

volvimiento tiene lugar, pues, sobre el protalo y á expensas de los materiales nutritivos que el protalo tiene acumulados.

El huevecillo comienza por segmentarse en dos células que á su vez se dividen, constituyendo una masa de cuatro elementos histológicos, cada uno con su función propia; la célula superior posterior da lugar á que se forme una masa cónica que penetra en el tejido del protalo y está encargada de nutrir á las otras tres células; esta masa recibe el nombre de *pie*: la otra célula superior produce el tallo; de las dos inferiores, la de adelante forma la primera hoja, la de atrás forma á la radícula; con estos diversos órganos queda constituido el embrión.

Al desenvolverse el embrión sale fuera del arquegonio que le contiene, primero la radícula que penetra en el suelo, después la primera hoja que se extiende en el aire y á la cual siguen otras expansiones foliáceas; á la vez el pie y el protalo se desecan, alimentándose de un modo directo la nueva planta; poco á poco el rizoma se produce y se alarga, motivando la aparición de nuevas hojas y de raíces nuevas; el aparato vegetativo llega á la edad adulta y aparecen los órganos reproductores asexuales, repitiéndose el ciclo ontogénico.

El *Aspidium filix-mas* presenta ya caracteres de la jerarquía vegetal superior; un paso más y la vida vegetal habrá alcanzado su plenitud.

IV. — FANERÓGAMAS

(Estudio del abeto)

GENERALIDADES. — Un distinguido botánico francés, M. de Lannessán, publicó hace pocos años con el título de *Introducción á la Botánica* una notable monografía del *Abies excelsa*, el árbol que ofrece más grandiosidad de aspecto de cuantos vegetan en el dominio forestal del Norte de Europa, el *sapin* de los franceses, designado en nuestro país con los nombres de *abeto rojo* y *abeto falso* (1). Esta monografía nos proporciona las generalidades neces-

(1) Estos nombres vulgares han debido tener su origen en el comercio de maderas. En España es dudosa la existencia del *Abies excelsa*; el *abeto* de la península es el *Abies pectinata* D. C. que habita en los Pirineos de Navarra, Aragón y Cataluña y en algunas sierras derivadas de la cordillera pirenaica. En la Serranía de Ronda existe otro abeto, el *Abies Pinsapo* Boiss, vulgarmente llamado *pinsapo*.

rias para agregar á las nociones de Anatomía y Morfología que trazamos un tipo representante del extenso grupo de las fanerógamas.

M. de Lanessán describe al *Abies excelsa* en las brillantes frases que transcribimos, porque á la vez indican la importancia del estudio de aquel árbol.

«Ornamento de nuestros parques, predilecto habitante de nuestras montañas, desde la zona forestal más inmediata al polo Norte hasta el Sur de los Pirineos, el abeto ofrece á la admiración del pintor la elegancia de su conjunto, la valentía de su elevación hacia el cielo, la belleza de su follaje verde sombrío, sobre cuyo fondo se destacan en primavera los puntos más claros de las nuevas ramas y las espigas amarillentas de sus flores masculinas. El paseante busca sus bosques limpios de hojarasca, tapizados de blandos musgos que cubren la tierra constantemente húmeda. Los poetas han repetido las monótonas canciones que el viento murmura en su ramaje; el hombre rodea de cuidados un tronco propio para mil usos ó hiende la corteza de donde brota un útil y abundante producto. En cuanto al naturalista, admira en este gigante uno de los árboles más viejos de nuestro mundo, uno de los testigos más antiguos de las transiciones sufridas por la superficie de la tierra durante las edades pasadas, cuya historia hipotética no podemos escribir sino por medio de monumentos arrancados á las entrañas del globo. Ve en este árbol soberbio una de las formas de transición que ligan el presente al pasado, los vegetales superiores á los inferiores, la elegante flor de nuestros parterres á los modestos líquenes que enrojecen la superficie de las rocas.

