en rigor que separarla, por ser de un orden genealógico distinto; y atiéndase bien que en todo este estudio de ningun modo trato de generalizar, pues me refiero única-

mente á mis observaciones sobre el pinsapo. En efecto: sea ésta producto inmediato del meristema primitivo, ó mediato pasando por las hojas, lo cierto es que proviene de la dermatógena, mientras que las demás capas tegumentarias nacen del periblema; y que la diferenciación de aquélla se hace desde el principio, y mucho ántes que el meristema secundario se desarrolle en el tejido fundamental cortical, y dé origen á la capa corchosa. La dermatógena se convierte en epidérmis con entera independencia del tejido subyacente, tanto en su modo de formación como en la época en que ésta tiene lugar; pues entre ella y las demás capas tegumentarias no existe el menor sincronismo en su desarrollo, puesto que la epidérmis está completamente formada, cuando no se ha iniciado aún la diferenciación en la corteza primaria. Esto, que el estudio morfológico demuestra, encuentra también apoyo en el filogenético, puesto que nos enseña que en los vegetales inferiores, compuestos únicamente de una masa celular homogénea, el primer paso progresivo que se observa es la diferenciación de la capa ó capas superficiales modificando sus celdillas de modo que protejan al individuo de los agentes exteriores.

Sentado ya el origen primordial de la epidérmis con respecto á las demás capas ó zonas de la corteza, voy á ocuparme de la clasificación de éstas. No están los diversos autores conformes ni en el número, ni en los nombres con que deben designarse, introduciendo esto no poca confusión en su estudio. Richard, por ejemplo, señala cuatro: epidérmis, capa corchosa, mesodermo y capa herbácea; Sachs, seis: epidérmis, hipodérmis, capa corchosa, capa felógena, felodermo y zona de tejido fundamental cortical; incluyendo las cinco primeras en el sistema tegumentario; y Guillaud, en su *Anatomía del tallo de las monocotiledóneas*, cinco: epidérmis, hipodérmis, peridérmis, colenquima y zona cortical, de las que, las cuatro primeras, pertenecen al sistema tegumentario. Yo, en el tallo del pinsapo, encuentro cinco perfectamente caracterizadas. La primera, y más exterior, es la epidérmis, sobre cuyo origen he hecho ya algunas observaciones. Sigue luégo la capa corchosa, sin que entre ésta y la epidérmis se presente formación alguna (1), de modo

---

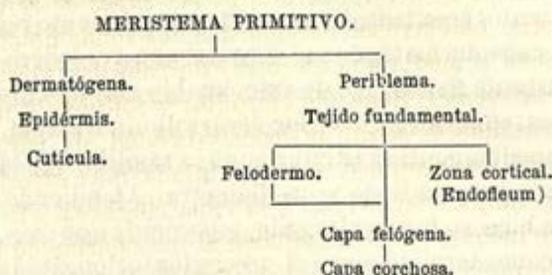
(1) No pasa lo mismo en todas las coníferas. En el pino silvestre he observado una capa hipodérmica.

que no existe ni la hipodérmis ni las *capas de refuerzo* de la epidérmis. La clasificación de estas dos zonas no ofrece duda; pero viene inmediatamente otra, de celdillas elípticas en el corte transversal, llenas de clorofila, y con más ó ménos sustancias amiláceas segun la época y la edad, de paredes gruesas, muy refringentes, y cuya hilada más exterior da por division tangencial origen á la capa corchosa. ¿Es esta zona ó, por lo ménos, puede asimilarse al mesodermo de Richard, ó al felodermo y capa felógena de Sachs? Yo creo que sí, y la daré los mismos nombres que el último de estos dos autores, si bien existen algunas diferencias que haré notar al estudiarlas por separado; pues creo esto más conveniente que introducir nombres nuevos, para los cuales no tengo ninguna autoridad.

A la region más interior, en contacto con el líber, que forma la capa herbácea de Richard, y la cubierta herbácea (en parte) de Duchartre, la llamaré zona cortical, tomando esta denominacion de Mr. Guillaud; pues me parece bastante significativo el nombre, puesto que las demás pueden agruparse con el de zona cutánea ó tegumentaria. La cubierta herbácea de Duchartre comprende, además de esta zona, el felodermo y la capa felógena.

No he indicado la equivalencia con la clasificación de Mr. Guillaud, porque la estructura del tallo de las monocotiledóneas difiere bastante; adoptando sólo la expresion de «zona cortical» porque, además de lo dicho, su situacion regional es equivalente, puesto que se encuentra entre el sistema cutáneo y la zona intermedia ó generatriz de Van Tieghem, que es en la que aparecen los primeros haces fibro-vasculares, y por consiguiente, la más interior de la region cortical, y en la que se conserva por más tiempo, y sin sufrir transformaciones, el tejido fundamental.

Segun mis observaciones sobre la génesis de estas diversas capas en el pinsapo, puede trazarse el siguiente cuadro genealógico monofilético, partiendo del meristema primitivo del vértice de vegetacion.



En este cuadro, como se trata de presentar la evolución histogénica, están comprendidos los estados formativo y durable. En él se ve claramente, como ántes he hecho observar, que la epidérmis procede directamente del meristema primitivo, mientras que las demás producciones del sistema tegumentario tienen su origen en las diferenciaciones del tejido fundamental, y meristemas secundarios que en él se desarrollan.

La epidérmis y el tejido fundamental cortical, procedentes respectivamente de la felógena y el periblema, son las primeras formaciones estables que aparecen; y por sí solas constituyen durante algún tiempo la corteza primaria. La primera de éstas no sufre más cambio que la cuticularización, y luego después se destruye. El tejido fundamental se diferencia y produce el felodermo, que á su vez desarrolla un meristema secundario, sumamente activo, destinado á engendrar la capa corchosa. El orden, pues, de aparición de los elementos estables de la corteza, es: epidérmis, felodermo, capa felógena, capa corchosa, y todo el tejido fundamental que ha quedado sin diferenciarse, y que constituye la zona cortical. Este mismo orden seguiré en su estudio.

**EPIDÉRMIS.** En la yema completamente formada, los rudimentos foliares se tocan, de modo que no existen espacios interfoliares y, por lo tanto, tampoco más capa dermatógena que la que envuelve dichos rudimentos. Al empezar aquella su desarrollo, en la primavera siguiente, las celdillas dermatógenas que ocupan las comisuras, sufren una viva división, y producen la dermatógena que cubre los espacios internodales de la ramilla. A medida que ésta crece, las celdillas se aprietan, su pared exterior se recubre de una fina capa de

cutícula, desaparece la sustancia protoplásmica y el núcleo y, por lo tanto, cesa toda división. En este momento puede decirse que la capa dermatógena se convierte en verdadera epidérmis; y el instante fisiológico de este cambio empieza desde que las celdillas, con sólo su ulterior desarrollo individual, y sin división, pueden continuar cubriendo la ramilla, á pesar de su crecimiento longitudinal y en diámetro. Atendiendo á esto, se explica bien su forma alargada, pues desde que cesa la división en la capa dermatógena, el crecimiento longitudinal supera mucho al diametral.

La epidérmis, en su estado de completo desarrollo, está formada por una sola hilada de celdillas alargadas, del tipo rectangular, más ó ménos irregulares, y dispuestas en series longitudinales. Sus dimensiones son de 10 á 15 céntimos de milímetro de largo, por 25 milésimas de ancho, y otro tanto de grueso. Las paredes radiales están ligeramente onduladas para aumentar la trabazon; y la superior, mucho más gruesa, presenta puntuaciones elipsoidales, con el eje mayor perpendicular á su longitud. Carece de estomas, *capas de refuerzo* y también de pelos, á diferencia de lo que acontece en el pinabete, que los tiene uniseriales en las ramillas jóvenes.

El papel fisiológico de la epidérmis dura poco tiempo. Se conserva como parte viva hasta que la ramilla ha adquirido su completo desarrollo longitudinal. En Agosto está ya completamente cuticularizada, y en la primavera siguiente se resquebraja y empieza á desprender, encontrándose aún algunos restos de ella en las ramillas de cuatro ó más años.

Al principio las capas cuticulares afectan sólo la pared exterior; pero desde que la ramilla ha adquirido todo su desarrollo longitudinal, empiezan á engrosar y á cuticularizarse las paredes laterales, reduciendo mucho la cavidad celular. Su forma, en un corte normal, se convierte en semicircular; por deformacion de las paredes laterales y externa; y se va poco á poco aplastando hasta que la cavidad celular queda reducida á su más mínima expresion, y desaparece en el primer reposo vegetativo. Entónces la epidérmis se halla convertida en una lámina de cutícula, de algo ménos espesor que el que tenía la epidérmis al acabar su completo desarrollo; y en este estado aún he podido observar los restos de las cavidades celulares, por medio de la disolucion del rojo de anilina, que las hace

aparecer muy alargadas y casi lineales, y tambien tratando el corte por una disolucion de potasa en caliente.

En las escamas protectoras de la yema se puede estudiar perfectamente el proceso de cuticularizacion de la epidérmis, si bien su marcha no es exactamente igual á la del tallo. Al principio están formadas por un tejido exactamente parecido al del periblema del que proceden, y recubiertas por la capa dermatógena. Ésta se diferencia de distinta manera en las dos caras de la escama. En la interior forma una hilada de celdillas grandes, irregularmente isodiametrales, poco trabadas entre sí, y que conservan mucho tiempo su contenido protoplásmico; y en la exterior constituye una capa epidérmica, cuyas celdillas engruesan mucho sus paredes laterales, de contornos sinuosos, y en las demás nacen numerosas estrías, á modo de crestas, que poco á poco van invadiendo toda la cavidad. En un estado avanzado de cuticularizacion, el corte longitudinal, visto con un objetivo fuerte, recuerda las estalactitas y estalacmitas de un conducto cavernoso.

El estudio del desarrollo de estas escamas viene en apoyo de la idea que ántes he apuntado, sobre lo aventurado que es querer destinar diversas partes de un meristema primitivo y homogéneo, á la formacion de determinados tejidos. La misma capa dermatógena, igual en un principio en las dos caras, se diferencia luégo de un modo completamente distinto.

Para estudiar la epidérmis y su conversion en cutícula, ningun reactivo puede emplearse mejor que el rojo de anilina y el picro-carminato de amonio. El primero la tiñe de carmin, y el segundo de un hermoso amarillo.

**FELODERMO.** A medida que la ramilla crece longitudinalmente, efecto de la evolucion vegetativa de la yema despues del reposo invernal, el periblema pierde enseguida sus caracteres meristemiformes, se convierte en tejido fundamental, y forma toda la region exterior al anillo vascular envuelta por la epidérmis, y que constituye la corteza primaria. Bien pronto la uniformidad de este tejido cesa; y en su zona más interior se notan varias agrupaciones de celdillas que se disponen á formar los canales resiníferos; y luégo, cuando éstos están ya formados, las hiladas más exteriores y contiguas á la epidérmis se diferencian, y dan origen al felodermo, constituido por celdillas de forma elíptica, en el corte

transversal, de paredes muy gruesas, y con el eje mayor en sentido tangencial. El número de hiladas de celdillas fundamentales que así se transforman, es de cinco ó seis á lo más; y su diferenciacion es completa mucho ántes de acabarse el desarrollo longitudinal de la ramilla. En su borde exterior aparece en seguida un meristema secundario, que por divisiones repetidas y tangenciales produce las capas corchosas. No ofrece la menor duda que este meristema corresponde á la capa felógena de Sachs, lo mismo que la zona cortical es equivalente á su tejido fundamental cortical; pero la zona cuya situacion relativa acabo de describir con el nombre de felodermo ¿es realmente el felodermo ó parénquima corchoso de Sachs? Ya he dicho ántes que mi opinion era que á tal debia asimilarse, por más que presente algunas diferencias con éste, sobre todo en su origen. Segun Sachs, el felodermo es producto de la capa felógena. Ésta le da origen en su parte interna, á la vez que por la externa produce las capas corchosas, siendo de las dos formaciones, una centrífuga, y centripeta la otra. En el pinsapo, segun mis observaciones, las cosas pasan de distinta manera. El felodermo no procede de la capa felógena, sino que, por al contrario, le es anterior, y derivado directamente del tejido fundamental. Difieren, pues, los dos felodermos en cuanto á su origen; pero como ocupan una posicion relativamente igual entre las diversas partes del sistema tegumentario, de no considerarlos equivalentes, no cabe más camino que suponer la falta, en el pinsapo, del verdadero felodermo, y que la formacion que se presenta con caracteres de tal, sea buenamente continuacion de la felógena. Entre las dos, cierto es que existe una estrecha relacion, pero no creo sea bastante para designarlas con el mismo nombre; y la relacion que yo encuentro es inversa á la que existe entre el felodermo y la felógena de Sachs; pues más bien el meristema secundario que constituye la capa felógena, tiene su origen en una transformacion de la hilada exterior del felodermo, que no éste procede de aquélla, por division repetida de sus celdillas. En anatomía vegetal no es raro que dos órganos ó tejidos sean equivalentes, y se designen con el mismo nombre, aunque su procedencia sea diversa, como sucede con la capa corchosa, por ejemplo, que alguna vez nace de una biparticion de las celdillas epidérmicas, y comunmente de la felógena.

Atendiendo, pues, á esto, y á los caractéres histológicos y de posicion, creo que se puede considerar como verdadero felodermo á la capa tegumentaria más interior.

Tampoco el mesodermo de Richard corresponde exactamente á nuestro felodermo, pues, segun dicho autor, las celdillas deben estar desprovistas de granulaciones de clorofila, cosa que no acontece en el pinsapo.

El reactivo Schultz separa perfectamente la zona cortical del felodermo; y, sobre todo, en el corte transversal de una ramilla jóven, la distincion se hace bien marcada. La coloracion de las gruesas paredes de las celdillas felodérmicas es ceniciento-tórtola, lo mismo que su contenido cuando no es amiláceo, miétras que las de la zona cortical toman un color azul-morado, y su contenido azul oscuro. Su forma no se altera, y no es fácil distinguir la membrana primaria; pero se la consigue ver fácilmente empleando la disolucion de yodo y el ácido sulfúrico. Entónces las paredes aumentan mucho en espesor, hasta el punto de ocupar toda la cavidad celular, segun la concentracion del ácido, y toman un hermoso azul-celeste, que va disminuyendo de intensidad desde su borde interno á la membrana primaria, que permanece completamente blanca. Tratando un corte delgado por una disolucion de potasa, en caliente, se consigue el mismo objeto. Las paredes se hinchan tambien, y oscurecen, permitiendo ver la membrana perfectamente; pero se aumenta mucho su visibilidad, si en seguida de tratar el corte por la potasa, se quita el exceso de ésta, y se hace obrar, en combinacion, la disolucion de yodo y el ácido sulfúrico. La membrana primaria continúa blanca, tomando las paredes de las celdillas la coloracion gris-morada.

Al verificarse la decoloracion de un corte trasversal de una ramilla jóven, teñido previamente por el reactivo Schultz, el felodermo es el primero en decolorarse. Para observarla cómodamente, procedo de la siguiente manera: colocado el corte en la lámina porta-objeto, con una gota de cloro-yoduro de zinc, y despues de pasado el tiempo necesario para que ejerza su accion, quito el exceso de reactivo por medio de un pedazo de papel de filtros, y deposito sobre él, con una varilla de cristal, una gota de glicerina; lo cubro todo con una laminilla, y, sin perder tiempo, trasporto la preparacion á la platina del microscopio. De este modo se observa muy bien la marcha de la deco-

loracion. El felodermo pasa por los colores vinoso, rosado y rosado claro; y está en este último, cuando la zona cortical permanece aún en el primero.

Al principio, la distincion entre la zona cortical y el felodermo es poco marcada, pero poco á poco va acentuándose, hasta que su límite queda perfectamente definido. Las celdillas contienen siempre gran cantidad de clorofila, y más ó ménos sustancias amiláceas, segun la edad y la época del año en que se examinan. Tratado un corte radial por la disolucion de índigo, ligeramente acidulada con ácido sulfúrico, las sustancias protoplásmicas forman un glomérulo de color azul-cobalto, que se distingue perfectamente del azul índigo que toman las paredes y contenido amiláceo de las celdillas.

