

L'ANATOMIA MICROSCÒPICA DE LES PLANTES

M. DURFORT¹

Al Professor Oriol de Bolòs i Capdevila, que a part de fer-me conèixer la vegetació mediterrània i la medioeuropea, em va permetre atansar-me al nucli de l'Institut d'Estudis Catalans, fet que d'alguna manera ha modificat la meva brúixola.

ABSTRACT

The microscopic anatomy of plants

A review of the main treatises on Plant Microscopic Anatomy and their translations published along the XX century is followed by a discussion on various aspects of the structure in plant cells, methodological questions and terminology.

Problems related to using dry specimens from herbaria for microscopic studies are considered. As an example, a study has been made on a species named in memory of Prof. Dr. Oriol de Bolòs, *Delphinium bolosii* (BLANCHÉ & MOLERO, 1983).

Key words: Literature, Methods, Terminology, Electronic microscopy, *Delphinium bolosii*.

RESUMEN

L'anatomie microscopique végétale.

Des considérations sur des ouvrages concernant les aspects de l'anatomie microscopique végétale sont suivies par des réflexions sur la structure, sur des aspects méthodologiques ainsi que sur des questions de genre terminologique.

On suscite la problématique de faire des études microscopiques sur des échantillons qui proviennent des herbiers et ont prend comme model une espèce dédié au professeur Dr. Oriol de Bolòs, le *Delphinium bolosii* (BLANCHÉ & MOLERO, 1983).

Paroles clefs: Bibliographie, methodologie, terminologie, microscopie électronique, *Delphinium bolosii*.

RESUM

Unes consideracions prèvies de caire bibliogràfic sobre els principals tractats d'anatomia microscòpica vegetal i llurs traduccions en el decurs del segle XX, deixen pas a unes reflexions sobre determinats aspectes de l'estructura cel·lular, sobre qüestions metodològiques així com sobre matisos de tipus terminològic.

¹ Departament de Biologia Cel·lular Animal i Vegetal, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona. Av. Diagonal, 645. E-08071 Barcelona.

Es planteja la problemàtica de les plantes d'herbari per a fer-ne estudis microscòpics de qualitat, i com a model il·lustratiu d'aquesta dificultat s'ha escollit una espècie que va ser dedicada al professor Dr. Oriol de Bolòs, el *Delphinium bolosii* (BLANCHÉ & MOLERO, 1983).

Un esboç bibliogràfic

“Opera Omnia” de MALPIGHI (1671; publ. 1987) i “The Anatomy of Plants” de GREW (1682) poden considerar-se la base, l'inici de l'anatomia microscòpica (fig. 1), per bé que fou necessari més d'un segle per tenir el que podríem dir la concepció actual o moderna dels teixits. Efectivament, tothom està d'acord a considerar el “Traité d'Anatomie et de Physiologie végétales” de BRISSEAU-MIRBEL (1801) i l'obra “Auleitung zur Kenntnis der Gewächse” de SPRENGEL (1802) com els dos fonaments de la histologia i l'organografia vegetal.

En la monografia “Le cytoplasme végétale” de R. BUVAT (1965) hom pot trobar una informació bibliogràfica molt valuosa i completa dels inicis de l'anatomia microscòpica de les plantes, així com un recull dels principals treballs ultraestructurals desenvolupats fins al moment de l'aparició de l'obra.

És que en les darreres dècades s'ha progressat gaire en el coneixement de l'anatomia microscòpica vegetal? Doncs sí!. Hi ha però, encara, molt de camí per fer. Un bon índex per a calibrar els treballs duts a cap arreu del món en aquesta temàtica pot obtenir-se fent una revisió bibliogràfica del tractats editats sobre l'anatomia microscòpica vegetal. Inicialment cal dir que el nombre de publicacions és molt inferior al que podríem donar si l'estudi fes referència a la histologia i organografia animal. La relació pot ser de 1:30; òbviament aquesta proporció varia segons els anys i segons els països i cal considerar-la com a una mitjana global.

Únicament faré referència d'aquelles obres que han gaudit de la confiança dels professors universitaris en el moment de recomanar-les als estudiants i a tots aquells que es volen iniciar en l'estudi microscòpic del món vegetal, fet que ha contribuït en gran mesura a que hi haguessin diverses edicions, reedicions i traduccions en diferents llengües cultes. La informació que donaré ha estat obtinguda per experiència pròpia alhora que del sondeig fet a altres col·legues de diferents universitats del país i de França.

Entre les obres europees vull esmentar en primer lloc “Lehrbuch der Botanik für Hochschulen” de STRASBURGER, NOLL, SCHENCK & SCHIMPER, quatre professors de Botànica de la Universitat de Bonn que el 1894 editaren aquest important tractat de botànica. Aquesta obra va causar un gran impacte i la millor prova d'això va ser que molt ràpidament es traduís a l'italià i a l'anglès (1896), al rus (1903), al japonès (1908), al xec (1910), al castellà (1923) i al francès (1971). En el decurs dels anys han pres el relleu dels quatre professors inicials els següents botànics: von DEUFFER, BRESINSKY, EHRENDORFER & ZIEGLER.

El 1991 es va publicar la 33a edició alemanya, que va sortir en castellà el 1995, amb un considerable enriquiment dels aspectes ultraestructurals i de biologia mole-