»Por esta última circunstancia he elegido al abeto para que sirva de base á un estudio general sobre la organización, el modo de vivir y la evolución de los vegetales.

»Colocado en los confines de dos grandes provincias en las cuales los botánicos acostumbran á distribuir todos los vegetales, el abeto nos permitirá investigar las analogías que aproximan y las diferencias que separan á los dos grandes grupos del reino vegetal: el de las fanerógamas, al que pertenecen las hierbas de nuestros prados, los árboles de nuestros bosques, los arbustos y las innumerables plantas que cultivamos por las flores, los frutos ó el follaje,

grupo cuyo nombre deriva de que todos los vegetales que le componen tienen órganos reproductores visibles, á veces flores de coloración brillante y suave aroma. Es en la parte inferior de este grupo donde el abeto se halla colocado. Enlaza las fanerógamas á las criptógamas, que forman la otra gran división del reino vegetal, división que denominó así Linneo porque las plantas que le forman no tienen nunca flores capaces de llamar la atención y los órganos reproductores que poseen están más ó menos ocultos á los ojos del vulgo. A este grupo pertenecen las algas, dotadas algunas de brillantes colores, que adornan las rocas de las costas ó embadurnan los cantos de los arroyuelos; los líquenes que se incrustan en las cortezas de los árboles; los hongos que crecen entre las hojas y los troncos podridos de las forestas; los musgos que tapizan el suelo de los bosques, las márgenes de los caminos y los pies de las murallas, etc.»

A simple vista se perciben en el abeto partes diferentes, miembros y órganos distintos. Sobre la tierra en que encuentra sostén y alimento, se eleva un *tallo* grueso en su base, sucesivamente más delgado hasta terminar casi en punta; del tallo, como si fuera la columna central del árbol, salen en derredor *ramas* distintas, generalmente en dirección perpendicular, ó también algún tanto inclinadas hacia abajo; las primeras de estas ramas son largas y distan bastante del suelo, ramificándose á su vez forman un piso de verdura, una verdadera alfombra suspendida en el aire, mecida por el viento; las ramas disminuyen en longitud á medida que están más elevadas, y de este modo el conjunto del árbol es cónico.

Cubren á las ramas y ramillas unos órganos verdes, de forma acicular; son las *hojas*, que tienen una longitud de tres ó cuatro centímetros y aparecen dispuestas de un modo desordenado cuando en realidad forman sus puntos de inserción espirales bien definidas. En la axila de las hojas pueden observarse unos cuerpecillos grisáceos de forma cónica, pequeño tamaño, escamosos en la superficie; reciben el nombre de *yemas*, y son ramitas en miniatura que han de desenvolverse hasta adquirir la forma y el tamaño de las en que se encuentran.

Suelen terminar muchos ramos por unos órganos cilíndricos,

gruesos, largos hasta de veinte centímetros, cubiertos de escamas leñosas, muy duras, empizarradas; estos órganos, que tienen coloración más ó menos rojiza, son los *frutos*. Si levantamos las escamas que en los frutos jóvenes se hallan con fuerza adheridas y en los maduros se desprenden con alguna facilidad, observaremos bajo cada una un cuerpo negruzco, oval, comprimido, recubierto de una especie de membrana; es la *semilla*: contiene bajo las cubiertas exteriores un *embrión*, germen procedente de la reproducción sexual cuyo desenvolvimiento da lugar á que se forme otro árbol como aquel de que procede.

Cerca de los frutos se encuentran en las ramas superiores unos conos pequeños, cubiertos también de escamas, pero éstas son membranosas, y encierran dos corpúsculos blanquecinos que tienen forma de botella; estos frutitos rudimentarios se consideran como *flores femeninas*. Las *flores masculinas* aparecen en primavera, en las ramas medias del árbol; están formadas por pequeños conos amarillentos, de los cuales se desprende un polvo amarillo, que es el destinado á fecundar las flores femeninas y recibe el nombre de *polen*.