**CAPA FELÓGENA.** Se desarrolla ésta, como ántes he dicho, en la superficie exterior del felodermo; y no tiene más que una sola celdilla de espesor, que por divisiones tangenciales produce la formacion corchosa. La forma general de los elementos felógenos es tabular, con el eje menor colocado en sentido radial; y las paredes que están en contacto con las celdillas del felodermo, en nada se distinguen de éstas, ni los reactivos acusan diferencia alguna.

La actividad de division de las celdillas felógenas dura todo el período vegetativo. En un corte transversal, suficientemente delgado, se puede observar perfectamente todo el proceso de la division. El núcleo se parte en dos, al mismo tiempo que aparece ligeramente indicado un tabique, en direccion tangencial, que divide la celdilla madre en dos cavidades. La más externa crece rápidamente, adquiere pronto todo su desarrollo, y pierde el núcleo y todo su contenido. Sus paredes son delgadas, suberificadas y no encierran más que aire, mientras que la celdilla interior se dispone para una nueva division.

En el pinsapo siempre he visto la capa felógena compuesta únicamente de una sola hilada de celdillas; y al observar su gran semejanza con las del felodermo, creí que éstas le servirían de reserva: esto es, que despues de cierto número de divisiones la mitad interior de la celdilla felógena se convertiría tambien en elemento corchoso, viniendo á sustituirle en su papel de celdilla madre la del felodermo que estuviere en inmediato contacto con ella. La observacion de los hechos no ha comprobado mi suposicion, sino que, al contrario, parece de-

mostrar que una misma celdilla se divide indefinidamente; y lo mismo parece desprenderse de las relaciones de posición que existen entre las celdillas del felodermo y de la felógena, pues las paredes de los elementos corchosos tienden á estar colocados en unos mismos planos, que se cruzan según ángulos rectos; y, por lo tanto, para continuar produciéndolos de la misma manera, sería preciso que igual relación existiese entre los elementos felógenos y felodérmicos; cosa que no sucede, pues en lugar de estar dispuestos en series lineales, en el sentido radial, están encontrados. La constancia en el número de hiladas de celdillas felodérmicas, no es tampoco un argumento en favor de la sustitución; no obstante, creo que para decidir si ésta tiene ó no lugar, no son bastantes las observaciones que hasta hoy he hecho, sino que es preciso continuarlas en los distintos períodos vegetativos.

**CAPA CORCHOSA.** Como ya he dicho, el producto del meristema secundario, que constituye la capa felógena, es la formación corchosa, que empieza á manifestarse en las ramillas jóvenes desde el momento en que aparece aquél. En otoño del primer año tiene, por término medio, cuatro ó cinco celdillas de espesor; y las primeramente formadas, que están en contacto con la epidérmis, se llenan de una sustancia roja oscura que, vista al través de la epidérmis, es la que produce el color que toman las ramillas en dicha época.

Las celdillas corchosas tienen las paredes muy delgadas, suberificadas, y sin que en ellas se distinga la membrana primaria. Enseguida de haber adquirido todo su desarrollo en magnitud, pierden su contenido protoplásmico y jugo celular, y se llenan de aire; desapareciendo de ellas, por lo tanto, toda actividad vital. Su forma, si se pudiesen desarrollar en libertad, sería paralelepípeda; pero como están aprisionadas por la cutícula epidérmica, preciso es que replieguen sus paredes radiales en zic-zac, y aproximen entre sí las tangenciales, para dejar espacio á las que la felógena continúa formando; y áun así, en la primavera siguiente aumentan considerablemente la presión, y rompen la cutícula. Pero como la generación de celdillas no cesa, el ensanche producido por esta rotura no basta; y además, las primeras hiladas, replegadas sobre sí mismas, forman una capa que se opone á todo aumento en diámetro, pero que al fin, efecto de la presión sobre ella ejer-

cida, se rompe también por varios sitios, y se desprende en placas en union de la cutícula.

Con periodicidad se repite el mismo fenómeno, encaminado á desembarazarse de las capas más exteriores, desde el momento que no ceden y se oponen á la nueva produccion de la felógena; y al mismo tiempo, con objeto de que las celdillas no queden al descubierto y sin proteccion, una hilada concéntrica de paredes tangenciales engruesa mucho y se cuticulariza, viniendo á representar un papel análogo al de la peridérmis en los vegetales en que ésta existe. La porcion suberosa exterior á esa lámina peridérmica se esfolia, mientras que en la interna continúa la generacion de celdillas, hasta que se produce una nueva lámina peridérmica, y así sucesivamente.

Con el cloro-yoduro de zinc, lo mismo que con la disolucion de yodo y el ácido sulfúrico, y el picro-carminato, toma la sustancia suberosa el color amarillo de oro. La potasa en caliente la disuelve; y para distinguirla de la cutícula es buen reactivo el rojo de anilina, pues apenas tiene accion sobre ella.

**ZONA CORTICAL.** Entre las capas tegumentarias y el sistema vascular está la zona cortical. Derivada directamente del periblema, constituye, al principio, toda la region cortical sub-epidérmica, y de ella nace el felodermo; de modo, que puede considerársela como la madre de todas las formaciones tegumentarias, excepto la epidérmis.

Al principio de su estado formativo está constituida únicamente por el tejido fundamental, que se diferencia, en algunos puntos, en hiladas longitudinales, y forma los canales resiníferos. Luégo, su region exterior se convierte en felodermo, y en seguida se nota que algunas de sus celdillas se transforman en largos tubos, que llamaré *celulares*. Al segundo año, han desaparecido éstos por completo, y son reemplazados por las vesículas glandulosas; y, en su estado durable, la forman dichas vesículas, el tejido parenquimatoso y los canales resiníferos.

a) *Canales resiníferos.* Para ver las primeras fases de su formacion, es preciso examinar cortes transversales, dados á poca distancia de la yema, en una ramilla que se esté desarrollando. En un círculo concéntrico al anillo vascular, y más próximo al borde interior que al exterior de la zona cortical, el picro-carminato de amonio colora de carmesí varias agru-

paciones de celdillas, distribuidas regularmente en dicho círculo, y que no son otra cosa que los rudimentos de otros canales resiníferos. Cuando éstos han adquirido algún desarrollo, en un círculo más exterior se notan otras agrupaciones de celdillas, y luégo otras; de modo que, en cierta época, hay hasta tres líneas concéntricas de canales resiníferos en formación, siendo los más antiguos y más avanzados en su evolución, los más interiores. En Agosto del primer año esta disposición desaparece, y las tres líneas vienen á formar una sola, efecto del desarrollo del tejido fundamental que, al aumentar el crecimiento en diámetro de la zona, los transporta por una especie de movimiento de deriva.

Cada agrupación sigue su desarrollo independiente de las demás, pero siempre se nota que las de un mismo círculo, por ser sincrónicas, se encuentran próximamente en el mismo grado de evolución. El color que toman con el picro-carminato indica que sus celdillas son ricas en sustancias protoplásmicas; y así ha de ser para que puedan soportar el vivo trabajo de división que en ellas se opera. Al poco tiempo, y como empujadas por una fuerza centrífuga, se separan y dejan una cavidad central, que es cilíndrica, por verificarse á la vez la diferenciación todo lo largo de la ramilla, y que constituye el canal resinífero. No tiene éste paredes propias, sino que le sirven de tales, las de las celdillas más interiores de la agrupación, que son las últimamente formadas.

Al adquirir las ramillas su desarrollo longitudinal, el diámetro de los canales resiníferos oscila entre un décimo y 25 milésimas de milímetro; y están formados por dos ó tres hiladas de celdillas. La más interna es la que produce la resina, y sus celdillas, de forma angulosa por el lado libre, hacen que parezcan los bordes del canal como dentados. Las otras dos hiladas se distinguen bien del parénquima que las rodea, por su forma, por sus paredes más gruesas y por la acción que en ellas produce el cloro-yoduro de zinc, la disolución de yodo, y el ácido sulfúrico, enteramente igual á la de las celdillas felodérmicas. La hilada interna se colora con estos dos reactivos de amarillo-pardo, lo mismo que su contenido cuando no es amiláceo.

Las celdillas que forman los canales resiníferos contienen siempre clorofila, y, según la época del período vegetativo,

pueden estar completamente llenas de almidon. Teniendo cuidado de no mojar la navaja en alcohol, como ordinariamente se hace, se ve en los cortes no muy delgados, que los canales están llenos de trementina, con gran cantidad de burbujitas de aire en disolucion.

b) *Tubos celulares*. A falta de nombre mejor, designo con éste los elementos anatómicos de que me voy á ocupar; pues, aunque es probable que hayan sido estudiados y descritos, nada sobre ellos he encontrado, ni en los tratados de Botánica más modernos, ni en los trabajos especiales de Anatomía que he podido hacer llegar á mis manos.

Son dichos elementos unos tubos cerrados por todas partes, y cuyas paredes no presentan poros, puntuaciones, ni otras señales. Su existencia es transitoria y muy limitada, pues sólo se encuentran en las ramillas de un año, desde que han adquirido su desarrollo en longitud, hasta que la accion vital se consagra á la fabricacion y almacenamiento de sustancias nutritivas, destinadas al año siguiente.

No he podido comprobar del todo, como luégo diré, si proceden de la union de varias celdillas verticales—como los vasos—ó si deben su generacion al desarrollo de una sola celdilla, provista de un crecimiento terminal muy marcado. Me inclino á creer lo último, y en este caso podrian designarse con toda propiedad, *celdillas tubulosas*; y en la duda, los llamo *tubos celulares*, queriendo expresar lo mismo, si bien no de un modo tan absoluto.

A pesar de ser los tubos celulares muy abundantes, es fácil que pasen desapercibidos; y así me ocurrió por algun tiempo, no obstante el examinar preparaciones que los contenian en gran número; hasta que sospeché su existencia, y el empleo de los reactivos me los pusieron claramente de manifiesto. En los cortes transversales, sobre todo si son muy delgados, pueden confundirse con las demás celdillas; y en los radiales, como sus paredes son tan transparentes, á la luz normal casi no se ven; y no fijándose mucho en ellas, es fácil tomar el espacio vacío que dejan, como debido á la separacion de las hileras verticales de celdillas, producida por las manipulaciones necesarias al hacer la preparacion. Los reactivos hacen desaparecer todas esas dificultades de vision, y los distinguen muy bien de los elementos que los rodean.

Las celdillas que han de formar los tubos celulares, empiezan á diferenciarse desde que la zona cortical está bien determinada, lo que acontece despues de la formacion de los canales resiníferos y de la felodérmis. En el corte transversal se observa que superan á las demás en dimensiones, pierden la clorofila, y su contorno toma una forma ligeramente poligonal.

Al principio, ofrece alguna duda si son realmente celdillas ó espacios intercelulares, y sin paredes propias; pero muy pronto se distinguen éstas claramente á la luz polarizada, y, sobre todo, empleando una lámina de selenita que dé el color rojo de primer orden. Entónces, la seccion de los tubos—en cortes de dos céntimos de milímetro de espesor—toma hermosos colores azul y amarillo, colocados en cuadrantes opuestos, y orientado el azul próximamente en la direccion de la seccion principal del nícol polarizador, cuando el eje de la placa de selenita forme con la misma  $45^\circ$ .

El azul se cambia en rojo si las secciones de los nícoles son paralelas, y entónces la selenita colora el campo de verde.

Esta accion sobre la luz polarizada, efecto de la polarizacion lamelar, indica una constitucion distinta de la que tienen las celdillas del parénquima; y los reactivos la ponen tambien en evidencia, como voy á exponer con algun detenimiento. Con la disolucion de yodo y el ácido sulfúrico, buscando para éste una concentracion conveniente, se hinchan las paredes, avanzando hácia el centro, y se coloran de azul. La cavidad tubulosa queda muy reducida (1) y de figura irregular, formando sus bordes una película arrugada y replegada sobre sí misma, de color ocre-amarillo. Esta película se desprende en algunos puntos; y empleando el ácido sulfúrico muy diluido, para que no hinche la pared celular, parece ésta de color verdoso, mezcla del azul y amarillo de sus dos capas.

El cloro-yoduro de zinc altera poco la pared de los tubos, y la colora de morado. La película interior se distingue perfectamente, porque además de arrugarse y desprenderse, toma el color morado oscuro, casi negro. Con la potasa, en caliente, se hinchan y ponen amarillas, y la película experimenta un principio de disolucion, parecido al de las celdillas suberosas.

(1) Véase la lámina XIII, fig. 10.



Si despues de obrar la potasa, se trata un corte transversal con la disolucion de yodo y el ácido sulfúrico, el color amarillo se convierte en gris morado, y sólo el centro de la pared permanece amarillento.

Parece, pues, que la pared de los tubos se compone de dos membranas de constitucion diferente, asemejándose la exterior—que es la que se hincha por la accion del yodo y el ácido sulfúrico—á las formadas por la celulosa; y la interior da con este reactivo, y con la potasa, caracteres parecidos á la cutícula y á la sustancia suberosa. En el corte vertical se observa algunas veces la pared de los tubos desgarrada, y entónces no ofrece duda alguna su constitucion, pues se ven con toda claridad, y separadas, las dos membranas.

Aunque nunca he podido observar contenido alguno en los tubos celulares, por si la película interior pudiera ser un revestimiento resinoso, he lavado perfectamente algunos cortes con éter sulfúrico y con cloroformo, y no he notado que ejercieran sobre ella la menor accion.

Los tubos celulares están distribuidos, sin orden alguno, en toda la zona cortical. Su diámetro es, por término medio, de 3 á 9 céntimos de milímetro, y su longitud alcanza algunas veces hasta 2 ó 3 milímetros. Por sus dos extremidades están cerrados y se ensanchan en forma de bolsa, ó bien disminuyen de diámetro y terminan en punta afilada. Su adherencia con el tejido parenquimatoso que los envuelve es muy débil, y sus paredes se desprenden á la menor accion, sin que nunca haya podido observar el más leve indicio de tabiques transversales más ó ménos reabsorbidos, ni nada, en su forma general, que haga sospechar puedan provenir de la union vertical de varias celdillas. Esto, unido á la manera de terminarse en sus dos extremidades, y á la poca adherencia con las celdillas del parénquima, me hace creer que proceden de una celdilla única, como ántes ya he indicado.

La duracion de los tubos es sólo de tres ó cuatro meses; pues á principios de Setiembre empiezan ya á desaparecer, y sólo por excepcion se ve alguno en la zona cortical del segundo año. En aquella época, sus paredes se desprenden poco á poco del tejido que los rodea, se desgarran, y son reabsorbidas, al mismo tiempo que una nueva produccion celular llena los espacios vacíos que ellos dejan.

c) *Vesículas glandulosas*. Entre las celdillas parenquimatosas que llenan los espacios que dejan los tubos al desaparecer, hay algunas que desde el principio se distinguen por su forma, y sobre todo por sus mayores dimensiones, y son las que dan origen á las vesículas glandulosas. Aquí, lo mismo que en los tubos celulares, me he visto obligado á darlas nombre; pues aunque supongo tambien que habrán sido estudiadas y descritas, no las he visto indicadas en la zona cortical de las coníferas; y las doy el nombre de *vesículas glandulosas*, porque realmente presentan los caracteres de las glándulas, puesto que son unas celdillas que se distinguen notablemente de las demás del tejido, sobre todo por las sustancias que contienen.

Su forma es ovóide, y su eje mayor, colocado de ordinario en sentido horizontal, tiene de 1 á 2 décimos de milímetro. Están llenas de una sustancia semilíquida, blanca á la luz reflejada, opaca, muy soluble en el agua, y que se coagula por la acción del alcohol. Examinada al microscopio con este líquido, puesto que la glicerina la disuelve tambien, aparece como una sustancia granujenta, de color pardo; y cuando la capa es muy tenue, tiene una débil acción sobre la luz polarizada, que se hace más sensible por medio de la placa de selenita.

Para observar bien la acción disolvente que tiene el agua sobre ella, basta preparar un corte con alcohol, y puesto en la platina del microscopio se hace penetrar, poco á poco, una gota de líquido entre la lámina porta-objeto y la laminilla cobertora, cosa que se consigue fácilmente por efecto de la capilaridad; y en seguida que el agua se pone en contacto con alguna vesícula abierta, se ve disolverse rápidamente su contenido, dejando sólo en el centro un pequeño residuo fibroso.