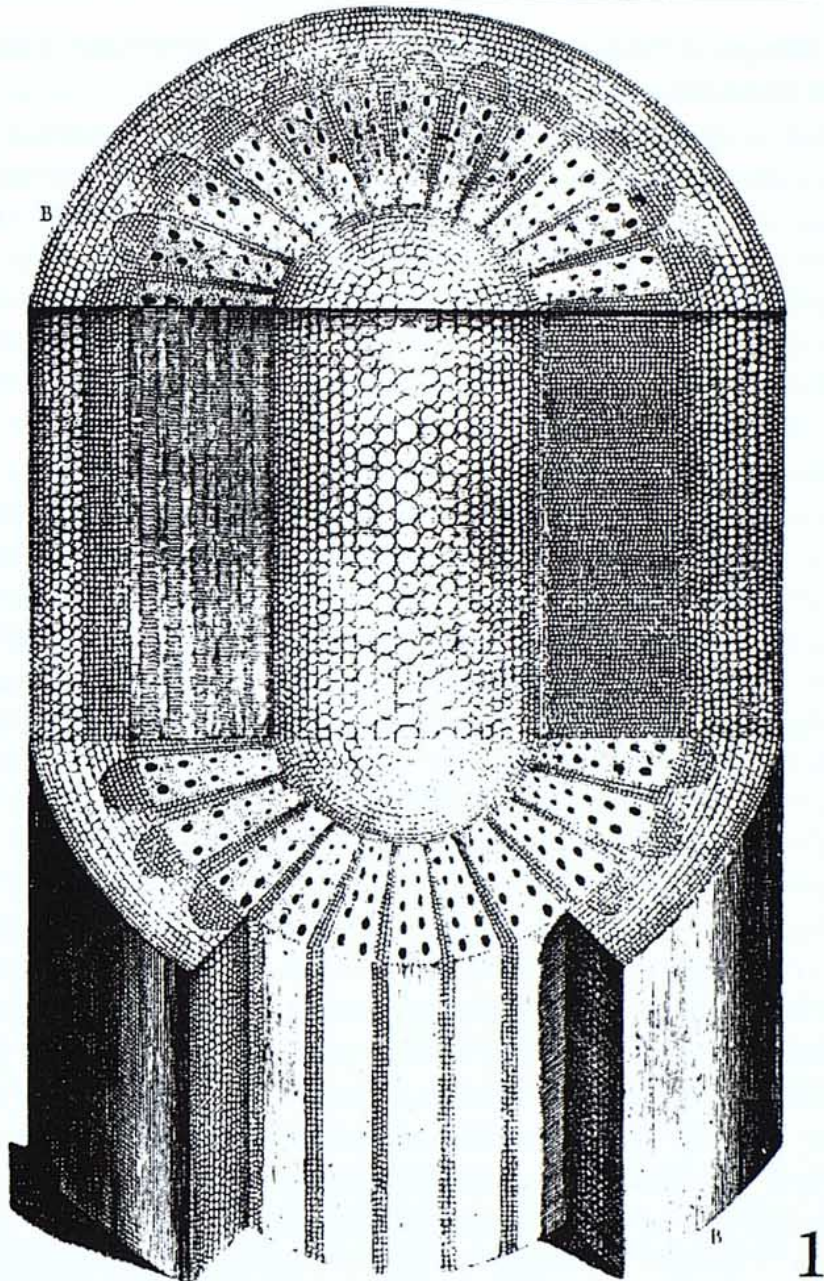


Figura 1. Una de les 83 pàgines gravades al core de l'obra de GREW "The Anatomy of Plants"(1682). Hi veiem l'estructura d'una arrel de vinya en secció longitudinal i transversal. El detall de l'esquema és magnífic.

cular, conseqüència de la col·laboració de SITTE, ZIGLER, EHRENDORFER & BOESINSKY. Aquest increment es tradueix en el pas de les 195 pàgines dedicades a citologia i histologia en la sisena edició castellana (1977) a les 248 pàgines de la vuitena edició castellana (1995), i aquest fet ha revaloritzat considerablement l'obra per a les persones interessades en qüestions de tipus ultrastructural. Crec que pot ser força il·lustratiu indicar que la primera versió castellana (1923), així com la segona (1935), van ser obra del professor Arturo CABALLERO i SEGARÉS (1877-1950), catedràtic de la Secció de Ciències de la Universitat de Barcelona. En no haver-hi gaires modificacions a les edicions tercera i quarta, la traducció dels afegitons va córrer a càrrec de la mateixa editorial. Les traduccions de les següents edicions, és a dir la cinquena (1960), la sisena (1974) i la setena (1986),

han estat fetes per el Professor Dr. Oriol DE BOLÒS i CAPDEVILA. Cal assenyalar la qualitat de les dites traduccions ¹.

Voldria subratllar el fet que tothom en referir-se a aquesta obra diu "l'STRASBURGER"; que té això de particular?. Doncs res i molt, si tenim present que l'il·lustre professor de la Universitat de Bonn va morir el 1912. Determinats tractats de molt prestigi dels quals són autors diverses persones es coneixen pel nom del primer autor. Una vegada desaparegut el primer signant de l'obra, al cap de dues o tres edicions desapareix el seu nom. No ha estat aquest el cas del tractat de botànica que ens ocupa, senyal evident del gran magisteri que devia haver fet STRASBURGER.

Una obra fins a cert punt similar a la de STRASBURGER i col. és "Curso de Botánica general y aplicada" obra de GILG & SCHÜRHORFF, la setena edició de la qual va ser traduïda el 1942 per P. FONT i QUER. Cal assenyalar que la part dedicada a la anatomia microscòpica comprèn 149 pàgines amb profusió d'esquemes. Recordem que aquestes obres són, de fet, tractats de botànica, és a dir que la cèl·lula i els teixits hi figuren com a introducció. De caire diferent, però digne d'esment pel seu interès encara avui en fer l'estudi microscòpic de material animal i vegetal, és "El microscopio y sus aplicaciones. Manual de microscopía práctica e introducción a las investigaciones microscópicas" de HAGER & MEZ. La 12a edició alemanya va ser traduïda al castellà pel professor Francisco PARDILLO, catedràtic de Cristal·lografia de la Universitat de Barcelona i mestre de molts professors de la llicenciatura de Naturals, una de les persones que sempre és esmentat amb respecte i consideració pel seu mestratge. Aquesta obra és malauradament poc coneguda, fins i tot pels microscopistes; i és realment una llàstima, atès que és un pou d'informació sobre temes molt variats i alhora problemàtics per a qui s'inicia en els treballs de microscòpia, com ho és també per a aquells que ja en són uns experts però que llur especialització els ha tancat una mica els horitzons i de sobte es troben amb problemes laterals a resoldre. Amb un interès metodològic semblant hi ha el magnífic "Manuale di Micrografia vegetale" de G. FAURE (1914). Fins a cert punt la "Citología. Parte práctica" de J. PUJIULA (1957) s'inspira clarament en obres com la de HAGER & MEZ i la de FAURE².

Ens ha omplert de satisfacció l'aparició de la 10a edició alemanya (1995) de "Mikroskopisch-Botanisches Praktikum" de NULTSCH & RÜFFER, obra que s'edità per primera vegada el 1968 i que seria molt interessant que es traduís. Tal com assenyala el títol, és una obra d'interès eminentment pràctic que té una iconografia molt completa, tant en esquemes com en fotografies.

¹ És molt lamentable, per bé que té una certa explicació, que les primeres edicions de llibres que han estat de text i de consulta obligada, així com les monografies editades fa anys hagin estat retirades de les biblioteques universitàries, tant de facultats com de departaments, i s'hagin enviat a l'exili. En el cas de la nostra Universitat, han estat enviades a Cervera. Ocasionalment cal fer-ne consulta si hom vol fer algun tipus de seguiment històric com en el present cas.

² L'obra de HAGER & MEZ esmentada, junt amb altres interessants manuals de microscòpia, han estat generosament cedits pels doctors Arturo Caballero i Lopéz i Ramon Margalef. Actualment es troben a la biblioteca especialitzada del Departament de Biologia Cel·lular Animal i Vegetal de la Universitat de Barcelona a la disposició dels estudiosos.

El volum II del Manual de FAURE (1915) tracta sobre la morfologia i la microquímica de les plantes. Les il·lustracions, els dibuixos originals molt minuciosos, així com d'altres de manlevats de STRASBURGER, de MOLISCH, de CARANO, de WAKKER,...., tots ells bons observadors, enriqueixen considerablement un text molt detallat i precís.