Todos estos órganos, apoyados en los ramos, que á su vez derivan del tronco ó tallo, se extienden en el aire, y en contacto de la atmósfera viven realizando su función propia; pero la planta no sólo está formada por sus miembros y órganos aéreos, sino que tiene una parte que se extiende por el suelo. En efecto, si con cuidado y valiéndonos de los instrumentos precisos vamos separando la tierra al pie del tallo, observaremos que éste se continúa con una porción subterránea, también terminada en punta, ramificada y subramificada con profusión, sobre la que no aparecen órganos verdes, ni yemas ni flores ni frutos. Esta parte subterránea, que ocupa área extensa, es la *raíz*. Las últimas ramificaciones son sumamente delgadas, casi capilares, y guardan con el suelo tan íntimo contacto, que al extraerlas siempre salen unidas á ellas partículas minerales pulverizadas.

El abeto, tal como aparece ante nosotros, se halla formado de miembros y de órganos cuya morfología asemeja á la del *Asplenium* estudiado. Difieren sin embargo mucho por su anatomía y por su funcionalismo. En este elegante aparato vegetativo se opera la

generación sexual; no existe, como en el *Asplenium*, un pie vegetal para los gérmenes asexuales y otro rudimentario sobre el que aparecen los órganos sexuales, y se produce previa la fecundación una nueva planta.

Cada órgano de los indicados tiene función distinta; pasaremos rápida revista á todos ellos, indicando la estructura anatómica y la fisiología.

LA RAÍZ. — Se extiende por la tierra en sentido opuesto al tallo, del cual es continuación; sus funciones son especiales y especial por tanto la estructura: pueden señalarse algunos caracteres que la distinguen del tallo; ya hemos indicado desde luego que ni tiene hojas ni yemas ni flores ni frutos. Hay además en las raíces una tendencia marcadísima á dirigirse hacia el centro de la tierra, huyendo de la luz, tendencia que recibe el nombre de *geotropismo positivo*.

Consta la raíz del abeto de una especie de eje ó tronco que se denomina *raíz principal*, de la cual proceden las raicillas; esta raíz principal es la que tiene el geotropismo positivo en mayor grado; las ramas que de ella derivan le pierden poco á poco, á medida que se separan de la principal. Suele ser ésta constante en el abeto, pero también puede desaparecer; cuando en su crecimiento encuentra una roca muy resistente, no crece más y se ramifica á los lados en gran número de ramas delgadas; lo mismo sucede si halla una corriente de agua; entonces las ramificaciones con que termina son filamentosas, forman flecos que nadan en el agua.

Tiene la raíz doble misión; sostiene el árbol al suelo, le fija y defiende así de los embates del viento; además son las raicillas órganos absorbentes, por los cuales penetra el agua del suelo en la planta y con ella las sustancias disueltas; pueden también penetrar elementos sólidos merced á una especie de digestión que en los pelos radicales tiene lugar.

Darwin demostró que las extremidades de las raíces todas describen en el suelo una elipse, moviéndose hasta haberse dirigido á todos los puntos del horizonte; este movimiento fué denominado de *circunmutación* y es debido á que todas las células de la extremidad no crecen con la misma rapidez.

Las raíces del abeto, como las de la generalidad de las plantas, no son verdes, carecen de clorofila.

En la ramificación de las raíces del abeto se observa que no hay dos raicillas de la misma edad, lo que indica que se produce cada ramilla aisladamente; ninguna tiene la extremidad bifurcada, todas ofrecen terminación entera; las sucesivas que aparecen se separan de las preexistentes cada vez más, ocupando así un más amplio radio; cada ramificación se inserta á cierta distancia de la extremidad de la rama en que se forma; las ramas son siempre laterales, nunca terminales; este género de ramificación se llama *monopodio*. Como la extremidad de las raicillas queda libre, puede seguir creciendo de un modo indefinido.

Para estudiar la anatomía en la raíz del abeto conviene elegir primero unas raicillas de tres á cinco milímetros de grosor y dar en ellas cortes longitudinales, transversales, radiales y tangenciales, examinándolas después detenidamente al microscopio.