He ensayado la acción del cloro-yoduro de zinc, y del yodo y el ácido sulfúrico, y sólo he obtenido una rápida disolución, sin coloración de ninguna especie.

d) En la lámina XIV, figura 3, represento un vaso que observé en la zona cortical de una ramilla, en Setiembre de su primer año. Posteriormente no me ha sido posible volverlos á encontrar; y como no he podido estudiarlos, me limito á hacer constar su existencia.

e) *Parénquima cortical*. El tejido parenquimatoso constituye la base de la zona cortical, y en él están implantados los

canales resiníferos, los tubos celulares y las vesículas glandulosas. Se deriva directamente del tejido fundamental de la corteza primaria, y aún puede decirse que, durante la mitad del primer período de actividad vegetativa, no es otra cosa que una transformación del mismo tejido; mas luégo, desde que los tubos celulares desaparecen, empieza una producción secundaria para llenar los espacios vacíos que éstos dejan, como he indicado anteriormente. Este parénquima secundario está producido por la división de las celdillas que estaban en contacto con dichos tubos; y hasta los dos años se distinguen bien las dos formaciones.

Las celdillas procedentes del tejido fundamental son isodiametrales, y están colocadas con regularidad en series longitudinales, mientras que las de formación posterior, son cilíndricas ú ovóide alargadas, y dispuestas horizontalmente. Pasado el segundo año no se nota ya distinción alguna entre las dos formaciones, constituyendo su conjunto un tejido parenquimatoso irregular.

Por medio de la división celular sigue la zona cortical el crecimiento en diámetro de la ramilla; y la división se efectúa indistintamente en todas las celdillas, de modo que en cualquier punto hay mezcla de todas las edades, y no forman zonas según su mayor ó menor antigüedad, como sucede en la capa corchosa, floema y xilema.

El depósito principal de sustancias nutritivas, del tallo, le forma la zona cortical. Sus celdillas, siempre verdes, contienen gran cantidad de gránulos amiláceos, que desaparecen sólo en la época de mayor actividad vegetativa, cuando se verifica el crecimiento de la zona. Entónces son sustituidos por sustancias protoplásmicas.

Los gránulos amiláceos del parénquima cortical son iguales á los que he observado en las otras partes del tallo que los contienen, y son: el felodermo y la capa felógena, canales resiníferos, parénquima del floema, estereema, tejido medular, y radios medulares, tanto del floema como del xilema. Sus dimensiones son muy pequeñas: de 14 á 19 diezmilésimas de milímetro; y en una misma celdilla se ven de todos los tamaños, siempre aislados, lenticulares y con los contornos redondeados. No me ha sido posible distinguir, ni el núcleo, ni las capas concéntricas que tienen la mayor parte de fécu-

las, á pesar de haberlos examinado á la luz oblicua, y con objetivos fuertes. Tampoco he podido notar que ejercieran la menor accion sobre la luz polarizada, que tan característicos fenómenos presenta con los de otras especies.

### SISTEMA VASCULAR.

Del procambium nace todo el sistema vascular.

Al ocuparme de las primeras modificaciones que experimenta el meristema primitivo de la yema, ya he dicho que la capa de procambium está formada por la reunion de los hacecillos que parten de cada rudimento foliar, y que se extienden entre el periblema y el tejido fundamental medular, paralelamente á las generatrices del cono de vegetacion. Cada hacecillo se transforma independientemente en un haz vascular; y, por lo tanto, para estudiar el primer desarrollo del sistema, no conviene tomar toda la capa de procambium, sino que es más sencillo, y se presta mejor á la observacion, ver cómo se diferencia cada hacecillo separadamente. Para esto conviene examinar cortes sumamente delgados, dados en sentido transversal y radial, á corta distancia de la yema, y á medida que ésta se va desarrollando; y de todos los reactivos y sustancias colorantes que he ensayado, ninguno encuentro que distinga con tanta facilidad los elementos de la primera diferenciacion del procambium, como el picro-carminato de amonio, que no altera en lo más mínimo su forma. Los cortes, despues de teñidos, los preparo con glicerina, ó bien los trato, desde el principio, con una mezcla de ésta y el picro-carminato.

En un corte transversal, los hacecillos se presentan más ó ménos ovals, tocando por las extremidades de su eje mayor, que está orientado en sentido radial, con el tejido medular y el cortical. Colorados por el picro-carminato, aparecen en la extremidad medular unas cuantas celdillas amarillas, redondas, y de paredes gruesas, que son los primeros vasos espirales y punteados; y en la cortical, que ocupa casi la mitad del óvalo, representan los tubos cribosos varias filas blanco-anacaradas, con el contenido de color carmesí, y el diámetro mayor en direccion tangencial. Entre estos dos elementos, una faja ancha, de color escarlata, formada por celdillas grandes,

y no muy bien definidas, constituye el cambium del hacecillo.

Además, casi siempre se observa que atraviesa el óvalo, según su mayor diámetro, una fila de celdillas grandes, redondeadas y de color escarlata, que son el rudimento de los primeros radios medulares; y junto á los vasos espirales existe un grupo de celdillas, que no es otra cosa que el postcambium, que ha de dar origen al estereema.

Siguiendo la misma marcha que en el sistema cortical, se puede trazar el cuadro genealógico del sistema vascular, de esta manera:



El floema comprende toda la formación centrípeta proveniente del cambium, y el xilema toda la centrífuga del mismo origen; y no empleo los nombres de leño y liber á que son equivalentes, porque parece que concretan la idea á determinados elementos anatómicos: el liber, á las fibras del liber, y el leño, á las leñosas; dando la casualidad de que los dos faltan por completo en el pinsapo. Además, las expresiones xilema y floema son más generales y, por lo tanto, más propias para expresar un conjunto de tejidos, en los que entran elementos anatómicos muy diferentes, como son vasos, parénquima, etc., etc., pero que, no obstante, tienen un mismo origen, siguen la misma marcha en su desarrollo, y son las mismas sus relaciones de situación.

La posición de los haces vasculares es idéntica á la de los hacecillos procambiales. Están contenidos en planos longitudinal-radiales que pasan por las hojas; y, al salir de éstas, forman un arco, el arco foliar, cuya rama descendente atraviesa la región cortical, y se prolonga á lo largo del eje de la ramilla. De trecho en trecho se extinguen, pero como son sustituidos por otros, y su contacto es siempre lateral, cuando la ramilla ha adquirido todo su desarrollo en longitud, forman

un anillo que divide la region medular de la cortical. En esta época no se originan nuevos haces, puesto que no se desarrollan más hojas; y tanto el xilema como el floema han debido su existencia exclusivamente á una diferenciacion del procambium. De ordinario suele distinguírseles en este período con el nombre de primarios, para diferenciarlos de los formados por el anillo cambial, que resulta de la union del cambium de los haces, y que en lo sucesivo produce todo el crecimiento en diámetro.

El momento preciso en que empieza á funcionar el cambium fascicular, no debe ser el mismo para toda la ramilla; y no me ha sido posible determinar el punto en que termina la diferenciacion procambial, y empieza la formacion cambial; y si los vasos aureolados pertenecen á una ú otra, ya que no ofrece duda que los espirales son procambiales. Se necesitaria para resolver esta cuestion un conjunto de observaciones continuas y delicadas, durante el desarrollo de la yema, observaciones que no he podido efectuar.

En los hacecillos jóvenes, sobre todo en el corte transversal, se ve que su parte medular y lateral está rodeada por un grupo de celdillas distintas del tejido fundamental medular, como lo demuestran los reactivos, y las sustancias colorantes. El picro-carminato las tiñe de color de escarlata, lo que indica que contienen abundancia de protoplasma, y por lo tanto, que se encuentran en estado formativo; y unida esta circunstancia á la de aparecer despues de formado el hacecillo, ha hecho que se las denomine *postcambium*. En las monocotiledóneas se observa una formacion análoga, que es la que produce el estereema (1).

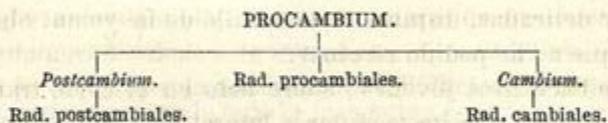
¿Este *postcambium*, proviene de una diferenciacion del tejido fundamental medular, ó del hacecillo de procambium? Mis observaciones no me han dado la luz suficiente para poder afirmar con entera seguridad ninguno de los dos extremos; si bien me inclino á creer en su origen procambial, á pesar de que no me es desconocida la opinion de Mr. Nägeli, segun la cual, alguna vez, puede provenir del tejido medular.

En los cortes transversales contíguos á la yema, miéntas

---

(1) A. Guillaud.—Anatomía del tallo de las monocotiledóneas.—*Ann. Scien. nat.* tomo v.

se está desarrollando, se ve que los hacecillos no se tocan, sino que existen entre ellos espacios rellenos por el tejido fundamental, y que ordinariamente se les supone productores de los radios medulares primarios, atribuyendo á éstos un origen medular. En el pinsapo, creo que su formacion se efectúa de un modo diferente; pues si bien es cierto que en el estado formativo existen tales espacios medulares, desaparecen pronto, porque en su lugar se desarrollan hacecillos de formacion más reciente; y entre ellos sólo queda una capa de postcambium, que proviene de la union del postcambium lateral de los hacecillos contíguos, y que es continuacion del anillo postcambial, que forma el verdadero estuche medular. Segun este modo de ver, las tres clases de radios medulares: procambiales, cambiales y postcambiales, derivan más ó ménos directamente del procambium, de esta manera:



Los radios procambiales forman parte integrante del hacecillo vascular, desde el principio de su diferenciacion; y parece que dichos hacecillos no pueden existir sin ellos, pues al constituir el arco foliar, se ven siempre divididos por un radio que sigue la direccion del eje mayor; y, al entrar en la hoja, en cada una de las dos ramas en que se separa, aparece en seguida un radio, en idénticas condiciones que en el hacecillo primitivo.

**XILEMA.** El procambium, al trasformarse en xilema, produce primero vasos espirales y punteados, despues los aureolados ó traquéidos, y al mismo tiempo los radios procambiales. El cambium, á parte de los radios, sólo reproduce la última forma vascular. El primer anillo leñoso se diferencia pues, de los demás, en que su borde interno contiene tráqueas, y en que sus radios leñosos son debidos á dos orígenes distintos: al procambium y al postcambium, como luégo se verá.

a) *Vasos espirales y punteados.* Los vasos espirales del pinsapo no ofrecen cosa particular. Ocupan la parte interna del xilema, y son el primer elemento de la diferenciacion del pro-

cambium. Su diámetro es de 12 milésimas de milímetro, y en cada 24 milésimas el espirículo, que es sencillo, da por término medio 15 vueltas, que se reducen á 13 cuando los vasos tienen un año; de modo que, como las espirales no se tocan, sino que dejan entre sí un espacio igual al espirículo, resulta para éste un espesor de 8 décimas de milésimas de milímetro.

Los vasos punteados están mezclados con los espirales, y su número es mucho menor que el de éstos. El diámetro es algo mayor—19 milésimas de milímetro,— y los puntos, colocados en series longitudinales, y con preferencia en las caras radiales, afectan la forma oval. Su eje mayor es perpendicular al del vaso, y sus dimensiones suelen variar de 96 y 48 diezmilésimas, á la mitad.

Los puntos, que no son abiertos, están formados por espacios lenticulares vacíos, que dejan entre sí dos paredes contiguas. Cuando el vaso punteado toca con uno espiral, entónces éste se convierte en espiral-punteado; y lo mismo sucede si en lugar de ser un vaso punteado, es aureolado, formándose un vaso espiral-aureolado. En ambos casos el espirículo se interrumpe, y llega sólo hasta el borde del punto ó poro aureolado.

El vaso punteado participa tambien del contacto del aureolado, convirtiéndose entónces en punteado-aureolado, si bien es más rara en el pinsapo que las combinaciones anteriores. No es así en el pino silvestre, en donde he observado con mucha frecuencia vasos con puntos sencillos, de dimensiones muy diferentes, y poros aureolados.

Los vasos espirales son desarrollables, sobre todo los primeramente formados, pues la membrana primitiva se adelgaza, y al fin desaparece. Antes que esto suceda, la hace bien visible el cloro-yoduro de zinc.

b) *Vasos aureolados.* Los vasos aureolados toman tal desarrollo, que casi á ellos solos, en union de los radios, se debe toda la formacion leñosa del pinsapo y demás coníferas.

En algunos tratados de Botánica, no antiguos, y sobre todo en las obras descriptivas, se dice que en la madera de las coníferas faltan los vasos, y que, excepto el estuche medular, está formada exclusivamente por tejido fibroso. Basta examinar un corte radial para convencerse de que pasa todo lo contrario, y que son las fibras cabalmente las que faltan por completo; pues de ninguna manera los vasos aureolados, traquéidos,

celdillas, leñoso-vasculares, ó cualquiera que sea el nombre que se les dé, pueden asemejarse al tipo fibroso, sino que, por el contrario, les corresponden de lleno los caracteres de la forma vascular. Estos se presentan, segun Sachs, siempre que dos celdillas de la misma especie se tocan, y en las paredes de union se abren poros ó agujeros, perdiendo al mismo tiempo todo su contenido; y por lo que sigue se verá que corresponden bien á los vasos aureolados, formando éstos, en su conjunto, una masa vascular y no fibrosa. Como el tipo vascular es resultante de la union de elementos celulares, designaré con el nombre de traquéidos á los de los vasos aureolados, siguiendo á los autores modernos de Botánica.

Ya he manifestado mi duda sobre si los primeros vasos aureolados son producto procambial ó cambial, pues es difícil coger el momento preciso en que éste entra en funciones, y termina aquél, si es que ese momento en realidad existe. Aparecen muy pronto en el hacecillo, mezclados con los vasos espirales y punteados, pero nunca he visto ninguno de éstos rodeado por completo de aureolados, lo que indica que despues de formarse los vasos espirales, que son los primeros, hay un momento en que se forman espirales, punteados y aureolados, y luégo sólo estos últimos. En cortes longitudinales muy delgados, que pasen por un hacecillo, su formacion se observa bien al principio; y despues en los de la region cambial y leñosa que le es contigua, dados en las tres direcciones; y, sobre todo, empleando sustancias colorantes que no alteren sus paredes.

En el hacecillo se reconocen perfectamente, porque sus paredes toman la forma undulada; pues los poros, desde el primer momento, superan en diámetro al del traquéido, y éste, para contenerlos, se ve obligado á ensancharse en el punto en que se desarrollan, tomando el vaso, por efecto de estos ensanchamientos, una figura ligeramente moniliforme.

El diámetro de los poros, en los primeros vasos que se forman, es de 14 á 18 milésimas de milímetro, dimension poco diferente á la que luégo han de tener, puesto que en los vasos de primavera de anillos leñosos de veinte ó más años, es de 18 á 20 milésimas, reduciéndose en los de otoño, por tránsitos insensibles, á la quinta parte ó más. Su forma no ofrece nada de particular, pues es igual á la que he observado en las de-

más coníferas, y que tan bien descrita está por Schacht y Sachs en sus tratados del Microscopio y de Botánica. En la primera fase de su desarrollo aparece en la membrana del vaso un espacio circular oscuro, rodeado por un anillo más claro, que poco á poco va aumentando, hasta que la parte oscura queda reducida á un punto de 45 á 50 diezmilésimas de milímetro, que es el diámetro del poro abierto en los aureolados de primavera. Esta evolucion tarda poco en verificarse, pues si se estudia en el cambium, á las dos ó tres hiladas de vasos está ya el poro aureolado formado completamente.

En el disco oscuro, rodeado por el anillo claro, de que acabo de hablar, y que no es otra cosa que la membrana primaria, que no tarda en ser reabsorbida, aparece su superficie como punteada, pero no me ha sido posible resolver la puntuacion ó lo que sea, á pesar de haberla observado con un objetivo Nachet de  $\frac{1}{14}$  de pulgada, de inmersión y correccion, con el que resuelvo perfectamente, á la luz central, la *Pleurosigma undulatum*, y á la oblicua, la *Surirella Gemma*.

El exámen de los poros aureolados á la luz poralizada, presenta un campo de estudio más vasto del que á primera vista pudiera creerse; y hoy sólo me propongo indicar ligeramente los principales fenómenos que se observan, sin deducir consecuencias ni darles explicacion, pues para ello se necesita un estudio más completo y detenido del que he hecho, y que si el tiempo y las circunstancias me lo permiten, me propongo hacer.