L'equivalent a l'obra de STRASBURGER a Itàlia ha estat el "Trattato di Botanica" de GOLA, NEGRI & CAPPELETTI que va veure la llum per primera vegada l'any 1943 i la tercera edició del qual (1965) va ser traduïda al castellà pel professor P. FONT i QUER, catedràtic de la Facultat de Farmàcia de la Universitat de Barcelona i molt recordat també a la Facultat de Biologia. Aquesta tercera edició és de 1965 i la primera part, formada per set capítols que sumen 389 pàgines, és dedicada a la citologia i a l'anatomia microscòpica. Cal subratllar que és una obra altament seriosa i molt profunda.

No ens ha d'estranyar que el tractat de botànica de STRASBURGER no es traduí al francès fins l'any 1971, ja que el país veí té una producció editorial pròpia de gran vàlua en aquest i altres àmbits de les ciències.

Cal subratllar, entre altres obres franceses, la de GUILLERMOND, MANGENOT & PLANTEFOL que sota el títol de "Traité de Cytologie Végétale" aparegué el 1933 i la de DANGEARD, "Cytologie Végétale et Cytologie générale" (1947), totes dues esdevingudes clàssiques i de referència obligada en qualsevol treball sobre citologia vegetal. El 1969 aparegué el primer dels sis volums de la "Biologie végétale" de PLANTEFOL, que és obra de NOUGARÈDE i que també ha esdevingut un clàssic. De 1965 data "Le protoplasme végétale" de R. BUVAT que ens introdueix a l'estudi ultrastructural de la cèl·lula vegetal després de fer una revisió de les tècniques emprades per a realitzar-lo. Es tracta d'una obra que té tanta quantitat d'informació bibliogràfica que resulta de consulta obligada quan s'intenta de fer una revisió històrica sobre aquest tema o sobre qualsevulla dels compartiments cel·lulars. Aquesta obra va ser molt mal traduïda al castellà (1969).

L'any 1980 es va publicar la "Biologie et Physiologie cellulaires" de BERKALOFF, BOURGET, FAVARD, & LACROIX, amb un tractament molt aprofundit de l'ultraestructura cel·lular animal i vegetal i que, malgrat els considerables avenços en aquest àmbit, encara podem considerar com a vigent. La iconografia que il·lustra l'obra de BERKALOFF & col. és de molt alta qualitat i els esquemes són extraordinàriament detallistes i entenedors.

ROBERT & ROLAND en la seva "Biologie végétale" (1989) i ROBERT & CATESSON en la seva "Organization végétative" (1990) varen tenir molt difícil d'oferir una obra que superés les que ja hi havia publicades fins llavors per autors de parla anglesa. Cal assenyalar-les perquè representen un esforç meritori, per bé que no aporten gaire res de nou. No es pot dir el mateix de l'obra que R. BUVAT publicà (1989) en anglès "Ontogeny, Cell Differentiation and Structure of Vascular Plants", que té un enfoc molt personal i que cal definir com a una obra bàsica per a iniciar-se en la histologia i l'organografia vegetals.

Els holandesos KROMMENHOEK, SEBUS & VAN ESCH són autors d'un "Atlas de Histología vegetal" que va ser traduït al castellà al 1986 i que conté imatges molt representatives de talls dels diferents òrgans vegetals.

Espanya no s'ha destacat en l'edició d'obres referents a l'anatomia microscòpica vegetal comparables al "Manual de Histología Normal y Técnica microgràfica" de Santiago RAMÓN Y CAJAL, obra editada per primera vegada el 1898 i de la qual se'n van arribar a fer set edicions noves i augmentades, fins a 1921; obra que en molts aspectes és de consulta obligada i que no ha estat superada per cap altra en l'àmbit dels estudis estructurals dels teixits animals. Buscant molt podem esmentar uns quants capítols, unes poques pàgines en alguns "Tratado de Botánica" o "Introducción a la Botánica". Efectivament, Fernández RIOFRÍO, catedràtic de Botànica de la Facultat de Ciències de la Universitat de Barcelona, va publicar el 1925 una modesta obra "Introducción a la Botánica" de la qual el 1930 en sortí la segona edició i el 1942 la tercera, en la qual comptabilitzem 31 pàgines dedicades a l'anatomia microscòpica, il·lustrades amb esquemes procedents, entre altres, de l'STRASBURGER & col. i de GILG & col. En qualificar de "modesta" l'obra és principalment en base a la seva extensió ja que el tractament dels capítols es força interessant. Espigolant molt i com a obra original hem d'esmentar la de J. PUJIULA la "Histología, Embriología y Anatomía Microscópicas Vegetales" (1927) i "El vegetal a través del microscopio" (1956), ambdues obres tenen una quantitat important d'esquemes propis d'espècies de plantes del nostre entorn, la qual cosa s'agraeix enormement en el moment de voler obtenir talls com els que veiem en les obres esmentades, alhora que també hi ha profusió d'esquemes manllevats d'importantes obres alemanyes. A part de la iconografia, molt valuosa, hi ha cites tècniques molt i molt apreciades, part de les quals les retrobem en la seva "Citología. Parte práctica" (3a edició, 1957). No vull explicitar més l'obra de PUJIULA pel fet que ja ha estat analitzada fa poc (DURFORT, 1995).

En els darrers anys han aparegut algunes iniciatives força modestes per llur grau de desenvolupament o extensió, entre les quals vull assenyalar "Los tejidos vegetales" (1968, 1971) obra de Benigno ROMÁN que és un atlas, amb una bona, encara que reduïda, selecció fotogràfica de talls histològics d'espècies mediterrànies i amb algunes anotacions tècniques. ROMÁN va fer els cursos de microscòpia pràctica del Laboratori Biològic de Sarrià i posteriorment va muntar un petit laboratori en la seva escola del barri de les Corts; amb un sistema de microfotografia molt correcte va anar obtenint imatges molt il·lustratives de talls dels òrgans vegetatius d'espècies d'hàbitats diferents. Fa anys vaig tenir ocasió de visitar el seu laboratori, ja que jo li havia impartit classes a Sarrià i vàrem mantenir en el decurs dels anys una certa relació de caire de "consultori metodològic". Malauradament, en morir el germà ROMÁN de les Escoles Cristianes, la seva tasca no ha tingut continuïtat. Cal assenyalar que aquest germà era una persona altament motivada per la Natura i molt entusiasta, va passar llargues temporades a les diverses cases que té la seva congregació a Sudamèrica, principalment a Veneçuela. La seva tesi doctoral va versar sobre herpetologia i també va publicar una monografia sobre els peixos de la Guinea Ecuatorial.

Felipe CORTÉS, de la Universitat de Sevilla, professor de l'àrea de Biologia Cel·lular, va publicar una breu obra que pretenia ser llibre de text. Per bé que cal felicitar-lo per la seva iniciativa, el tractament que fa d'aquesta disciplina és del tot insuficient i hi ha, no solament mancances importants, sinó també errors greus. Malgrat tot, el 1990 va reeditar-lo per tercera vegada.