Hallaremos, partiendo de fuera adentro, según Lanessán, algunas capas amarillentas de corcho, procedentes de la suberización de las células superficiales de la corteza; un parenquima cortical de grandes células irregularmente poligonales, entre las cuales existen espacios intercelulares; un círculo completo de haces libero-leñosos de idéntica organización á la que tienen los haces en el tallo, pero formados por elementos más anchos y que se prolongan además hacia el centro de la raíz, donde se confunden, careciendo este miembro de la medula que la generalidad de los tallos tienen. La parte leñosa aparece dividida en tres capas por la desigualdad de los elementos histológicos. Lo mismo por el leño que por la corteza se distribuyen canales secretores.

Esta estructura puede considerarse como típica de la raíz adulta del abeto; las raíces muy jóvenes difieren mucho anatómicamente del tipo descrito.

Si examinamos una raicilla apenas formada, la hallaremos recubierta de pelos unicelulares, verdaderos tubos ciegos, de forma de dedo de guante, que son los órganos absorbentes; estos pelos no proceden de la epidermis, puesto que carecen de ella las raíces; proceden de la capa externa cortical, á la que se denomina *capa pilífera*. Debajo de ésta hay otra de parenquima cortical y debajo

una tercera endodérmica. El cilindro central está provisto de una medula bien distinta, en derredor de la que hay un corto número de haces leñosos formados de elementos cuyo contorno es poligonal si se mira en un corte transverso. Entre los haces leñosos aparece un parenquima representante de los radios medulares que unen la medula á la corteza, y en este parenquima se observan haces que tienen el aspecto de liberianos. Esta separación y alternancia de los haces liberianos y leñosos sólo se verifica en las raíces jóvenes y de un modo pasajero; muy pronto se unen las dos clases y se integra el haz libero-leñoso con sus caracteres ordinarios.

Cuando la raicilla avanza en edad, los pelos se caen y la capa pilífera desaparece, á la vez que se suberizan las células situadas debajo. En la extremidad de las raicillas se observa una formación celular especial, cuyas células se van desprendiendo á medida que envejecen; pero alcanza en el abeto escaso desarrollo.

EL TALLO. — Por su aspecto general corresponde á los que se denominan vulgarmente *troncos*; es cilíndrico, resistente, de fuerte madera, alto, grueso en su parte inferior, de menor diámetro á medida que nos elevamos en él.

El tallo se dirige en sentido opuesto á la raíz; ésta tiende al centro de la tierra, aquél se eleva en el espacio; tal tendencia se denomina *geotropismo negativo*. El abeto presenta esta propiedad en alto grado; pocos árboles se elevan como él presentando el tallo erguido, recto en toda su extensión, sin ondulaciones ni irregularidades.

El tallo se halla ramificado; las ramas al nacer se levantan como el tronco, siguiendo una dirección casi paralela á él; pero á medida que aumentan de grosor la pesantez las obliga á divergir, y primero se colocan en dirección perpendicular al eje del tallo y después se inclinan hacia el suelo.

Las ramas del abeto, como las de todas las plantas, en su extremidad ofrecen la circunmutación que en las raíces hemos también observado. Son además *positivas heliotrópicamente*; es decir, que buscan la luz en vez de huir de ella, como las raicillas.

Cuando nacen, las ramas se hallan recubiertas de una epidermis verde, tienen clorofila; ésta desaparece pronto, y por ello lo

mismo el tallo que las gruesas ramificaciones se hallan recubiertos de una corteza rugosa, agrietada.

Nacen las ramas generalmente tres ó cuatro al mismo nivel del tronco, formando *verticilos*, cuya disposición mantiene muy bien el equilibrio del conjunto y le da solidez y flexibilidad para resistir los accidentes atmosféricos. Deriva cada ramilla de una yema que se desenvuelve en la axila de una hoja; pero no ocurre esto en las hojas todas, que son numerosísimas, sino en muy pocas. Ni los ramos ni el tallo se bifurcan; cuando en alguna ocasión aparecen bifurcados es debido á que el crecimiento se ha detenido y junto á la extremidad se han desenvuelto dos yemas opuestas.