Para estas observaciones de polarizacion, me he servido siempre de la luz de una lámpara de petróleo, provista de un globo de cristal cuajado blanco; y lo indico aquí, porque los resultados cambian segun la luz empleada. La placa de selenita que he usado, da el rojo de primer orden entre los nicoles cruzados, y su color complementario cuando son paralelos; y para este estudio encuentro muy á propósito los microscopios ingleses, provistos, en su platina accesoria, de una coleccion de láminas sensibles (*Darker's revolving selenite stage*), que falta casi siempre á los instrumentos franceses y alemanes. Las preparaciones las hago con glicerina gelatinizada.

Para observar bien los poros aureolados, y obtener resultados constantes y comparables, es preciso elegir, en los traquéidos de primavera, aquellos que se presenten bien visibles, de forma

circular y completamente de cara; esto es, que su eje sea perpendicular á la platina; pues de otro modo, fijándose en los mal desarrollados y en posicion inclinada, se obtendrian resultados variables, como pasa con las láminas delgadas, que cambian de color con la inclinacion. En estas circunstancias, y entre los nícoles paralelos, no se observa en el poro modificacion alguna, pero si se cruzan, y, por lo tanto, hay extincion de luz, en el campo negro aparece el poro iluminado — sin presentar ningun fenómeno de polarizacion cromática — atravesado por una cruz negra, y al mismo tiempo con varios anillos concéntricos, alternativamente oscuros y brillantes. Su figura es semejante á la que se observa al mirar, entre las pinzas de turmalina cruzadas, una placa de cristal de roca tallada perpendicularmente á su eje óptico, con la diferencia de que los colores están sustituidos por el claro y oscuro.

La posicion que los brazos de la cruz guardan con respecto á las secciones principales de los nícoles no es constante, sino que influye en ella el ángulo que los traquéidos forman con el plano de polarizacion. En el caso de ser igual á cero, partiendo de los nícoles paralelos y haciendo girar el superior de derecha á izquierda, cuando las secciones están próximas á la posicion cruzada, aparece primero el brazo de la cruz que ha de ser perpendicular al plano de polarizacion y luégo el otro. Continuando el movimiento hasta obtener el campo del microscopio negro, la cruz se presenta bien formada, pero con sus dos brazos de distinta intensidad: el paralelo al eje del traquéido está en su máximo, mientras que el otro le pasó ya, y se encuentra en el período decreciente. En esta posicion la cruz corresponde á las secciones de los nícoles.

Si el movimiento del analizador continúa en el mismo sentido, las intensidades de los brazos decrecen, borrándose primero el perpendicular al plano de polarizacion. De modo que, reasumiendo, si el eje del traquéido es paralelo al plano de polarizacion, aparece primero el brazo que le es perpendicular y llega á su máximo antes que el otro. En la extincion se apaga tambien antes, y cuando los nícoles están cruzados, los dos brazos son perpendiculares, encontrándose en su máximo de intensidad el paralelo, y en su período decreciente el perpendicular al plano de polarizacion.

Con el eje del traquéido perpendicular á la seccion princi-

pal del nícol inferior, los fenómenos se repiten de un modo igual con relacion á dicho eje, é inverso respecto á las secciones de los nícoles. El brazo que aparece primero y se apaga primero, continúa siendo perpendicular al traquéido y paralelo al plano de polarizacion, contrariamente á lo que sucedia ántes; y cuando los nícoles están cruzados, el brazo que se encuentra en su máximo de oscuridad es el paralelo al eje del traquéido y perpendicular al plano de polarizacion, al contrario tambien de lo que sucedia cuando éste ó aquél eran paralelos. De estas dos experiencias se deduce que la aparicion y máximo de intensidad de los dos brazos de la cruz, depende de las relaciones de constitucion que existen entre el poro y el traquéido.

Si partiendo de cualquiera de las dos anteriores posiciones de éste, con relacion á la seccion principal del polarizador, se hace girar la preparacion entre los nícoles cruzados, de modo que el traquéido forme varios ángulos con dicha seccion, los brazos de la cruz pierden su perpendicular y giran alrededor de su centro, aproximándose dos á dos; y cuando el ángulo es de  $45^\circ$  ó  $135^\circ$ , la deformacion alcanza su máximo. Entónces, la figura de la cruz es de las que vulgarmente se llaman de San Andrés; y está colocada de modo que la bisectriz de los ángulos obtusos corresponde con el eje del traquéido, y, por lo tanto, le es perpendicular la de los ángulos agudos. Continuando el movimiento hasta formar un ángulo de  $90^\circ$  ó  $180^\circ$ , los brazos vuelven á separarse y adquieren otra vez su posicion perpendicular, produciéndose cuatro deformaciones en una revolucion completa.

Con el fin de aumentar la sensibilidad de los poros, y á la vez poderme servir de los caracteres de la polarizacion cromática, he repetido las experiencias anteriores empleando una placa de selenita de la forma que ántes he dicho; y á continuacion pongo los principales fenómenos que se producen, y que creo de interes para el conocimiento de la constitucion de los poros, proponiéndome continuar su estudio y dar cuenta de él en otra ocasion.

Para evitar confusiones, debo advertir: que la graduacion de que me sirvo, va siempre de derecha á izquierda—en sentido contrario al movimiento de las agujas de un reloj;—que el cero le supongo colocado en la seccion principal del nícol in-

ferior, ó sea en el plano de polarizacion; y que por S debe entenderse el ángulo que el eje de elasticidad de la placa de se-lenita forma con dicho plano, que designaré por P.

Cuando el eje del traquéido es paralelo al plano de polarizacion, si  $S=0$ , entre los nícoles cruzados hay extincion de luz, y los poros presentan la cruz negra y los anillos, lo mismo que si la placa no existiese; pero dando á ésta un pequeño giro, de unos  $10^\circ$  próximamente, la coloracion cambia por completo, y sobre un fondo oscuro aparecen los poros amarillos, atravesados por una cruz, cuyos brazos son rojo y verde, respectivamente.

El ángulo de  $10^\circ$ , que poco más ó ménos ha de hacer S con P, me parece debe corresponder al color sensible de la placa, que pasa por morado y verde oscuro ántes de extinguirse; y es preciso buscarle por medio de tanteos, haciéndola girar pequeñas cantidades, hasta que se vean los brazos de la cruz con los bordes bien definidos.

El fenómeno de la coloracion se produce de la siguiente manera. Partiendo de los nícoles paralelos, y haciendo girar el analizador en el sentido dicho, aparece primero el brazo perpendicular al plano de polarizacion y eje del traquéido, acen-tuándose el color rojo á medida que aumenta de intensidad. Poco á poco, y siguiendo el movimiento del analizador, va distinguiéndose el otro brazo, rojo al principio, que cambia por su complementario verde al estar los nícoles cruzados. En esta posicion, la cruz está compuesta de dos brazos perpendiculares, que coinciden con las secciones de los nícoles: rojo intenso el primeramente formado, que es perpendicular al plano de polarizacion y eje del traquéido, y verde el que apareció despues, paralelo á estas dos direcciones. Este último, el verde, está algo desvanecido por el lado posterior, atendiendo al movimiento general de la cruz al formarse, de modo que ocupa parte del  $2.^\circ$  y  $4.^\circ$  cuadrante, miéntras que por el  $1.^\circ$  y  $3.^\circ$ , de color amarillo, tiene los bordes bien definidos.

Repetiendo la misma experiencia, con la sola variante de poner el traquéido perpendicular á la seccion del polarizador, se obtienen los mismos colores, dispuestos de idéntica manera con relacion al eje del traquéido, con la diferencia de que el lado desvanecido del brazo verde no es el posterior, sino el anterior; pero con respecto al plano de polarizacion, están in-

versamente colocados. Aquí, pues, lo mismo que en la aparición y extinción de los brazos de la cruz entre los nícoles perpendiculares, y sin la placa de selenita, los colores guardan una relación constante con el eje de los traquéidos. En las dos posiciones de éste, paralela ó perpendicular al plano de polarización, el brazo rojo es siempre perpendicular á dicho eje, y paralelo el verde, siendo siempre éste el que aparece después.

Si el ángulo de  $10^\circ$  lo hace el eje de elasticidad de la selenita, no con el plano de polarización, sino con uno que le sea perpendicular, ó, lo que es lo mismo, si dicho ángulo es de  $90^\circ + 10^\circ$ , se reproducen los mismos fenómenos de coloración, con la sola diferencia de que el desvanecido verde ocupa una posición inversa.

Para poderse formar bien idea de la disposición de los colores, pongo á continuación el siguiente cuadro, para los ángulos de  $10^\circ$  que el eje de elasticidad de la selenita forme con el plano de polarización ó con uno que le sea perpendicular. En él señalo con la letra E el eje del traquéido, y con los signos  $+$  y  $-$  si el desvanecido es posterior ó anterior al brazo verde, V, suponiendo que la cruz gira, alrededor de su centro, en igual sentido de la graduación. Al mismo tiempo señalo el cuadrante en que se encuentra el desvanecido.

S =	$40^\circ$ ; E paralelo..... á P,.....+V; 2.º y 4.º cuadrante.
»	E perpendicular á P,.....-V; 2.º y 4.º id.
S =	$90^\circ + 10^\circ$ ; E paral..... á P,.....-V; 1.º y 3.º id.
»	E perpend..... á P,.....+V; 1.º y 3.º id.
S =	$360^\circ - 10^\circ$ ; E paral..... á P,.....+V; 2.º y 4.º id.
»	E perpend..... á P,.....-V; 2.º y 4.º id.
S =	$90^\circ - 10^\circ$ ; E paral..... á P,.....-V; 1.º y 3.º id.
»	E perpend..... á P,.....+V; 1.º y 3.º id.

La disposición de los colores cambia por completo al girar la placa de selenita de modo que aumente el ángulo que su eje de elasticidad forma con el plano de polarización. El desvanecido verde invade todo el cuadrante, y se une al rojo, fundiéndose poco á poco los dos colores en uno sólo, hasta producir el morado, cuando  $S = 45^\circ$ . En esta posición la cruz ha desaparecido, y los cuadrantes opuestos, dos á dos, se co-

loran de morado y amarillo, que cambian por sus complementarios cuando los nícoles son paralelos.

Si en vez de mover la placa de selenita, se hace girar el analizador, se observa un fenómeno análogo. Los dos brazos se aproximan y reunen en uno sólo, de color morado, cuando la seccion principal forma con el eje de elasticidad un ángulo de  $45^\circ$ . Continuando el giro, pierde el poro los colores al ponerse los nícoles paralelos, pero vuelve á adquirirlos al pasar esta posicion, cambiándolos por sus complementarios.

La forma de los traquéidos, de cuya union en hiladas verticales se originan los vasos aureolados, es muy diferente de la de las fibras. Se terminan por planos oblicuos, colocados perpendicularmente á los tangenciales; y para observarlos es preciso dar cortes en este sentido, pues si se examinan solamente en el radial, puede creerse que son horizontales. De ordinario, varios traquéidos, colocados en la misma fila radial, tienen sus extremidades á igual altura; y de aquí que en el corte transversal se vean hiladas en dicho sentido, de dimensiones más pequeñas, y en el corte radial aparezcan las líneas de union horizontales. En las caras de union hay poros iguales á los demás, y algunas veces, en su extremidad, en las caras tangenciales.

Las paredes de los vasos son de diferente grosor, segun pertenezcan á la formacion de primavera ú otoño; y su cara interna, observada con un objetivo de bastante poder resolvente, aparece punteada; pero empleando la luz oblicua, y un buen objetivo de inmersion, se ve que los puntos corresponden á pequeñas eminencias papiláceas, que no tienen más allá de 3 diezmilésimas de milímetro. En los traquéidos de la formacion autumnal no es raro ver algunas estrias espirales, reminiscencia de los hilos típicos del tejo; pero no de mucho tan marcadas, sin ninguna constancia, y sólo por excepcion, como sucede en la mayor parte de coníferas.

c) *Parénquima leñoso*. En las coníferas el parénquima leñoso está poco desarrollado, y en el pinsapo sólo por excepcion se ve alguna vez. Se encuentra alrededor de los canales resiníferos, en las especies que los tienen; y en las que no, en forma de hilos celulares, diseminados entre los traquéidos, como en el género *Juniperus*, ó bien en la union de las formaciones de otoño y primavera, como en el pinabete. En este sitio

se observa también alguna vez en el pinsapo, aunque no del todo caracterizado; pues siempre que he tenido ocasión de examinarle — en ejemplares procedentes de la Serranía de Ronda — más bien que parénquima leñoso propiamente tal, ha sido una degeneración parenquimatosa de los traquéidos, ó de las celdillas de los radios medulares.

En los grabados que están al final de este trabajo, represento dos casos de forma parenquimatosa, que he observado en el pinsapo. En el primero, una celdilla radial se extiende longitudinalmente entre las formaciones de otoño y primavera; y en el otro, está constituido por la degeneración de la extremidad de un traquéido.

d) *Radios del xilema.* Los radios medulares del xilema proceden, como he dicho anteriormente, de la diferenciación del procambium, del postcambium ó del cambium.

Al diferenciarse el hacecillo procambial en xilema, cambium y floema, aparecen al mismo tiempo los primeros radios, atravesándolos en sentido de su eje mayor; y es de notar que así como el cambium de que procede el xilema y el floema es uniforme é indiferente hasta llegar á un grado avanzado de diferenciación, sin que se pueda distinguir á cuál de las dos regiones dará origen, no teniendo en cuenta su posición, el que constituye los radios es de forma especial, y se conserva con caracteres morfológicos propios mientras existe. Sus celdillas son ovales y alargadas en sentido radial, mientras que las restantes del cambium suelen afectar, en corte transversal, la figura rectangular, con su mayor dimensión en sentido tangencial.

Desde el momento en que el anillo cambial se cierra, todos los radios son cambiales; aunque, si bien se considera, no deberían tomarse como tales, pues el cambium radial procede, y es continuación, del procambium y postcambium radiales. En todo rigor sólo deberían llamarse cambiales á aquellos que empiezan en el cambium, después de formado el anillo cambial.

Los radios procambiales y postcambiales se ven bien en un corte transversal de una ramilla, en Agosto del primer año, preparado con el picro-carminato. Los procambiales se distinguen perfectamente porque no tienen comunicación alguna con el estereoma, pues entre ellos están los vasos espirales y punteados, que se coloran de pardo amarillento, mientras que

las celdillas del estereema y los traquéidos toman un hermoso amarillo de limon. Los procedentes del postcambium, se continúan con el estereema, por entre dos grupos de vasos, como se ve en la figura 3, de la lámina xv.

En el corte radial del xilema de tres ó cuatro años puede observarse con toda claridad, junto á la region del cambium, que hay radios que nacen en él — los cambiales; — y, algunas veces, por aborto, se reducen á una ó dos celdillas radiales.

En el primer anillo leñoso los radios están formados por celdillas elipsóideas, que se alargan en los años posteriores, hasta convertirse en cilíndricas.

El diámetro es por término medio de 20 á 25 milésimas de milímetro, y la longitud, muy variable, alcanza á veces á algunos milímetros. Sus paredes son al principio delgadas, y no contienen más que sustancias protoplásmicas; pero bien pronto engruesan, dejando pequeños espacios, que constituyen puntuaciones sencillas, elípticas ó elíptico-alargadas, de 5 milésimas, con su eje mayor inclinado y en igual direccion para todas las puntuaciones de una misma cara, pero no para las de la opuesta, que por lo comun están cruzadas, lo que indica una disposicion en espiral. Estas puntuaciones son iguales en las caras de contacto con los traquéidos; y si bien alguna vez están abiertas, constituyendo verdaderos poros, por lo regular no, como se ve perfectamente en el corte de sus paredes.

En algunas celdillas radiales se observan hermosos cristales de oxalato de calcio, mayores, por lo regular, que los de las celdillas parenquimatosas del floema, aunque no tan abundantes; y en el reposo vegetativo están llenas de almidon.

A veces los radios se extinguen en el mismo anillo anual en que nacen; pero lo regular es que se continúen en dos ó más. El número de hiladas verticales que los forman, en la madera completamente hecha, es de una á 25 ó 30.

e) *Estereema*. No con entera confianza designo con este nombre el estado durable del postcambium; pero lo hago por no saber otro mejor, y porque me parece que esta formacion viene á ser análoga á la que M. Guillaud llama estereema (*stèreème*) en las monocotiledóneas. Hubiérale llamado estuche medular; pero esta expresion está ya admitida en Botánica para designar la reunion de los vasos desarrollables que aparecen en el hacecillo al empezar la diferenciacion del xilema,

expresion que en el pinsapo, lo mismo que en otras muchas especies, carece por completo de propiedad; pues el verdadero estuche medular le forma el estereema, que á manera de vaina le envuelve por completo.