Entre les bones intencions per cobrir una àrea deficitària com és la histologia vegetal de caire pràctic, M. DURFORT, sota els auspicis de la Institució Catalana d'Història Natural, va publicar (1976-1978) uns Seminaris que el 1995, junt amb els d'histologia animal, van ser reeditats per la dita Filial de l'Institut de Estudis Catalans amb una iconografia nova. Cal dir que han estat una bona eina de treball, ja que tot el que s'hi explica és fàcilment reproduïble.

Amb motiu de la implantació dels nous Plans d'Estudis (1992), PANIAGUA & col. varen editar "Citología e Histología vegetal i animal" (1993) que cal considerar una novetat pel fet de reunir en un mateix text l'organització cel·lular i tissular de material biològic animal i vegetal, amb iconografia i bibliografia bones. Aquesta obra resulta de gran utilitat per als nostres estudiants.

Pel que fa a texts en anglès, cal destacar "Plant Microtechnique" de JOHANSEN (1940), obra de consulta obligada per aquells que volen fer un tractament no rutinari dels talls que han obtingut, com per exemple desemascarar alguns dels components minoritaris de la paret cel·lular.

Habitualment quan algú rep una consulta tècnica, diguem-ne, "especial" i els resultats han de ser analitzats al microscopi òptic, si busca la resposta en una obra del 1940 sol quedar sorprès, per bé que ho dissimuli. És curiós comprovar que una bona part de les persones desprecien tot allò que fa més de cinc anys que ha estat publicat. Com a professora universitària em faig coresponsable del poc apreciació dels nostres exalumnes envers el que podríem denominar obres clàssiques; i no és l'experiència –llegiu l'edat– allò que hem fa pensar d'aquesta manera. Treballs molt recents esmenten reactius i mètodes que van ser introduïts fa setanta o vuitanta anys i que res, fins ara, els ha superat. Qui coneix el rosa de Bengala? Qui coneix el roig de ruteni? Qui coneix la solució molt diluïda de l'àcid depicrolònic?. Qui escriu aquestes línies té la sort d'haver estat, des de fa molts anys, consultada sobre problemes de tipus tècnic molt heterogenis i d'haver hagut de cercar fonts molt variades. En les obres clàssiques (per no dir antigues) hi he trobat sovint la solució a problemes que es plantegen a final del segle XX i que ja havien estat considerats i resolts les primeres dècades d'aquest segle. El llibre de JOHANSEN és de la categoria del ROMEIS (1928) o del LOCQUIN & LANGERON (1978).

L'"Anatomia vegetal" de K. ESAU, professora de Botànica de la Universitat de Califòrnia, és un dels llibres més rigorosos i complets que s'han editat sobre el tema. Entre 1953 i 1985 n'han sortit tres edicions, les dues últimes traduïdes al castellà. Ha estat l'obra més recomanada, tant per la quantitat d'informació que conté com pel tractament que dona als diferents capítols. Una molt bona selecció iconogràfica permet d'introduir-se i aprofundir en l'anatomia vegetal, tant en allò que fa referència a les observacions fetes amb el microscopi òptic com en les observacions amb el microscopi electrònic. La traducció al castellà va ser a cura

del professor Josep PONS, catedràtic d'Antropologia de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona.

El 1965 va publicar-se un altre tractat d'anatomia vegetal que segueix el mateix esquema de l'obra esmentada d'ESAU, el seu autor, FAHN, és professor de Botànica de la Universitat hebraica de Jerusalem. En una línia molt similar cal destacar les obres de CULTER (1981) i de MAUETH (1988). Per bé que en aquestes obres no trobem aportacions noves, la iconografia complementa la de l'obra d'ESAU. És obvi que tots tenim les nostres preferències; en el meu cas, sempre he tingut una particular predilecció per l'obra d'ESAU. No podem oblidar "The Science of Botany" de WEISZ & FULLER (1966) i "Basic Botany" de CRONQUIST (1973). Cal també esmentar la selecció d'esquemes i fotografies que configuren l'atlas d'estructura vegetal de BRACEGIRDLE & MILES (1971).

Paral·lelament a aquests tractats, hi ha diverses monografies sobre determinats aspectes de la cèl·lula vegetal. Així, sobre la paret cel·lular vegetal recordaré les obres, ja esdevingudes clàssiques, de PRESTON (1952), la de CÔTÉ (1965), la de ROGERS & PERKINS (1968) i la de MARTIN & JUNIPER (1970), entre altres que podriem esmentar però que aporten poques dades que no poguem trobar en amplis tractats de Biologia Cel·lular, com són les d'ALBERTS & col. (1994) i de DARNEL & col. (1986).

Reflexions sobre estructura, metodologia i terminologia en anatomia vegetal al llindar del segle XXI

Les parets pectocel·lulòsiques, com també les suberificades i lignificades, fan, junt amb els vacúols, que la cèl·lula vegetal suporti canvis osmòtics que d'altra manera no podria suportar, i alhora garanteixen la conservació espacial de la cèl·lula al llarg del temps. Efectivament, la composició química de les parets cel·lulars és la responsable en línies generals i llevat de casos patològics, de la resistència als enzims hidrolítics alliberats per fongs i bacteris en el procés de putrefacció de la matèria orgànica. Això fa possible una bona fossilització dels òrgans vegetals i a la vegada de fer l'estudi histològic d'exemplars que fa anys que es conserven en plecs d'herbari. Crida molt l'atenció el bon estat de conservació en què es troba en general l'organització tissular de tiges i fulles de plantes que han estat centenars d'anys en herbaris (fig. 2 i 3). S'han trobat petits sobres amb talls de medul·la de saüc fets per Leeuwenhoeck amb una navalla d'afaitar, i observant-los al microscopi electrònic de rastreig se n'han obtingut imatges que demostren la ben conservada morfologia cel·lular. Aquestes observacions han permès, a la vegada, d'esbrinar particularitats de qui va fer els talls. Efectivament, com si fos una novel·la de misteri, s'han fet hipòtesis sobre com havien anat a parar, entre les cèl·lules vegetals, eritròcits que, malgrat presentar alteracions morfològiques, són fàcilment identificables; mitjançant enginyoses deduccions s'arribà a la conclusió que no provenien de restes de sang que hi pogués haver a la navalla d'afaitar, sinó que són resultat d'haver tossit sobre el material vegetal en el moment de tallar-lo, de la qual cosa es dedueix que LEEUWENHOECK era físic. El treball de FORD (1981) és realment apassionant.