La primera función del tallo es servir de soporte á las hojas y á los órganos florales, que no son otra cosa sino hojas transformadas. Los ramos jóvenes, verdes, provistos de clorofila, pueden desempeñar las mismas funciones que las hojas.

Sirve además el tronco de órgano de sostén, y él y las ramificaciones forman el aparato por donde los jugos circulan. La fortaleza del tronco y su flexibilidad es debida á que de una parte los elementos histológicos principales que le constituyen tienen formas alargadas, y de otra parte son elementos pasivos, de paredes endurecidas por la aglomeración de celulosa.

El estudio de la anatomía del tallo exige ciertos preparativos que pueden aplicarse igualmente á la raíz. Lanessán describe la operación del modo siguiente:

«Se toma una ramita de abeto que tenga próximamente un grosor de cinco á seis milímetros; en ella se encuentran ya formados todos los elementos que importa conocer, si bien los tejidos no tienen la dureza que más tarde adquieren, por lo cual los cortes en la ramita son fáciles de hacer valiéndose de un microtomo cualquiera. Se dan cortes transversales y cortes longitudinales, uno que pase por el eje mismo de la rama y otros paralelos á éste y á diferentes distancias. Es conveniente hacer hervir las delgadas laminillas obtenidas, durante uno ó dos minutos, en una solución de anilina en ácido acético, agregando una gota de ácido sulfúrico.»

El mencionado autor emplea este reactivo del siguiente modo: Disuelve en el ácido acético azul de anilina hasta obtener una solución oscura. Depositando una gota de esta disolución sobre el

corte que se va á observar, se colorean de azul todos los elementos más avanzados en edad, mientras los más jóvenes permanecen incoloros; se favorece mucho el resultado empleando la disolución á una elevada temperatura, y más si el corte se hace hervir en el líquido durante uno ó dos minutos, como debe hacerse tratándose del abeto. Es muy conveniente agregar unas gotas de ácido sulfúrico ordinario, en cuyo caso se destruye el contenido de los elementos histológicos, y reducidos éstos á sus membranas, se diferencian con gran claridad, pudiéndose apreciar bien los contornos, la figura y los accidentes de la superficie.

Puesto el corte transversal al microscopio, el observador hallará, yendo de lo externo á lo interior:

1.º Varias capas de células poliédricas, algún tanto irregulares, con las paredes espesas, sin contenido alguno; forman el tejido suberoso, el *corcho*, que procede de la suberización de las células epidérmicas; este corcho no existe en las ramitas muy jóvenes, sino que ocupa su lugar una epidermis verde idéntica á la que recubre á las hojas.

2.º Dos ó tres series de células anchas, unidas sin dejar espacios intercelulares, que cuando no se les ha tratado previamente por los reactivos contienen corpúsculos clorofílicos; esta zona ha sido llamada por Lanessán *subero-cortígena*, pues las células que le forman producen exteriormente corcho y hacia la parte interna parenquima cortical.

3.º Muchas filas de células constituyendo una amplia zona cortical, cuyos elementos histológicos tienen contornos irregulares y dejan entre sí espacios vacíos ó meatus; contienen las inmediatas á las capas subero-cortígenas algo de clorofila y las demás gránulos de almidón; forman un tejido parenquimatoso, en medio del cual aparecen grandes espacios anulares bordeados por células más pequeñas y que en cortes frescos se hallan llenos de resina; son los *canales secretores* que tienen grosor muy variado.

4.º El *liber* de estructura algún tanto complicada, formado por haces radiantes de células que tienen el contorno cuadrangular, la cavidad muy estrecha y las paredes espesas y brillantes; estos son los que se denominan *haces liberianos*; entre ellos hay grandes células cuadrangulares llenas de cristales de oxalato cálcico. Se