En el pinsapo creo poder afirmar que el postcambium se desarrolla lo mismo que en la parte caulinar del hacecillo, en el arco y hacecillo foliar; y en otras muchas especies está claramente unido á su region interior, como se ve perfectamente en los cortes transversales dados en el peciolo de las hojas de la vid, castaño de Indias, etc., etc.; y como quiera que en este sitio los hacecillos se encuentran en toda su pureza, ésta es una de las razones que me inclinan á creer que debe considerársele como dependiente del hacecillo vascular, más bien que del tejido fundamental medular.

La transformacion del postcambium en estereema se verifica cuando el desarrollo del hacecillo está ya bastante adelantado, y puede decirse que empieza al cerrarse el anillo vascular; y así debe suceder, puesto que ha de rellenar los espacios en forma de cuña, que dejan los hacecillos entre sí y el tejido fundamental. Entónces toda la parte interior constituye la vaina medular, con frecuentes entradas en el anillo leñoso, de las que nacen los radios postcambiales.

En el estado meristemiforme el picro-carminato favorece mucho su exámen; pues como sus celdillas están llenas por completo de sustancias protoplásmicas, se coloran de escarlata, miéntras que los vasos desarrollables y traquéidos, con que está en contacto, toman el color amarillo. Del tejido fundamental se distingue tambien, porque ya en esta época sus celdillas están casi por completo llenas de jugo celular, y las sustancias protoplásmicas quedan reducidas á un pequeño glomérulo.

La disolucion de yodo y el ácido sulfúrico obra en las celdillas del estereema del mismo modo que en los traquéidos y vasos desarrollables; é igual sucede con el cloro-yoduro de zinc, cuando aún el tejido medular da la reaccion de la celulosa, lo que prueba que su lignificacion se hace ántes.

Una vez formado ya el primer anillo vascular, la actividad de division del postcambium cesa, y comienza su lignificacion. Ésta es completa en Agosto del primer año, y entónces el picro-carminato tiñe sus celdillas de amarillo. En el corte transversal

son ovales, de paredes gruesas, desiguales en magnitud, y con pequeños espacios intercelulares; y en el radial están dispuestas en series longitudinales, que á medida que se separan del grupo de vasos desarrollables se acortan, y poco á poco cambian de direccion, transformándose en hiladas radiales, al formar los radios. Las paredes presentan puntuaciones muy alargadas, casi lineales y cerradas, á lo ménos durante el primer año. Excepto en el período de mayor actividad vegetativa, contienen gran abundancia de sustancias amiláceas.

Conocida ya la composicion histológica del xilema, creo no estará aquí fuera de su sitio hacer un ensayo para caracterizar la madera del pinsapo, y distinguirla de las demás especies de coníferas españolas; resolviendo, de esta manera, una pequeña parte del problema que me habia propuesto ántes de empezar este estudio, como al principio indiqué.

Es muy difícil, si no imposible, clasificar las maderas prescindiendo de sus caracteres microscópicos; miéntras que con ellos se llega fácilmente y con seguridad á las especies, bastando para su determinacion una pequeñísima cantidad de sustancia — algunas veces una sola celdilla, como en el tejo — y no siendo inconveniente que esté labrada, pintada, ó haya sufrido otras modificaciones, con tal de que no alteren su estructura.

Basta ver los caracteres usados en algunas obras que prescinden de los microscópicos, y por lo tanto, de la composicion histológica, para convencerse de cuán difícil es caracterizar con ellos, no ya las especies, sino los principales grupos. En el de las coníferas, por ejemplo, sirven de caracteres determinantes la forma de los anillos anuales: si son undulados, circulares ó excéntricos; el olor, penetrante ó no, y el color del durámen, pardo ó carmesí, etc., etc.; dándose el caso de que para el tejo se asigne, por unos el primero, y por otros el segundo de los dos colores; teniendo ámbos razon, pues los dos presenta segun que esté recién cortado ó no. A primera vista se conoce el poco valor de estos caracteres, pues la forma de los anillos depende de mil causas, diferentes de la especie, y no se puede apreciar en la madera labrada; el olor desaparece con el tiempo, y se le puede dar, ó modificar á voluntad; y el color cambia tambien con el tiempo, y se puede pintar artifi-

cialmente; y si caracteriza al durámen, nada dice respecto de la albura, siendo, por lo tanto, un carácter sólo á medias. A pesar de estos inconvenientes, las claves de Nœrdlinger, más ó ménos modificadas, son las que se vienen copiando en casi todas las obras que tratan de la determinacion práctica de las maderas, sin que se adelante un paso; y hasta el presente no conozco ninguna que haya emprendido la marcha por distinto camino.

En el cuadro analítico de los géneros de coníferas españolas (1) que pongo á continuacion, he tratado de reunir los caracteres que me han parecido más constantes, y á la vez fáciles de observar, y que permitan la determinacion de una pequenísima cantidad de madera, aunque haya sido modificada de diversas maneras, con tal de conservar sus elementos histológicos.

No me ha sido posible examinar todas las especies españolas del género *Juniperus*; y los caracteres genéricos, los he sacado del estudio del *communis*, *nana*, *oxycedrus*, y *Sabina*. La madera del pinsapo, de que me he servido, procede de la Serranía de Ronda, y el pinabete de distintas localidades españolas y extranjeras; y de buena gana hubiera comprobado los caracteres en gran número de ejemplares, pero la falta de tiempo, y, más que nada, la dificultad de procurármelos, no me lo ha permitido.

#### CONÍFERAS.

Madera constituida casi exclusivamente por vasos aureolados y radios medulares; sin fibras, ni otros vasos distintos de los aureolados, excepto en el xilema primario.

A. Madera con canales resiníferos. . . . . PINUS.

B. Madera sin canales resiníferos.

a) Poros aureolados siempre en una sola fila; los mayores de 0<sup>mm</sup>, 015.

+ Vasos de primavera y otoño con un hilo espiral bien marcado; sin parénquima leñoso.

Radios medulares de 4 á 25 celdillas de altura . . . . .

TAXUS.

(1) Véase: *Coníferas y amentáceas*, por D. Máximo Laguna. Madrid, 1878.

- + + Vasos aureolados sin hilo espiral; entre ellos, y dispuestos sin ningun orden, *varios hilos de parénquima leñoso*. Radios medulares de 4 á 40 celdillas de altura..... JUNIPERUS.
- b) Poros aureolados de los vasos de primavera en una y dos filas; los mayores pasan de 0<sup>mm</sup>, 020.. ABIES.

## GÉNERO ABIES.

En la union de la madera de otoño y la de primavera, varios hilos del parénquima leñoso..... A. PECTINATA, D. C.  
Sin hilos de parénquima, ó, si existe alguno, es por excepcion, y degenerado (1) ..... A. PINSAPO, BOIS.

En el pinsapo, enebro y pino, he observado alguna vez, en los dos ó tres últimos vasos de otoño, un hilo espiral; y Schacht hace notar lo mismo en el abeto. Esto parece que debería quitar valor al carácter del tejo, pero no es así, pues nunca la espiral se ve en los vasos de primavera, y aún en los de otoño no es posible confundirlas, pues son de un tipo completamente distinto.

La madera del pinabete y del pinsapo son muy parecidas; y sólo despues de examinar muchos cortes de una y otra especie, me he decidido á señalar su carácter distintivo; que le falta, no obstante, ser comprobado por otros observadores, más competentes, para tenerle por bueno y verdaderamente característico.

Los hilos de parénquima leñoso son fáciles de observar en el corte radial de pinabete—en los *Juniperus* en el radial y tangencial; y para que se pueda formar una idea de su rareza en el pinsapo, diré que en varios cortes, que hacian un conjunto de 7 centímetros cuadrados—superficie enorme, tratándose de observaciones microscópicas—sólo he visto el hilo celular que representa la figura 9 de la lámina xv, producido por la degeneracion de la extremidad de un traquéido; mientras que en el pinabete los he encontrado siempre en todas las líneas de separacion de las formaciones de otoño y primavera. En el corte transversal se distinguen tambien con facilidad las dos especies, pues en la línea de separacion de los anillos

(1) Véase el párrafo: c) *Parénquima leñoso*.

anuales del pinabete se ven las celdillas de parénquima, que se distinguen de los vasos por su magnitud y forma, y además porque muchas de ellas presentan el tabique de separación horizontal punteado.

Otros varios caracteres distintivos, de menor importancia, podría citar; pero creo son suficientes los expuestos para distinguir las dos especies.

**CAMBIVM.** El cambium puede considerarse como una continuación del procambium, pues al transformarse éste en xilema y floema, queda entre las dos regiones una faja de tejido meristemiforme, sin sufrir modificación alguna, que es la que constituye el cambium de los hacecillos. Cuando éstos, en número suficiente, se reúnen para formar el primer anillo líbero-vascular, sus cambiums se unen también, y constituyen el anillo cambial, que por su parte interior da origen al xilema, por formación centrífuga, y por la exterior, y en formación centrípeta, al floema.

Los cambiums parciales de los haces están separados por las hiladas de cambium radial, procedentes del postcambium lateral de los hacecillos, que en unión del cambium radial de los mismos, producen, en dirección centrífuga ó centrípeta, los radios del xilema y del floema. Estos dos cambiums, el líbero-vascular y el radial, se diferencian perfectamente por su forma, lo mismo en el corte longitudinal que en el transversal. El primero, que da origen á los traquéidos, vasos cribosos y parénquima del floema, cuando existe, está compuesto por celdillas muy alargadas, ó mejor, por la reunión de tubos prismáticos, colocados en sentido longitudinal, y en los cuales se opera la división paralelamente á su eje. Su sección transversal es rectangular, y á veces, pentagonal ó exagonal, por el truncamiento de uno ó dos de sus ángulos; pero siempre el lado que éste produce es mucho menor que los demás, de modo que su forma general continúa siendo rectangular; y en su conjunto no presenta espacios intercelulares. El cambium radial está, por el contrario, alargado en sentido radial, y su división se verifica por caras perpendiculares á esta dirección. En el corte longitudinal se presenta en forma de celdillas cilíndrico-alargadas, en serie lineal, y sobrepuestas en varias hiladas, contenidas todas ellas en un plano radial; y en el transversal, forman una sola fila de celdillas.

En el pinsapo se puede estudiar fácilmente la region del cambium, con tal de que los cortes sean suficientemente delgados. En la glicerina se conservan bien; y para colorarlos he empleado el rojo de anilina y el índigo. El reactivo Schultz, lo mismo que la disolucion de yodo y el ácido sulfúrico, le altera.

Las paredes de las celdillas cambiales no ejercen ninguna accion sobre la luz polarizada, pues el campo continúa oscuro con los nicoles cruzados, lo que demuestra su composicion uniforme; pero á medida que se separan del centro de la region, en el sentido del floema ó del xilema, van apareciendo las celdillas, pues su estructura no es ya tan primaria, y empieza á ser lamelar.

**FLOEMA.** En su estado durable se compone de tubos cribosos, parénquima y radios medulares, siendo los primeros los que especialmente le caracterizan; faltando por completo las fibras parenquimatosas, de paredes gruesas, flexibles y tenaces, designadas ordinariamente con el nombre de *fibras del liber*, y que se emplean como materias textiles las de algunas especies.

En el hacecillo procambial, á la vez que el grupo de vasos desarrollables, se producen en el extremo opuesto varias hiladas de vasos cribosos, que constituyen el floema primario; distinguiéndose del que más tarde forma el cambium en que carece de parénquima. Estas hiladas son continuacion de las del xilema, de modo que, en una misma línea radial, en la parte interna están los vasos espirales y aureolados, en la extrema los tubos cribosos, y en el centro el cambium. El parénquima no suele aparecer hasta la formacion autumnal.

a) *Tubos cribosos.* Como acabo de indicar, son el elemento característico del floema, el primero que se forma, y el que continúa desarrollándose, de un modo regular, durante toda la vida del árbol. Su carácter específico consiste en que el crecimiento en espesor de sus paredes no es uniforme en toda la superficie, sino que en algunos espacios no se produce, quedando en ellos sólo la membrana primaria, de aspecto punteado y semejante á una criba. Estos espacios son por lo común circulares, y á veces en forma de corazon ó triángulo; y la resolucion de la membrana cribosa no la he podido obtener, á pesar de haberla examinado con buenos objetivos de

correccion é inmersion de Nachet y Swift. Siempre se me ha presentado con su aspecto criboso, sin que jamás haya podido distinguir con claridad los poros; dado caso de que existan.

El reactivo Schultz ejerce una accion muy marcada sobre los vasos cribosos, y sirve perfectamente para el exámen del floema. Colora su membrana primaria de igual manera de morado claro, que á los radios y al parénquima; miéntras que, en las paredes de los mismos, va creciendo la intensidad del color en las capas interiores, hasta convertirse casi en negro en la más interna. Este reactivo favorece la vision de los espacios cribosos, pues como están formados por la membrana primaria, toman el color morado claro, y se destacan bien en el fondo casi negro de la capa interna. Por desgracia, hincha y altera las paredes; así es que sólo sirve para hacer muy aparente su existencia, pero de ningun modo para su estudio.

Con la disolucion de yodo y el ácido sulfúrico dan los tubos cribosos la reaccion de la celulosa pura, pues se coloran de hermoso azul, que cambia de intensidad segun la mayor ó menor concentracion del ácido, y sigue todas las gradaciones, desde el celeste hasta el de cobalto; y esta última es difícil de obtener, conservando la forma del vaso, pues para ello es preciso emplear el ácido en un estado de concentracion tal, que si no se tiene mucho cuidado, y se hace la operacion con rapidez, la celulosa se disuelve por completo, y se colora de azul todo el campo del microscopio. La capa más interna de la membrana, lo mismo que el contenido de las celdillas radiales y parenquimatosas, se colora de amarillo parduzco, excepto los gránulos de almidon, que toman el color característico de las sustancias amiláceas.

En el corte transversal, obran las paredes de los tubos como sustancias anisótropas. Presentan la polarizacion blanca, y esta propiedad las distingue perfectamente del cambium y parénquima cortical.

Los vasos cribosos, producto del procambium, son notablemente más pequeños que los de formacion posterior, de contornos más redondeados, y conservan por más tiempo su contenido protoplásmico, como puede observarse en el corte de un hacecillo en Junio, empleando el picro-carminato. El interior de los vasos del extremo cortical, que son los primeramente formados, toma el color carmesí, que se destaca per-

fectamente de las paredes blancas, mientras que en los demás permanece incoloro.

En el hacecillo joven la disposicion de los tubos es regular, en series radiales; y los grupos contenidos entre dos radios tienen la forma de cuña, con su base apoyada en el cambium; forma que necesariamente ha de resultar atendido á que el número de hiladas radiales es el mismo, y decreciente el tamaño de los elementos, como acabo de decir; pero pronto cesa esta disposicion, porque las dimensiones de los tubos que forma el cambium, son uniformes. Entónces aparece el elemento parenquimatoso.

Como la zona cortical, en cuyo contacto están los elementos del floema primeramente formados, tiene por necesidad que seguir el desarrollo en diámetro, por medio de un crecimiento intercelular, preciso es que sus elementos se interpongan entre los tubos cribosos, puesto que éstos, una vez formados, no son ya aptos para sufrir modificacion alguna. A consecuencia de esto, en los cortes tangenciales, dados en la region límite entre la zona cortical y el floema, se ven los primeros vasos cribosos serpenteando por entre el parénquima cortical y las vesículas glandulosas; y en las cortezas viejas se encuentran completamente separados del floema, y rodeados por todas partes de celdillas parenquimatosas.

Estos grupos de vasos, efecto de la presion mecánica, están deformados, y como deshechos entre los elementos corticales; y muchas veces sólo son reconocibles en los cortes transversales muy delgados, empleando la luz polarizada. Con los nícoles cruzados aparecen, en el campo oscuro, de un vivo color blanco, con reflejos sedoso-anacarados.

La mezcla de estos grupos floémicos con la zona cortical, va aumentando lentamente con la edad del árbol, llegando á constituir una zona intermedia, en cuya formacion toma gran parte la accion mecánica; y son el origen de las celdillas leñosas, como se verá luégo.