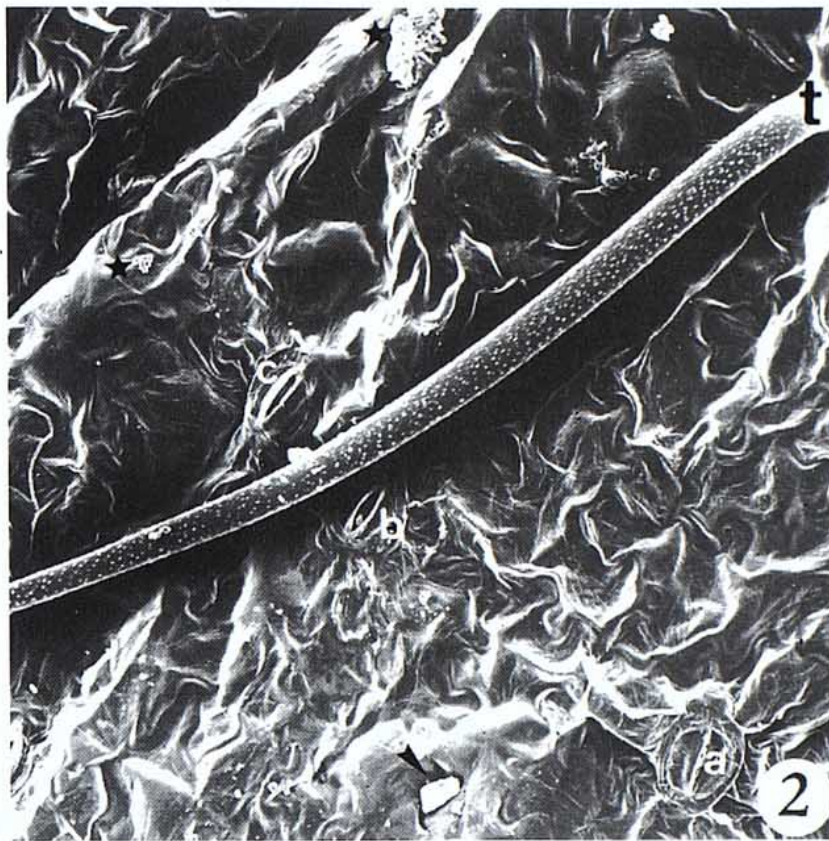


Figura 2. Imatge obtinguda amb un microscopi electrònic de rastreig del revers d'una fulla de *Delphinium bolosii*. Observeu l'aspecte arrugat de les cèl·lules epidèrmiques degut a una deshidratació defectuosa. Malgrat tot, hi destaca un tricoma (t) i uns quants estomes (a, b, c) de tipus anomocític en diferent grau d'obertura. També s'hi observen uns cristallets (*). 820x.

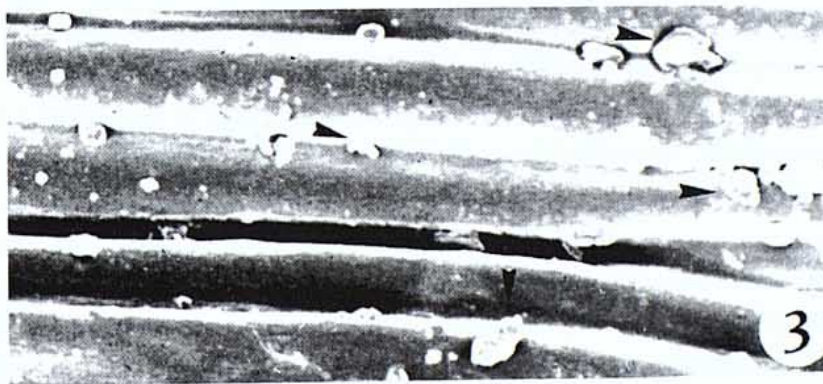


Figura 3. Detall dels cristalls formats sobre l'epidermis, corresponents al conservant emprat en la preparació dels exemplars per a l'herbari. En aquest cas són de clorur de mercuri. 980x.

La paret cel·lular, permeable o impermeable segons els casos, és sempre un bon exoesquelet que dona forma a la cèl·lula i li imprimeix caràcter. Cal recordar que, a excepció de les cèl·lules meristemàtiques, els altres tipus cel·lulars vegetals, sense excepció, tenen la paret primària força delicada i de natura pectocel·lulòsica i la paret secundària amb dipòsits, de diferent gruix, de cel·lulosa, pectina, suberina, lignina i nombrosos compostos del grup dels tanins, que tipifiquen els diferents teixits que configuren els òrgans vegetals.

En els darrers anys s'ha encetat una polèmica de caire terminològic que hom podria resumir dient que alguns científics de l'àmbit de la biologia cel·lular i molecular tendeixen a considerar la paret cel·lular com a un tipus de matriu extracel·lular amb característiques pròpies i diferents de les de la matriu extracel·lular existent al voltant de qualsevol cèl·lula animal, sigui del tipus que sigui.

S'ha creat un cert clima de polèmica al respecte (ROBINSON, 1991; SACK, 1991; STAEHELINN, 1991; STAFFORDK, 1991) ja que determinats autors, veuen al voltant d'aquestes consideracions un interès acientífic, com el de fer servir uns termes que poden facilitar la presentació de projectes de recerca dins l'àmbit de la biologia molecular, àmbit que a la majoria dels països sol ser més generosament atès que d'altres treballs que podríem considerar més tradicionals. Considerant-me neutral en aquesta discussió, haig de dir que personalment crec que és molt encertat no voler marcar diferències entre cèl·lules animals i vegetals com s'havia fet insistentment fins ara, subratllant, això sí, la diversitat cel·lular, la qual condiona diferents tipus de funcionament, per bé que la maquinària sigui en general molt similar (DURFORT, 1995).

Tot i que els treballs de recerca estructural, de biologia cel·lular i de biologia molecular de les cèl·lules vegetals siguin cada vegada més nombrosos, l'estudi de l'anatomia microscòpica requereix continuar emprant les tècniques convencionals heretades dels qui es varen dedicar fa una o dues centúries a l'estudi dels teixits vegetals, de fet des que Robert HOOKE (1665) va descriure la cèl·lula en observar una làmina de suro amb l'eina dissenyada pels germans JANSEN (1590), és a dir amb el microscopi. Recordem que va ser el primer dibuix d'un teixit vegetal.

Cal destacar que es tracta d'un tipus d'estudi barat, que no requereix en general cap infraestructura sofisticada i que utilitza uns reactius habitualment de cost modest. Efectivament, el micròtom de RANVIER, dit micròtom de mà, encara no ha passat a la història i encara és el més emprat per a treballs de rutina. El micròtom de mà va ser dissenyat per CURREY (1853) i van aparèixer ben aviat una sèrie de modificacions, com són el micròtom de GIBBON (1856), el de SCHMIDT (1859), el de BECK (1865) i el de FOLLIN (1865), entre altres (vegeu BRACEGIRDLE, 1978).

Hi ha, però, una excepció, ja coneguda al segle passat, i és que per estudiar els teixits meristemàtics, formats per cèl·lules que solament tenen paret cel·lular primària, no podem tallar-los amb el micròtom de mà, prèviament englobats en qualsevulla dels medis habituals. Els talls que obtindriem serien excessivament gruixuts per aconseguir una bona resolució al microscopi fotònic, per la qual cosa cal incloure'ls en parafina o en plàstic i obtenir-ne talls amb un micròtom de rotació o de MINOT o, si es prefereix, amb un micròtom de lliscada. Aquesta problemàtica també es dona quan hom vol estudiar els calls. Però deixant de banda aquests casos concrets, en general hom fa servir talls obtinguts amb el micròtom de RANVIER.

Curiosament hi ha hagut, en els darrers anys, diversos intents de donar un toc de modernitat al micròtom de RANVIER i cal dir que han estat uns fracassos estrepitosos. Les diverses provatures no han reeixit, i únicament han aconseguit encarir l'eina sense permetre el bon resultat que, amb una bona dosi de pràctica, podem aconseguir amb un micròtom de Ranvier clàssic. Aquestes puntualitzacions

poden semblar supèrflues, però crec que cal fer-les, ja que persones profanes en aquest àmbit d'estudi, en veure en un laboratori de pràctiques de la Universitat eines tan primitives, automàticament pensen que estem molt defasats. Tot i que de vegades aquest mal pensament sigui encertat, en aquesta cas no ho és; la utilització del micròtom de Ranvier no es deu pas a manca de recursos, sinó a l'eficiència de l'eina. Vull remarcar també que actualment hi ha micròtoms dotats de navalles especials que permeten tallar material vegetal o animal, com és ara fusta o os, sense que sigui necessari, ni d'estovar-lo ni d'incloure'l. Aquests micròtoms permeten obtenir seccions uniformement primes i de gran superfície, la qual cosa facilita llur estudi, així com la qualitat de les imatges microscòpiques que podem obtenir-ne. Si aquesta instrumentació no es veu en gaires laboratoris, la raó n'és el seu preu. Això fa que, en voler fer l'estudi d'un "core" de qualsevulla espècie d'arbre, hàgim d'aplicar tècniques de final del segle passat, totalment artesanals, les quals –oh, sorpresa!– permeten de tenir imatges de prou qualitat per tirar endavant qualsevol treball de dendrocronologia.

Els colorants que tradicionalment es feien servir per diferenciar els components de la paret cel·lular són els mateixos que s'utilitzen actualment, tant els de tipus natural (com ara l'hematoxilina), com les anilines. Efectivament, el blau de metilè, el cloriodur de zenc, la tionina, la fucsina i la floroglucina àcida són els colorants més emprats per diferenciar la cel·lulosa de la lignina. El tetròxid d'osmi i el Sudan continuen éssent els més emprats, arreu del món, per destacar la suberina. De moment cap colorant s'ha demostrat tant bo per tenyir els cromosomes de les cèl·lules vegetals com l'orceïna acètica, per bé que s'han emprat altres solucions tintorials que permeten obtenir un bandeig imprescindible per poder aparellar els cromosomes homòlegs. En aquest aspecte cal assenyalar que, des de fa anys, la utilització de diferents fluorocroms i l'observació de les preparacions amb llum ultraviolada s'ha imposat totalment en l'estudi dels cariotips.

Alguns avenços en àmbits diversos han permès obtenir, amb menys temps, resultats tan bons o més que els obtinguts emprant algunes de les tècniques convencionals. Em refereixo, per exemple, a la utilització del forn de microones domèstic, no solament per fer inclusions en parafina o en plàstics, sinó per fer tractaments d'escalfament sobtat, previ a la tinció de cromosomes separats mitjançant la tècnica de l'"squash" (BOON & KOK, 1989). Aquesta tècnica, que ha estat aplicada a bastament, tant en preparacions de sang perifèrica com de medul·la òssia, com de líquid amniòtic o de vellositats coriòniques (SOLÉ RISTOL, 1994), també s'ha aplicat per tenyir cromosomes de cèl·lules meristemàtiques d'all, de ceba i de moniato amb resultats francament bons. Per bé que l'estudi de figures de mitosi en un meristema radical tingui més èxit després d'haver obtingut talls a partir d'una inclusió en parafina i d'haver-los tenyit amb hematoxilina fèrrica de HEINDENHEIN, seguint la fórmula original de l'autor. Un factor molt limitant en molts tipus d'estudis és el factor temps. La pressa sol estar renyida amb l'obtenció de bons resultats. Malgrat tot, per tal de simplificar i de guanyar temps, hom pot prescindir de la tècnica de Heindenhein, que en total dura tres dies i comporta una fase de tipus totalment artesanal. Em refereixo a la diferenciació contro-

lada al microscopi, la qual requereix un temps variable segons l'experiència de l'investigador, mitjançant tècniques que hom podria comparar a la "cuina ràpida". Vull recordar que els francesos, en llur argot designen el laboratori com a "cuisine", nom totalment encertat. La tècnica histològica, i també la citològica, tenen un component artesanal molt important, que malauradament no conreem prou a causa de les presses; presses per obtenir resultats, presses per publicar aquests resultats, presses per la competitivitat existent en el nostre entorn. Si anem amb tantes presses, difícilment podrem arribar a transmetre als nostres deixebles aquestes tasques que tenen un component artesanal ni a convèncer-los del valor de la feina ben feta. Cal reconèixer, però, que de vegades, malgrat disposar de prou temps, tampoc se'ls han sabut transmetre. Afortunadament sempre hem trobat algun punt de referència que ens ha permès de tirar endavant.

El grau de tractament de la citologia i de l'histologia vegetal en els estudis universitaris, i concretament en aquest darrer pla d'estudis (1992), és força superficial, per bé que coneixent els programes impartits en els àmbits de la Fisiologia vegetal i de la Bioquímica, crec que, si els nostres estudiants han rebut el missatge que cal integrar els coneixements rebuts, en acabar la carrera tindran una visió global i força completa del funcionament de la cèl·lula, dels teixits i dels òrgans vegetals.

Malgrat que aquesta afirmació resulti harmoniosa i s'escolti i es llegeixi amb satisfacció, haig de confessar que en la majoria dels casos no és certa. Lluny del meu esperit d'aprofitar aquesta nota per descarregar les frustracions que comporta el sistema universitari. Per tant, passaré de puntetes sobre el tema. De totes maneres, no he volgut deixar d'esmentar-lo per tal de recordar que, molt abans que jo, altres ensenyants universitaris s'han trobat amb una problemàtica similar i han resolt de manera més que satisfactòria la sempre feixuga, encara que engrescadora, tasca universitària i han estat un exemple que he tingut present sovint com a punt de referència per continuar lluitant i intentar anar endavant.

Consideracions finals

Val a dir que la imatge que ens donen els talls transversals de fulles, tiges i arrels de nombroses espècies de plantes d'arreu del món són una obra d'art. En condicions normals, hi ha un alineament de cèl·lules, una gradació de miedes, una periodicitat en determinades distribucions, uns reforços en els vasos lignosos que recorden obres d'arquitectura, en què la geometria és la base per aixecar una bastida. El tall transversal d'un pecíol o d'una tija, per exemple de tell o de fonoll o, fins i tot, de pomera, sembla talment la més bella rosassa de la més noble de les esglèsies gòtiques. Però a diferència d'aquesta, que podia ser llegida pels analfabets i que, de fet, havia estat pensada per instruir l'observador que no sabés de lletra, en el cas del tall histològic l'observació microscòpica demana uns coneixements bàsics per tal de treure'n conclusions de caire ecològic, fisiològic i, òbviament, citològic; i en aquesta lectura interpretativa, la multidisciplinarietat és fonamental, és del tot imprescindible. Tot i que el meu àmbit de recerca no és afí al del professor Oriol DE BOLÒS, he intentat endegar un article que hi

pogués estar més o menys vinculat. El fet que l'homenatjat hagi traduït diverses edicions de l'STRASBURGER em va donar la idea inicial del text. Volia, però, fer quelcom de més personalitzat, per la qual cosa vaig cercar un exemplar d'una de les moltes espècies que té dedicades i això em va dur al doctor Cèsar BLANCHÉ i al *Delphinium bolosii* (1991).