En lo restante del floema continúan los vasos en series ordenadas, en direccion radial, interrumpidas solamente por las hiladas de parénquima y los radios; y su seccion tiene la forma más ó ménos rectangular, que se alarga por la presion que los elementos nuevamente formados ejercen sobre los más antiguos.

b) *Parénquima del floema.* Si sólo se atendiese á la forma de los elementos para caracterizar los tejidos, no habria razon alguna para separar de los radios el parénquima, pues sus celdillas en nada esencial difieren; pero teniendo en cuenta más bien que la forma, las relaciones de posicion y origen, no puede ménos de considerárseles como tejidos completamente diferentes. El parénquima procede del cambium líbero-vascular, y el sentido de su desarrollo es longitudinal, miéntras que los radios tienen su origen en el cambium radial, y su crecimiento se efectúa en direccion perpendicular á la anterior.

El parénquima se encuentra entre los vasos cribosos, dispuesto en series longitudinales; y su aspecto, en los cortes radial y tangencial, es el de un largo tubo dividido por tabiques perpendiculares. Esta forma responde á su origen y modo de formacion, pues cada fila vertical no es otra cosa que una celdilla del cambium, igual á las que originan los tubos cribosos, módificada por los tabiques transversales. La figura de cada celdilla es un cilindro recto, doble alto que ancho, excepto las que ocupan las extremidades de las series, que están truncadas por un plano inclinado; y el conjunto de ellas, ó sea cada hilada vertical, tiene la misma forma que los vasos. Sus paredes son sencillas; sin puntos, poros ni rayas; y su contenido, protoplásmico primero, se convierte pronto en amiláceo. En algunas se desarrollan cristales de oxalato de calcio, y cuando éstos llenan por completo y exclusivamente toda su cavidad, constituyen las celdillas cristalíferas.

El parénquima primeramente formado está en contacto y mezclado con el de la zona cortical, por efecto del desarrollo intercelular; pero el que se produce luégo, desde el segundo año, se encuentra dispuesto, con bastante regularidad, en hileras concéntricas de una sola celdilla de espesor.

c) *Celdillas cristalíferas.* Los cristales de oxalato de calcio están repartidos con profusion en el tallo del pinsapo. Los he visto, en más ó ménos abundancia, en la forma parenquimatosa de los tres sistemas, si bien en ninguna parte en tanta cantidad como en el parénquima floémico. Por eso me ocupo de ellos únicamente aquí, pues de otra manera, tendria que repetir lo mismo al hablar de los radios, tanto del floema como del xilema, del parénquima cortical, etc., etc.; pues en todas partes presentan idénticos caractéres. Para estudiarlos bien,

lo mismo que las celdillas que los contienen, es preciso examinar cortes delgados del floema de una rama de cinco ó seis años. En el tangencial, sobre todo haciéndole pasar por una hilada de parénquima, se ven multitud de celdillas llenas de cristales, que, á la luz polarizada, presentan un magnífico aspecto, pues materialmente parece el campo negro del microscopio sembrado de rubíes, topacios, esmeraldas y zafiros, que se destacan hermosos y brillantes.

Cualquier celdilla parenquimatosa puede contener cristales mezclados con las sustancias amiláceas y la clorofila, y así suelen verse en la zona cortical; pero en el floema, las celdillas cristalíferas no contienen otras sustancias, excepcion hecha de una materia amorfa, de color pardo, y de naturaleza probablemente gomosa—insoluble en el alcohol y el clorofórm—que llena todo el espacio no ocupado por los cristales, y en la cual parecen incrustados.

Inmediatamente despues de la yema terminal, ántes de que la ramilla haya adquirido todo su crecimiento en longitud, se ven ya algunos cristales en las celdillas del parénquima floémico, que poco á poco pierden su contenido nutritivo, y no siguen el desarrollo normal de las demás. Sus paredes quedan más delgadas, adaptándose á los grupos de cristales que contienen; y su desarrollo en magnitud es inferior, sobre todo en diámetro; de modo, que no ocupan todo el sitio que deberian, si sus dimensiones fuesen regulares, quedando algunos espacios vacíos entre ellas y las celdillas de su alrededor. Las del límite externo del floema sobre todo, quedan tan rudimentarias, que en el corte radial aparecen casi lineales y de aspecto filiforme, asemejándose la luz polarizada á un sartal de piedras preciosas.

Los cristales nunca se presentan formando drusas ó incrustaciones, sino siempre aislados, ó, á lo más, reunidos de dos en dos. Ni el ácido acético ni el sulfúrico diluido tienen acción sobre ellos, lo que excluye el carbonato de cal. Sus dimensiones son, por término medio, de 3 á 6 milésimas de milímetro, y su forma general un prisma cuadrangular.

Para observarlos bien es preciso emplear un buen objetivo de  $\frac{1}{4}$  á  $\frac{1}{6}$  de pulgada, y fijarse únicamente en aquellos que presentan una de sus caras perpendicular al eje óptico del microscopio, pues de otro modo, los efectos de perspectiva indu-

cirian á errores. De esta manera se ve que las caras tienen las figuras geométricas siguientes: rectangular—pasando por tránsitos insensibles á la cuadrada—paralelográmica y róm-bica; y además las de los cristales gemelos, de que me ocuparé luégo.

Sin emplear la luz polarizada, difícil me hubiera sido determinar á qué forma cristalográfica correspondían estas caras; pero con su auxilio, y la cooperación de mi amigo y consocio nuestro, D. Rafael Breñosa, creo haberlo conseguido, siguiendo el método indicado por Rosenbusch en su *Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien*, y también por M. Renard, en una nota inserta en el último tomo publicado de los *Anales de la Sociedad belga de microscopía* (1).

Con los nicoles cruzados ninguna cara permanece constantemente oscura; lo que acontecería con las cuadradas si pertenecieran á una forma tetragonal; sino que, por el contrario, presentan cuatro extinciones y cuatro máximos de luz, correspondientes aquéllas á posiciones rectangulares, y á sus bisectrices éstas. Si fuese compatible el sistema exagonal con la forma prismática cuadrangular, esto le excluiría también.

Continuando el exámen, y viendo qué relación guardan los máximos y extinciones con las secciones de los nicoles, se observa que, en las caras rectangulares y cuadradas, siempre que sus lados son paralelos á dichas secciones, hay extinción de luz, mientras que ésta alcanza á su máximo en las cuadradas, cuando lo son las diagonales. En las caras paralelográmicas y rómbicas, las extinciones tienen lugar cuando los lados forman un ángulo de  $5^{\circ}$  y  $10^{\circ}$  con las secciones principales de los nicoles. Estos caracteres permiten excluir el sistema rómbico; pues caso de que las caras rómbicas y rectangulares pertenecieran á un prisma ó doma, habría extinción en dirección de sus diagonales; pues en dicho sistema los ejes cristalográficos coinciden con los de elasticidad. Quedan sólo los sistemas mono y triclinico; y excluido éste por las caras

---

(1) Después de escritas estas líneas he visto en un trabajo de M. Portes, sobre la asparragina de las amigdaléas, inserto en el cuaderno de la *Revue internationale des sciences*, correspondiente á Octubre de este año, que se había servido de un método análogo, descrito por M. Fouqué en la *Revue des cours scientifiques*.

rectangulares, únicamente al primero pueden referirse los cristales.

Las caras rómbicas me embarazaron por algun tiempo, pues no encontraba medio de reunir las todas en una sola forma cristalográfica, de modo que sus ejes guardasen la relacion debida con las secciones principales de los nícoles, en los máximos y extinciones de luz; pero examinándolas con más detenimiento entre los nícoles cruzados, observé en todas ellas una línea que une los puntos medios de dos lados opuestos, y que divide la figura en dos paralelógramos. Entónces la cuestion se me presentó sin dificultad, pues ví que los cristales que presentaban caras rómbicas eran una macla, compuesta de dos individuos adosados en posiciones paralelas de sus ejes y constantes ópticas, y que la combinacion de los tres pinacóides, representada por la fórmula  $0P \infty P \infty P \infty$ , respondia perfectamente á todos los caractéres.

Las caras rectangulares y cuadradas corresponden al pinacóide básico  $0P$ , y al orto-pinacóide  $\infty P \infty$ , cuyas aristas son respectivamente perpendiculares y paralelas, dos á dos, á la orto-diagonal, que coincide con uno de los ejes de elasticidad; y de aquí que haya extincion cuando estén colocadas paralelamente á las secciones principales de los nícoles. Las caras paralelográficas pertenecen al clino-pinacóide  $\infty P \infty$ , cuyo ángulo agudo, de  $75^\circ$ , marca la inclinacion de la clino-diagonal con respecto al plano que determinan los otros dos ejes cristalográficos; y sus lados forman con los de elasticidad  $5^\circ$  el mayor, y  $10^\circ$  el menor. En la lámina xv están representadas las posiciones relativas de los lados con relacion á los ejes.

Además de los cristales que acabo de describir, se encuentran otros muchos que forman maclas por yuxta-posicion, compuestas de dos individuos, colocados en posicion simétrica con respecto á sus ejes cristalográficos. El plano de macla es el orto-pinacóide; y vistos por las caras del clino-pinacóide, presentan la forma de un hierro de lanza. Estos cristales son análogos á los que con frecuencia se observan en el yeso, con la diferencia de que los orto-pinacóides están sustituidos por el prisma fundamental  $\infty P$ , y los pinacóides básicos, por la hemi-pirámide —  $P$ .

El oxalato de calcio es una sustancia dimorfa, y cristaliza en el sistema tetragonal ó monoclinico, segun que tenga tres

ó una molécula de agua. En el caso presente su fórmula es  $C^2 O^4 Ca, H^2 O$ . En la mayor parte de coníferas he visto siempre esta sal cristalizada en igual forma que en el pinsapo, á diferencia de lo que acontece en otras familias, que presenta octaedros y pirámides. En una preparacion de *Acer platanoides* que poseo, forma pirámides monoclinicas, combinadas con el pinacóide básico  $O P$ , y que á menudo se unen en hermosas maclas por penetracion.

d) *Celdillas lignificadas*. Schacht habla, en su tratado del microscopio aplicado á la anatomía vegetal, de las celdillas secundarias del líber; y aunque da una descripcion muy ligera, y no la acompaña de ninguna figura, creo que pueden referirse á ellas las celdillas lignificadas que se encuentran en abundancia entre el floema y la zona cortical del pinsapo. Dice además, que la historia de su desarrollo es desconocida; y no sé si será demasiado atrevimiento el mio, al pretender darla, pero como en este trabajo me he propuesto consignar todas mis observaciones relativas al pinsapo, no dudo en hacerlo, dejando á las personas competentes que las aprecien en lo que valgan.

Ante todo haré notar, que si no fuese por su origen, más bien deberia ocuparme de ellas en la zona cortical que aquí, pues la mayor parte de las veces están rodeadas por el parénquima de esa region; y tambien que el nombre de *celdillas* es poco propio, porque, en realidad, no les convienen los caracteres celulares, ni por su génesis, ni por su forma.

En el corte transversal de una ramilla de tres ó cuatro años, en el límite del floema y la zona cortical, se observan algunas celdillas de paredes tan espesas, que casi desaparece su cavidad; presentando el aspecto de una masa angulosa muy refringente, formada por capas concéntricas, y rodeada, por lo regular, de celdillas parenquimatosas. Su número aumenta con la edad; y en las cortezas viejas constituyen una faja de consistencia leñosa, que protege al floema.

La estructura de las celdillas lignificadas es en extremo embrollada; pero despues de examinar muchas agrupaciones, con los diferentes efectos producidos por la luz oblícua y polarizada, y de separarlas del parénquima que las rodea, por el procedimiento de maceracion de Schultz, se llega á comprender que están formadas por la reunion de varios tubos reple-

gados irregularmente varias veces sobre sí mismos; y nada encuentro mejor á qué compararlas y dar una idea de su constitucion, que á la masa intestinal de los vertebrados. Los repliegues no siempre se hacen exactamente, sino que á veces dejan espacios vacíos, que son los que se toman por la cavidad de las celdillas (?).

Por la descripcion que acabo de hacer, se ve, pues, que no hay tales celdillas—á lo ménos ésta es mi opinion— y, por lo tanto, con más propiedad podria llamárseles *masas lignificadas del floema*. En las láminas que figuran al final de este trabajo, represento algunas de estas masas, que he dibujado de entre las pocas que dejan ver con claridad su estructura.

¿Cuál es el origen de donde nacen las celdillas lignificadas? Para mí no ofrece duda: los tubos cribosos. Paso á paso puede seguirse su formacion, examinando gran número de cortes dados en las tres direcciones, en cortezas de distintas edades. El parénquima continúa su desarrollo despues de su formacion cambial, miéntras que los tubos cribosos no; y, efecto de esto, en la region más exterior del floema se separan de la masa general varias porciones de tubos cribosos, que por causa del desarrollo intercelular del parenquima son comprimidos desigualmente en todos sentidos, y obligándolos á replegarse sobre sí mismos, producen las masas cuya estructura he descrito. La lignificacion de la celulosa es un fenómeno posterior.

La luz polarizada es de gran recurso para estudiar el desarrollo de las celdillas lignificadas, pues con su auxilio se distinguen perfectamente las masas informes de tubos cribosos, separadas de las demás por tejido parenquimatoso; y en los cortes verticales, se ven algunas veces tubos que conservan todavía su forma, en medio de los que la han perdido ya.

No es raro ver celdillas ramosas, de paredes gruesas y lignificadas, en distintas partes del tallo del pinsapo. Con frecuencia las he observado en el parénquima cortical, y en el tejido medular de las ramillas jóvenes; pero su origen y desarrollo nada tienen que ver con el caso actual, pues son verdaderas celdillas, con varios puntos de crecimiento terminal; y su formacion se verifica de la misma manera que describe Sachs para las que se encuentran en las hojas de la camelia.

e) *Rádios del floema*. Antes de que el cambium funcione como tejido generador, sólo los radios procambiales se en-

cuentran en los hacecillos; pero, desde aquel momento únicamente se producen los cambiales. Su formación tiene lugar de un modo igual á los del xilema, y, por lo tanto, no la describiré aquí; pero una vez formados, se distinguen de ellos, porque sus paredes no están jamás lignificadas, y su crecimiento es uniforme, razón por la cual no presentan puntuaciones de ningún género. Las celdillas que los componen tienen el mismo diámetro que las del xilema, pero su longitud es mucho menor, y su forma no tan cilíndrica, sino que, adelgazada en las extremidades, presentan los radios, en el corte trasversal, un aspecto algo moniliforme.

Los radios floémicos se continúan sin interrupción desde el cambium á la zona cortical, con cuyo parénquima se mezclan y confunden; pues cabalmente la parte que está en contacto con dicho parénquima es la más exterior, nacida del procambium, y formada por celdillas isodiametrales.

Las celdillas radiales contienen siempre clorofila, y sirven de depósito á las materias amiláceas.

#### SISTEMA MEDULAR.

Al tratar de los derivados inmediatos del meristema primitivo, he expuesto ya el origen del sistema medular, y en el párrafo *e)* *Esterema*, he marcado las relaciones que guarda con éste; de modo que al presente sólo me resta seguir su desarrollo hasta que constituye la verdadera médula.

El tejido que ocupa el centro de una yema, durante su reposo, está formado por celdillas ovóideas, prolongadas y en disposición horizontal, que por su parte superior se continúan insensiblemente con el meristema primitivo, y por las laterales, y en tránsito más brusco, con la capa de procambium. La acción del picro-carminato indica desde luego que no se encuentran en el mismo estado que los meristemas que le rodean, pues el utrículo primordial de sus celdillas se contrae, y reduce á un glómulo de color carmesí; mientras que en las celdillas meristélicas no se observa contracción alguna, sino que, por el contrario, continúan transparentes, y de un vivo color escarlata. Este tejido forma el armazón de la yema; y á la vez que de sostén, debe servirle de depósito de sustan-

cias nutritivas, pues con el cloro-yoduro de zinc he visto dentro de las celdillas algunos puntos morados, que deben ser pequeños gránulos amiláceos. En la parte inferior de la yema, y en su límite con la ramilla, una capa horizontal de celdillas de igual forma, pero más apretadas, y de paredes más gruesas, separa esta formación del tejido fundamental medular que acaba de producir.