Figura 4. Detall d'un tricoma de la fulla de *Delphinium bolosii*, que permet d'apreciar les ornamentacions. Hom pot observar també un estoma mig obert que deixa veure el reforç de les cares ventrals de les cèl·lules oclusives. 3500x.



Figura 5. Si comparem aquesta imatge amb la de la figura 4, podem detectar les arruges que presenten les parets de les cèl·lules oclusives, molt més profundes que en el cas anterior. Veiem també cinc grans de pol·len amb l'exina equinulada, és a dir amb una granulació formada per nanospícules. 3500x.

Per bé que és possible d'estudiar l'anatomia microscòpica amb plantes d'herbari, en aquest cas he tingut alguns problemes que esmentaré tot seguit.

La deshidratació que presenten les plantes destinades a un herbari no és adequada per fer-ne observacions de qualitat amb el microscopi de rastreig, ja que

arribar al punt crític exigeix material fresc. Malgrat tot, podem aprofitar algunes parts de la superfície foliar (fig. 2, 4 i 5). L'estovament amb solucions glicerínades durant 24 a 48 hores millora força les condicions per obtenir talls dels òrgans vegetals i de fer-ne esquemes, però difícilment permeten d'obtenir-ne imatges fotogràfiques bones. Darrerament s'han fet assajos per rehidratar material animal que ha estat durant anys en formol i donar-li la textura inicial. Amb motiu d'aquesta nota, he iniciat diferents provatures; caldrà esperar els resultats.

Per tal que el material destinat a l'herbari tingui bona conservació, cal sotmetre'l a un tractament, habitualment amb vapors de diferents àcids o sals. En aquest cas els exemplars de *Delphinium bolosii* han estat tractats amb clorur de mercuri i clorur amònic. Diferents cristallets han quedat depositats sobre l'epidermis (fig. 2).

Una metal·lització amb una capa de 50 nm d'or ha estat prèvia a l'observació de les mostres de fulla i de pecíol amb un microscopi electrònic de rastreig Leica Mod. 360 dels Serveis Científico-tècnics de la Universitat de Barcelona.

Agraïments

L'autora regracia molt sincerament els doctors Ramon M. Masalles i Josep Vigo, del Departament de Biologia Vegetal de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona, pels seus assessoraments, i el doctor Cèsar Blanché, del Departament de Productes Naturals, Biologia Vegetal i Edafologia de la Facultat de Farmàcia de la mateixa Universitat, per haver-li procurat uns quants fragments d'un exemplar de *Delphinium bolosii* del seu herbari.

Addenda

Ha estat per a mi un motiu de gran satisfacció que durant la revisió de les galerades d'aquesta nota hagi sortit publicada una obra original d'un professor del meu Departament que versa sobre les cèl·lules dels teixits vegetals. Es tracta d'un text pensat perquè sigui de màxima utilitat per als estudiants de Biologia Cel·lular i, alhora, per a aquells que han d'iniciar-se en els estudis de fisiologia vegetal.

L'objectiu principal de l'obra ha estat d'arribar fàcilment al lector, però sense fer concessions, és a dir, sense deixar d'explicar amb rigor els aspectes bàsics referents a les cèl·lules vegetals i els coneixements més importants derivats dels estudis amb el microscopi fotònic i amb el microscopi electrònic. Mitjançant una gran profusió d'esquemes el lector té sempre una clara referència del compartiment cel·lular implicat. És veritablement motiu de joia l'edició d'aquesta obra, com ho va ser temps enrere la traducció d'un dels textos sobre biologia cel·lular més recomanats mundialment. Efectivament, la traducció al castellà, i també al català, de l'ALBERTS & col. (1984) va ser feta en col·laboració per diversos membres del meu Departament, i del Departament de Biologia Cel·lular Animal i Vegetal de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona.

Bibliografia

- ALBERTS, B., BRAY, D., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K. & WATSON, J.D. 1994 - *Biologia molecular de la cèl·lula*, 1a ed. cat. Ed. Omega, Fundació Barcelona. Barcelona.

- ALBERTS, B., BRAY, D., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K. & WATSON, J.D. 1996 - *Biología molecular de la célula*. 3a ed. Ed. Omega. Barcelona.
- BECKETT, A., HEATH, I.B. & LAUGHLIN, D.J.M. 1974 - *An Atlas of Fungal Ultrastructure*. Longman. London.
- BERKALOFF, A., BOURGET, J., FAVARD, P. & LACROIX, J.C. 1980 - *Biología y fisiología celular*. 4 vol. Ed. Omega. Barcelona.
- BLANCHÉ, C. 1991 - Revisió biosistemàtica del gènere *Delphinium* L. a la península ibèrica i a les illes Balears. *Arxius de la Secció de Ciències*, XCVIII. IEC. Barcelona.
- BOON, M.E. & KOK, L.P. 1989 - The art of microscopic visualization. En: *The microwave cookbook of pathology*. Leyden: Colomb Press.
- BRACEGIRDLE, B. 1978 - *A History of Microtechnique. The evolution of the microtome and the development of tissue preparation*. Heinemann Ed. London.
- BRACEGIRDLE, B. & MILES, P.H. 1971 - *An Atlas of Plant Structure*. Heinemann Ed. London.
- BRISSEAU-MIRBEL, C.F. 1801 - *Traité d'Anatomie et de Physiologie végétales*. 2 vol. Dufart éd. Paris.
- BUVAT, R. 1965 - *Le protoplasme végétale*. Masson, ed. Paris.
- BUVAT, R. 1969 - *La célula vegetal. Introducción a la Citología*. Ed. Guadarrama. Madrid.
- BUVAT, R. 1989 - *Ontogeny, Cell Differentiation and Structure of Vascular Plants*. Springer Verlag. Berlin.
- CLOWES, F.A.L. & JENIFER, B.E. 1968 - *Plant Cells*. Blackwell Sc. Pub. Oxford and Edinburgh.
- CORTÉS, F. 1990 - *Cuadernos de Histología vegetal*. 3 ed. Ed. Marban. Madrid.
- CÔTÉ, W.A. 1965 - *Cellular Ultrastructure of Woody Plants*. Syracuse University Press.
- CRONQUIST, A. 1973 - *Basic Botany*. Harper & Row Publ. New York.
- CULTER, E.G. 1981 - *Anatomía de las plantas. Células y tejidos*. Luis Cárcamo Ed. Madrid.
- CULTER, E.G. 1971 - *Plant Anatomy. Experiment and interpretation. Part. 2: Organs*. Ed. Arnold. London.
- DANGEARD, P. 1947 - *Cytologie végétale et Cytologie générale*. Paul Lechevalier. Paris.
- DARNELL, J., LODISH, H. & BALTIMORE, D. 1993 - *Biología celular y molecular*. 2a ed. Ed. Omega. Barcelona.
- DURFORT, M. 1994 - *Iniciació a les tècniques histològiques vegetals i animals*. Institució catalana d'Història Natural. Barcelona.
- DURFORT, M. 1995 - Jaume Pujiula i Dilmé. La morfologia microscòpica. Ref: *Ciència i Tècnica als Països catalans*. Fundació catalana per a la Recerca. Barcelona.
- DURFORT, M. 1995 - La cèl·lula a la darreria del segle XX. *Arxius de les Seccions de Ciència, IEC*, 100: 93-111. Barcelona.
- EAMES, A.J. & DANIELS, M.C.L.H. 1947 - *An introduction to Plant Anatomy*. Mc Graw-Hill Book Co. New York.
- ESAU, K. 1953 - *Plant Anatomy*. John Wiley & Sons. New York.
- ESAU, K. 1985 - *Anatomía vegetal*. 3 ed. Ed. Omega. Barcelona.
- FAURE, G. 1914 - *Manuale di micrografia vegetale. Vol. I: Tecnica Microscopica e Fotomicrografica*. Instituto Naz. Médico Farmacológico. Ed. Roma.
- FAURE, G. 1915 - *Manuale di micrografia vegetale. Vol. II: Morfologia e microchimica delle piante*. Instituto Naz. Medico Farmacologico. Ed. Roma.
- FERNÁNDEZ RIOFRÍO, B. 1942 - *Introducción a la Botánica*. 3 ed. Ed. Labor S.A. Barcelona.
- FERRER, J.R. 1997 - *Las células de los tejidos vegetales*. Veda. Barcelona.
- FORD, B.J. 1981 - Lo que observaban los primeros microscopistas. *Mundo Científico*, 1(9): 1037-1039.
- FREY-WYSSLING, A. & MÜHLETHALER, K. 1965 - *Ultrastructural Plant Cytology*. Elsevier. Pub. Co. Amsterdam. London.
- GAUTHERET, R.J. 1942 - *Manuel technique de culture des tissus végétaux*. Masson et Cie. Paris.

- GILG, E. & SCHÜRHOFF, P.N. 1942 - *Curso de Botánica General y Aplicada (para médicos, farmacéuticos, naturalistas y estudiantes de las respectivas Facultades)*. 3a ed. Ed. Labor. Barcelona.
- GOLA, G., NEGRI, G. & CAPPELETTI, C. 1965 - *Tratado de Botánica*. 2 ed. Ed. Omega. Barcelona.
- GREW, N. 1682 - *The Anatomy of Plants*. (1ª lectura 1671). 1 vol en 4. W. Rawlins Ed. Londres.
- GUILLIERMOND, A., MANGENOT, G. & PLANTEFOL, L. 1933 - *Traité de Cytologie Végétale*. Lib. E. Le François. Paris.
- HAGER, H. & MEZ, C. 1922 - *El microscopio y sus aplicaciones. Manual de microscopía práctica e introducción a las investigaciones microscópicas*. 19 ed. Gustavo Gili, Ed. Barcelona.
- KROMMENHOEK, W., SEBUS, J. & ESCH, G.J. (1986). *Atlas de Histología Vegetal*. Ed. Marban. Madrid.
- LOCQUIN, M. & LANGERON, M. 1978 - *Manuel de Microscopie*. Masson ed. Paris.
- MALPIGHI, M. 1687 - *Opera omnia*. I Vol. en 4 (1671). Van den Aa ed. Leyden.
- MARTIN, J.T. & JUNIPER, B.E. 1970 - *The Cuticles of Plants*. Ed. Arnold Ltd. Londres.
- MAUSETH, J.D. 1988 - *Plant Anatomy*. The Benjamin/Cumming Publ. Co. California.
- NOUGARÈDE, A. 1969 - *Biologie végétale. I: Cytologie*. Ed. Masson. Paris.
- NULTSCH, W. & RÜFFER, U. 1995 - *Mikroskopisch-Botanisches Praktikum*. Georg Thieme Verlag. Stuttgart.
- PANIAGUA, R., NISTAL, M., SESMA, P., ALVAREZ-URÍA, M. & FRAILE, B. 1997 - *Citología e Histología vegetal y animal*, 2ª ed. Mc Graw Hill-Interamericana. Madrid.
- PRESTON, R.D. 1952 - *The molecular architecture of Plant Cell Wall*. Chapman & Hall. Londres.
- PUJIULA, J. 1921 - *Histología, Embriología y Anatomía Microscópica vegetales*. Ed. Científico-Médica. Barcelona.
- PUJIULA, J. 1956 - *El vegetal a través del microscopio*. Ed. Científico Médica. Barcelona.
- PUJIULA, J. 1957 - *Citología. Parte Práctica Técnica y Observación Microscópica*. 3 ed. Ed. Tip. Cat. Casals. Barcelona.
- RAMÓN Y CAJAL, S. 1921 - *Manual de Histología Normal y de Técnica Micrográfica*. 7 ed. Imp. Lib. Nicolás Moya. Madrid.
- ROBERT, D. & CATESSON, A.M. 1990 - *Organisation Végétative. Tome 2*. Doin Ed. Paris.
- ROBERT, D. & ROLAND, J.C. 1989 - *Biologie Végétale*. Doin Ed. Paris.
- ROBINSON, D.G. 1991 - What is a plant cell? The last word. *The plant Cell*, 3: 1145-1146.
- ROGERS, H.J. & PERKINS, H.R. 1968 - *Cell Walls and Membranes*. E.F.N. Spon Ltd. Londres.
- ROMÁN, B. 1968 - *Tejidos vegetales*. Ed. Scheelita Daco, Barcelona.
- ROMEIS, B. 1928 - *Guía formulario de Técnica histológica*. 11 ed. Ed. Labor S.A. Barcelona.
- SACK, F. 1991 - What is a Plant Cell? Continued. *The Plant Cell*, 3: 844.
- SOLÉ RISTOL, F. 1994 - Solventació d'una limitació tècnica de la citogenètica mitjançant el microones. *Rev. R. Acad. Med. Catalunya*, 9(3): 134-132.
- SPRENGEL, J. 1802 - *Anleitung zur Kenntnis der Gewächse*. (completar referència: Buvat, 1965).
- STAEHELIN, A. 1991 - What is a Plant Cell? A response. *The Plant Cell*, 3: 553.
- STAFFORD, H.A. 1991 - What is a Plant Cell? A response. *The Plant Cell*, 3: 331.
- STRASBURGER, E., NOLL, F., SCHENCK, H. & SCHIMPER, A.F.W. 1994 - *Tratado de Botánica*. 8 ed. Ed. Omega. Barcelona.
- WEISZ, P.B. & FULLOR, M.S. 1966 - *The Science of Botany*. Mc Graw-Hill Book Co. New York.