De todos los sistemas de tejidos estables que forman el tallo del pinsapo, el más sencillo, y el único que se deriva inmediatamente del meristema primitivo, es el medular. Después de su nacimiento no se verifica en él generación alguna, ó por lo ménos, no he podido observar ninguna celdilla en estado de división, ni en condiciones á propósito para que pueda efectuarse; y sus modificaciones y crecimiento son exclusivamente debidas al desarrollo individual de sus celdillas. Son éstas, al salir de la yema, y en corte horizontal, ovóideas y de dimensiones bastante diferentes, puesto que algunas tienen 50 milésimas de milímetro, mientras que otras apenas llegan á 15. Poco á poco su forma regular se altera, y por lo comun, al acabar la ramilla su desarrollo es completamente irregular; pero vuelve á su figura primitiva al principio del segundo año.

En Agosto del primero el pico-carminato empieza á teñir de amarillo sus paredes, que aumentan de espesor, excepto en algunos puntos, en los que es reabsorbida la membrana primaria, y forman, por lo tanto, poros abiertos, que son redondos ú ovals, de cinco milésimas de diámetro.

En el primer reposo vegetativo la mayor parte de las celdillas medulares están llenas de almidon, y continúan durante los primeros años sirviendo de depósito de sustancias nutritivas, sin experimentar más cambio que el engrosamiento y lignificación de sus paredes.

## RESÚMEN.

En los párrafos precedentes he intentado seguir paso á paso la génesis de todos los tejidos y elementos anatómicos que componen el tallo del pinsapo, partiendo del meristema primitivo de la yema, como origen comun á todos ellos. Si se exa-

minan con respecto á su duracion, se ve que unos desempeñan un papel transitorio, mientras que otros existen durante toda la vida del individuo. Entre los primeros se pueden distinguir dos clases: los formativos, cuyo objeto es servir de tránsito entre el meristema primitivo y las producciones estables, y los transitorios, que desaparecen despues de haber llenado una mision fisiológica. Corresponden á los primeros: la capa dermatógena, el periblema, el procambium y el tejido fundamental cortical; y á los segundos la epidérmis y los tubos celulares.

Los elementos estables pueden tambien dividirse en dos grupos, segun que su generacion se limite al primer período vegetativo, ó bien continúe formándose durante toda la vida del vegetal. Entre los primeros están: los vasos espirales y punteados, el estereema y el tejido medular; y en los segundos todos los restantes.

Los elementos estables correspondientes al segundo grupo, esto es, aquellos que continúan produciéndose mientras el pinsapo vive, tienen diferentes orígenes. Son cambiales los que constituyen el floema y el xilema; la formacion suberosa nace de la capa felógena, convertida en meristema secundario; y los canales resiníferos y las vesículas glandulosas tienen su origen en el parénquima cortical, que á la vez, y en cierta época del periodo vegetativo, por division celular produce tambien el crecimiento de la zona cortical.

Siguiendo la clasificacion de Sachs, la generacion de los elementos celulares de todos los tejidos de que me acabo de ocupar, se efectúa por division de una celdilla madre, sin contraccion ni redondeamiento sensible de las celdillas hijas; y el tabique celular se forma á la vez, y despues de la division del protoplasma.

Prescindiendo de las producciones que se derivan directamente de un meristema ó del cambium, los tubos celulares nacen de la diferenciacion de una celdilla del tejido fundamental cortical; las vesículas glandulosas, de las celdillas del parénquima, y los canales resiníferos de la disociacion local de los elementos parenquimatosos corticales.

Para poder abarcar á la vez los distintos tejidos y elementos anatómicos de que me he ocupado, y al mismo tiempo para que sirva de índice y terminacion á este estudio, á continua-

cion pongo la lista ordenada de todos ellos, escribiendo, en la del estado durable, con letra bastardilla los nombres de aquellos elementos ó tejidos que sólo se producen en la primera edad de la ramilla.

### ESTADO FORMATIVO

(Al salir de la yema.)

*Epidérmis.*

Tejido fundamental cortical.

Anillo libero-vascular.

Tejido fundamental medular.

### ESTADO DURABLE.

#### SISTEMA CORTICAL.

*Epidérmis.*

Capa suberosa.

Capa felógena.

Felodérmis.

Zona cortical.

a) Canales resiníferos.

b) *Tubos celulares.*

c) Vesículas glandulosas.

d) *Parénquima cortical.*

#### SISTEMA VASCULAR.

Xilema.

a) *Vasos espirales y punteados.*

b) Vasos aureolados.

c) *Parénquima leñoso.*

d) Radios al xilema.

e) *Estereoma.*

Cambium.

a) Cambium libero-vascular.

b) Cambium radial.

Floema.

a) *Tubos cribosos.*

b) *Parénquima.*

c) *Celdillas cristalíferas.*

d) *Celdillas lignificadas.*

e) Radios del floema.

#### SISTEMA MEDULAR.

*Tejido medular.*

## Explicacion de las láminas.

### LÁMINA XII.

Figura 1.<sup>a</sup> Corte axial de una yema, al acabar de producir el desarrollo longitudinal de la ramilla: A, meristema primitivo, que forma el vértice de vegetacion; B, escamas protectoras de la yema; *a*, capa dermatógena; *c*, periblema; *d*, procambium; *b*, tejido fundamental medular, derivado directamente del meristema primitivo; *g*, rudimento foliar, del cual nace un hacecillo procambial, que se une á la capa de procambium; *h*, escama protectora al principio de su desarrollo; *f*, grupo de celdillas que divide el tejido fundamental medular de la yema, del medular de la ramilla.

Fig. 2.<sup>a</sup> Corte axial de una yema, en Agosto, despues del completo desarrollo de la ramilla. Las letras tienen igual significacion que en la figura anterior.

Fig. 3.<sup>a</sup> Celdillas de la capa dermatógena en estado de division. El protoplasma se encuentra contraido por la accion de picro-carminato de amonio.

Fig. 4.<sup>a</sup> Corte de un rudimento foliar (*g*, figs. 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup>) de una yema en Agosto: *a*, capa dermatógena, con algunas celdillas en estado de division; *b*, tejido felógeno, que forma todo el rudimento, enteramente igual al periblema.

Fig. 5.<sup>a</sup> Tejido fundamental medular próximo á la yema de que procede, en corte longitudinal. El protoplasma está algo contraido, efecto de la preparacion.

Fig. 6.<sup>a</sup> Tejido fundamental que ocupa el centro de la yema, despues de haber ésta producido el crecimiento anual, y en su período de reconstitucion. Efecto del picro-carminato, todo el contenido protoplásmico está muy contraido, y forma un glomérulo en el interior de cada celdilla.

Fig. 7.<sup>a</sup> Epidérmis de una ramilla al acabar su desarrollo longitudinal, en Junio del primer año.

Fig. 8.<sup>a</sup> Epidérmis de una escama protectora, en un estado avanzado de cuticularizacion.

Fig. 9.<sup>a</sup> Epidérmis de una escama protectora, en un estado avanzado de cuticularizacion, de un tipo diferente del que representa la figura anterior.

Fig. 10.<sup>a</sup> Corte perpendicular de la epidérmis que representa la fig. 8.<sup>a</sup>

Fig. 11.<sup>a</sup> Corte longitudinal de una escama protectora. En la parte inferior se ve la epidérmis cuticularizada; y la superior, que corresponde á la cara interior, la forman celdillas llenas de protoplasma, diferentes de las del tipo epidérmico, aunque provienen de la capa dermatógena. El centro lo ocupa el tejido fundamental.

Fig. 12.<sup>a</sup> Corte horizontal de la corteza, en el punto de inserción de una hoja: *a*, zona cortical; *b*, felodérmis; *c*, capa corchosa; *d*, epidérmis; *e*, hipodérmis; *f*, capa de tejido corchoso que separa el tejido fundamental de la hoja, del parénquima cortical; *g*, tejido fundamental de la hoja; *j*, hacecillo vascular (arco foliar) común á la hoja y al tallo.

Fig. 13.<sup>a</sup> Corte tangencial, que pasa por el parénquima floémico de una corteza de seis años. Presenta dos celdillas cristalíferas que se distinguen de las demás por su contenido, y porque sus paredes son más delgadas, y no están en continuo contacto con las adyacentes. La combinación de los tres pinacoides monoclinicos forma los cristales: las caras rectangulares y cuadradas pertenecen al básico—y orto-pinacoide, las paralelográmicas al clino-pinacoide; las rómbicas—reunión de dos paralelogramos—á una macla de dos individuos unidos por yuxta-posición, paralelamente á sus ejes; y las demás—dos clino-pinacoides—á una macla, también de dos individuos yuxta-puestos en posición simétrica de sus ejes. Las celdillas ovaladas corresponden á un radio floémico.

Fig. 14.<sup>a</sup> Corte transversal de una ramilla, en Agosto del primer año: *a*, tejido medular; *b*, estereema; *cc*, radios post-cambiales, en directa comunicación con el estereema. La región leñosa, en contacto con el estereema, la forman los vasos espirales y punteados.

#### LÁMINA XIII.

Fig. 1.<sup>a</sup> Corte transversal de la región cortical de una ramilla, al terminar su desarrollo en longitud: *a*, epidérmis; *b*, capa felógena que acaba de producir la primera hilada corchosa; *c*, felodérmis; *d*, parénquima de la zona cortical; *e*, corte transversal de los tubos celulares.

Fig. 2.<sup>a</sup> Corte transversal de la region tegumentaria de una ramilla en Junio del segundo año: *a*, epidérmis cuticularizada; *b*, capa corchosa; *c*, capa felógena produciendo una hilada corchosa por division de las celdillas madres; *d*, felodérmis.

Fig. 3.<sup>a</sup> Corte longitudinal de la region tegumentaria de una ramilla de seis años, en la cual la epidérmis ha desaparecido: *a*, capa corchosa; *b*, capa felógena; *c*, felodérmis; *d* y *e*, paredes tangenciales de toda una hilada de celdillas, fuertemente engrosadas, representantes de la peridérmis. La capa felógena no ha entrado todavía en actividad, y sus celdillas, lo mismo que las de la última hilada corchosa, están llenas de almidon.

Fig. 4.<sup>a</sup> Corte transversal de un canal resinífero empezando á formarse: *a*, primer rudimento del canal, debido á una disociacion de las celdillas; *b*, celdillas que han de constituir las paredes del canal, y segregar la resina; *c*, parénquima cortical.

Fig. 5.<sup>a</sup> Canal resinífero de una ramilla muy jóven.

Fig. 6.<sup>a</sup> Corte transversal de un canal resinífero de una ramilla de cuatro años: *a*, canal resinífero; *b*, celdillas secretoras.

Fig. 7.<sup>a</sup> Corte axial de un canal resinífero: *a*, corte de las celdillas secretoras; *b*, celdillas secretoras; *c*, celdillas que forman el armazon del canal.

Fig. 8.<sup>a</sup> Corte longitudinal de un tubo celular, de una ramilla en Agosto del primer año. La membrana del tubo se ve desgarrada en la parte superior, y las hiladas verticales de celdillas corresponden al parénquima cortical.

Fig. 9.<sup>a</sup> Corte longitudinal de la extremidad de un tubo celular.

Fig. 10.<sup>a</sup> Corte transversal de una porcion de parénquima cortical que contiene algunos tubos celulares, tratado por la disolucion de yodo y el ácido sulfúrico. La pared de los tubos está muy engrosada y teñida de azul, miéntras que su película interior, lo está de amarillo parduzco.

#### LÁMINA XIV.

Fig. 1.<sup>a</sup> Corte transversal de la region del cambium y floema de una ramilla de seis años: *a*, vasos aureolados del

xilema; *b*, celdillas cambiales; *c*, tubos cribosos; *d*, radio del floema; *e*, celdilla cristalífera; *f*, parénquima de la zona cortical. En este corte se ven además, entre los tubos cribosos, varias celdillas de parénquima floémico, y algunas cristalíferas.

Fig. 2.<sup>a</sup> Corte tangencial del floema á los seis años. Presenta dos hiladas verticales de parénquima y varios radios.

Fig. 3.<sup>a</sup> Vasos utriculosos observados en la zona cortical de una ramilla, en Setiembre del primer año.

Fig. 4.<sup>a</sup> Corte radial del parénquima de la zona cortical, presentando una vesícula glandulosa. A los dos lados de la vesícula, y dispuestas en hiladas verticales, se ven las celdillas de primera formacion; y á su alrededor las que se han desarrollado al mismo tiempo que ella.

Fig. 5.<sup>a</sup> Corte radial, dado en la region cortical de una ramilla, en Agosto de su primer año, que demuestra el origen de las vesículas glandulosas. A ambos lados se ve el parénquima de primera formacion, que estaba en contacto con un tubo celular; y en el izquierdo, varias celdillas *b*, de formacion secundaria, se disponen á rellenar el sitio que ántes ocupaba éste. Por la parte superior é inferior, unen ya las paredes opuestas, y las celdillas que han de formar las vesículas glandulosas, empiezan á diferenciarse. El protoplasma está contraído y formando un glomérulo, por la accion de la tintura de índigo empleada para el exámen de la preparacion.

Fig. 6.<sup>a</sup> Celdillas lignificadas del floema, separadas del parénquima que las rodeaba: *a*, corte longitudinal, en el que parece formada por un tubo replegado sobre sí mismo; *b* y *c*, cortes trasversales; *d*, corte trasversal de una celdilla lignificada en formacion.

Fig. 7.<sup>a</sup> Corte tangencial, que pasa por un grupo de vasos espirales y punteados del xilema primario, y por el estereema de una ramilla en Agosto del primer año. A la izquierda se ve que las celdillas estereémicas cambian su desarrollo longitudinal por el radial, á medida que se separan de los vasos, con objeto de formar los radios postcambiales. Las más próximas á las tráqueas están en disposicion vasiforme, y podrian confundirse algunas veces con los vasos punteados, si no fuese por las sustancias amiláceas que contienen.

Fig. 8.<sup>a</sup> Corte radial, en la madera de primavera, que presenta la union vertical de varios traquéidos.

## LÁMINA XV.

Fig. 1.<sup>a</sup> Corte trasversal de un hacecillo vascular, de una ramilla muy joven, antes de que sus hojas estuviesen completamente desarrolladas: *a*, tejido medular; *b*, postcambium; *c*, vasos punteados y espirales; *d*, vasos aureolados; *e*, parénquima cortical; *f*, tubos cribosos; *g*, un radio floemo-xilémico. Este corte presenta: en la parte superior, el xilema del hacecillo; en la inferior, el floema; y en el centro, la region cambial. El postcambium le envuelve por la parte superior y laterales.

Fig. 2.<sup>a</sup> Nacimiento de un radio procambial; *a*, vasos espirales y punteados; *b*, tejido leñoso; *c*, radio. Se ve claramente que entre el radio y el estereema hay un grupo de vasos desarrollables.

Fig. 3.<sup>a</sup> Nacimiento de un radio postcambial. Difiere esta figura de la anterior, sólo en que el radio pasa por entre dos grupos de vasos, y se continúa con el estereema.

Fig. 4.<sup>a</sup> Corte radial del xilema de un hacecillo muy joven. Las celdillas de la izquierda pertenecen al estereema aún no completamente formado.

Fig. 5.<sup>a</sup> Grupo de vasos punteados, punteado-aureolados, espiral-punteados y espiral-aureolados.

Fig. 6.<sup>a</sup> Pared de un vaso espiral-punteado, y punteado en corte oblicuo.

Fig. 7.<sup>a</sup> Corte radial de parte de dos anillos leñosos, de un tallo de 20 años, que presenta la formación de primavera á la izquierda, y la de otoño á la derecha. En la primera se ven los poros aureolados, en las caras radiales, colocados en una y dos filas; y en las tangenciales, en los dos ó tres últimos traquéidos de la formación de otoño.

Fig. 8.<sup>a</sup> Corte radial, en el límite de dos anillos leñosos. En la parte superior presenta un radio medular, del que derivan dos celdillas, que simulan el parénquima leñoso.

Fig. 9.<sup>a</sup> Corte radial, en el límite de dos anillos leñosos, en el que se ve la parte superior de un traquéido de primavera degenerada en parénquima leñoso.

Fig. 10.<sup>a</sup> Corte de un poro aureolado de primavera. El plano

de seccion es perpendicular á la membrana del vaso, y pasa por el eje del poro.

Fig. 11.<sup>a</sup> Aspecto que presentan los poros aureolados, entre los nicoles cruzados, siendo el eje del traquéido paralelo ó perpendicular al plano de polarizacion.

Fig. 12.<sup>a</sup> Aspecto de los poros aureolados, examinados entre los nicoles cruzados, empleando una lámina sensible de selenita que dé el rojo de primer orden: PP, plano de polarizacion; R, color rojo; V, color verde. La parte blanca y sin sombra corresponde al amarillo. En B, el eje del traquéido es perpendicular al plano de polarizacion, y el eje de elasticidad de la selenita forma con dicho plano un ángulo de  $10^{\circ}$ . En C, las mismas condiciones, sólo con el ángulo del eje de la selenita algo mayor, para que se vea bien la invasion del color verde en el segundo y cuarto cuadrantes.

Fig. 13.<sup>a</sup> Aspecto de un poro aureolado visto entre los nicoles cruzados, formando el eje de elasticidad de la selenita un ángulo de  $90^{\circ}+45^{\circ}$  con el plano de polarizacion, y siendo el eje del traquéido perpendicular á dicho plano: PP, plano de polarizacion; R, color morado; A, color amarillo.

Fig. 14.<sup>a</sup> Cara paralelográfica de un cristal de oxalato de calcio, de una celdilla cristalifera, correspondiente al clinopinacoide, que demuestra la relacion de los dos ejes de elasticidad paralelos á dicha cara, con sus lados.

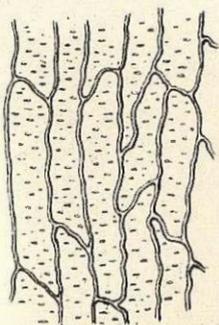


Fig. 7.

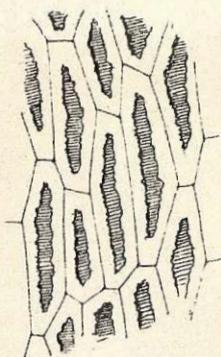


Fig. 8.

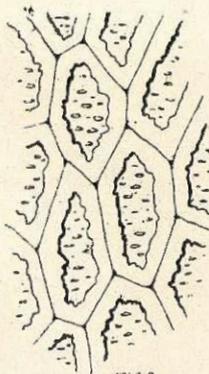


Fig. 9.



Fig. 10.

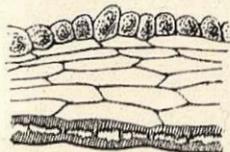


Fig. 11.

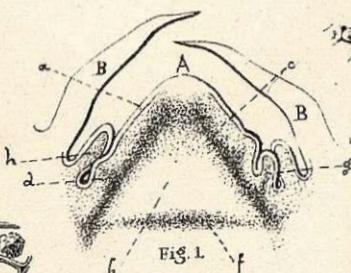


Fig. 1.

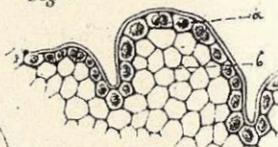


Fig. 4.

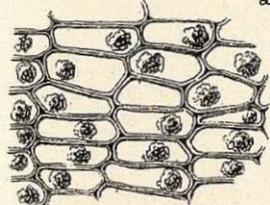


Fig. 6.

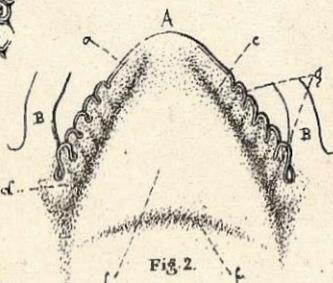


Fig. 2.

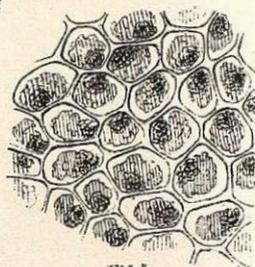


Fig. 5.

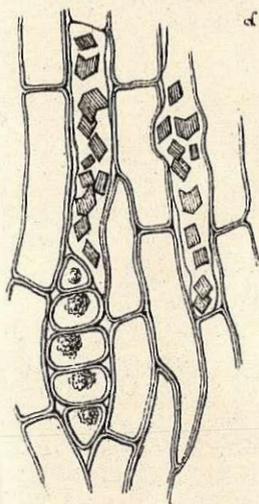


Fig. 13.

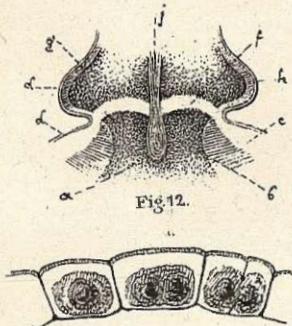


Fig. 12.



Fig. 3.

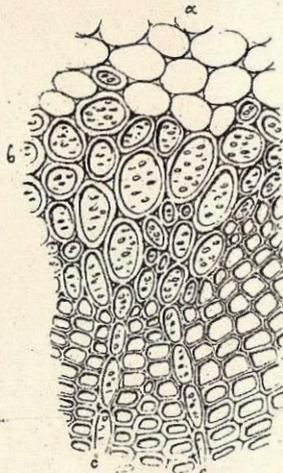


Fig. 14.

J. M<sup>o</sup> Castellarnau ad nat.

Fotolitografía por F. Kraus.



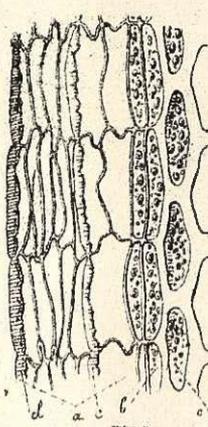


Fig. 3.

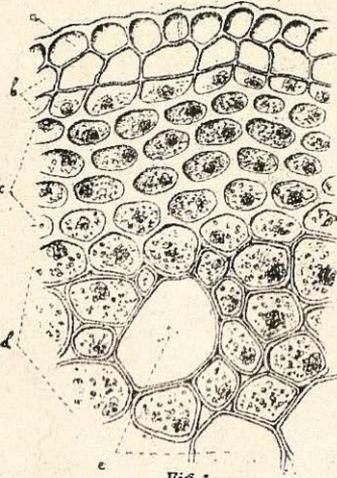


Fig. 1.

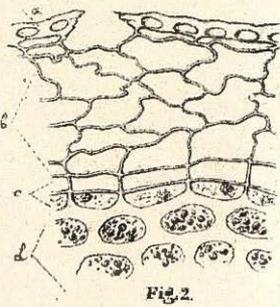


Fig. 2.

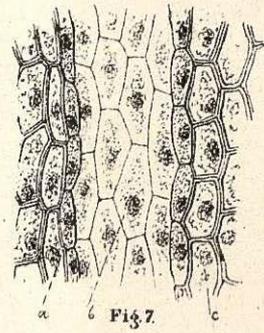


Fig. 7.

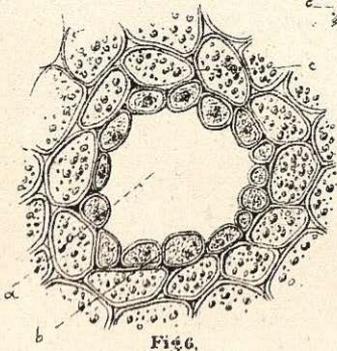


Fig. 6.

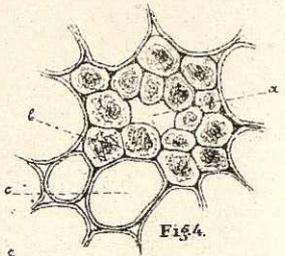


Fig. 4.

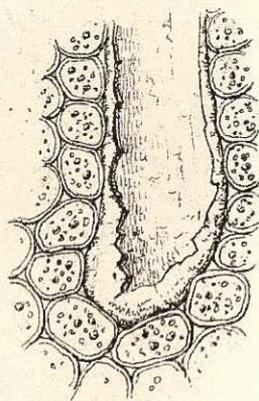


Fig. 9.

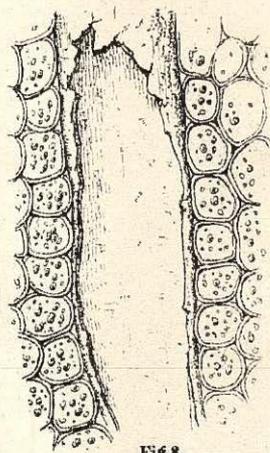


Fig. 8.

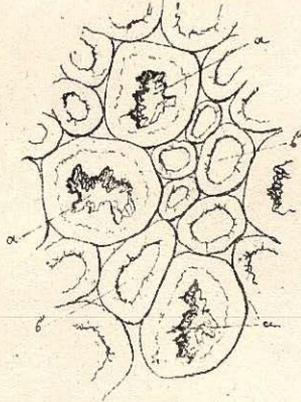


Fig. 10.

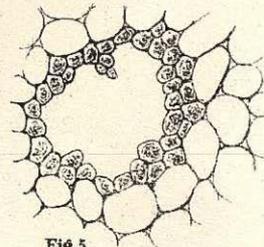


Fig. 5.



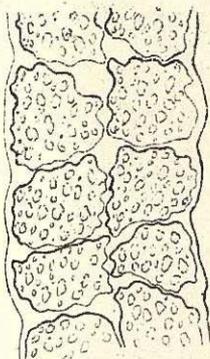


Fig. 3.

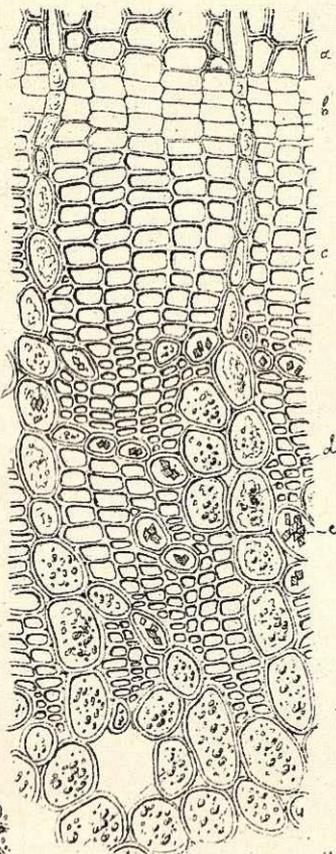


Fig. 1.

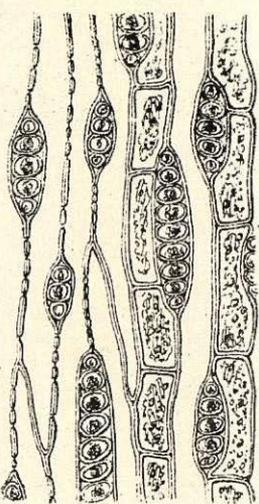


Fig. 2.

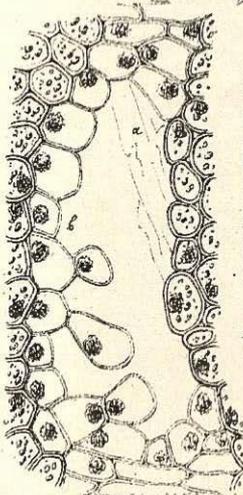


Fig. 5.



Fig. 6.

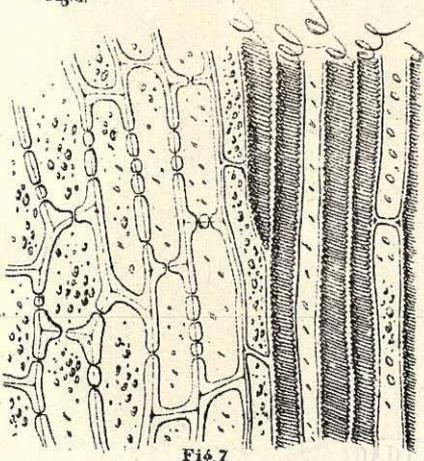


Fig. 7.

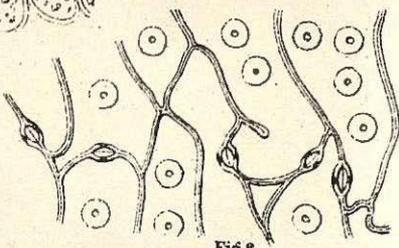


Fig. 8.

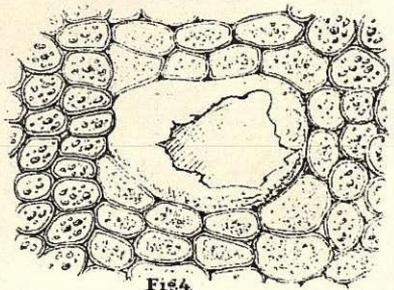
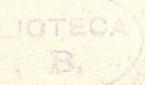
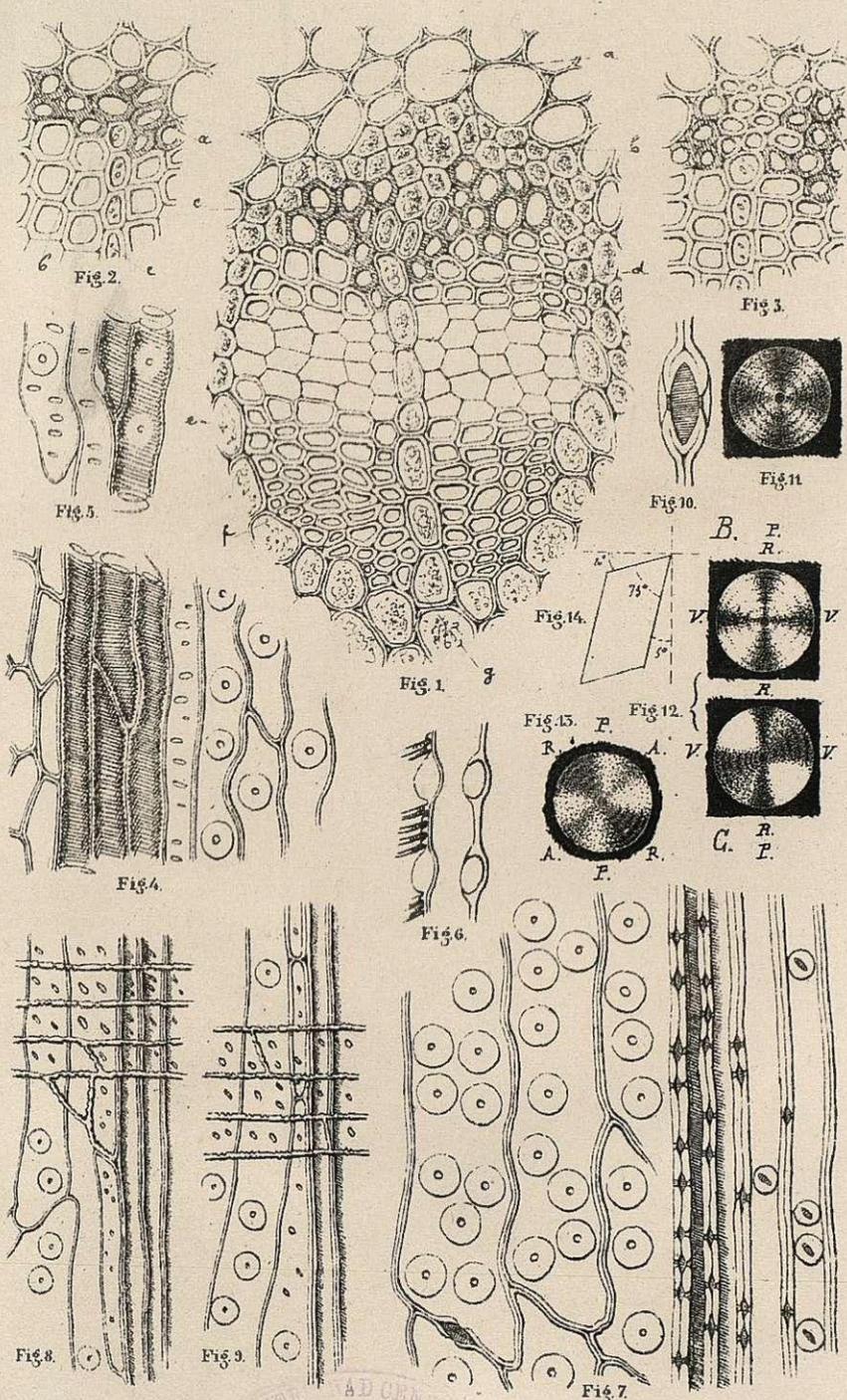


Fig. 4.





J. M<sup>o</sup> Castellarnau ad.nat.

Fotolit<sup>o</sup> por G. Lança y F. Kraus, Madrid.

