

materia

Anatomía e Fisioloxía Vexetal

unidade didáctica 2

Histoloxía Vexetal

Rosa Ana Vázquez Ruiz de Ocenda

Departamento de Botánica
Escola Politécnica Superior

titulación

Enxeñaría Técnica Forestal



Vicerreitoría de Cultura



unidade didáctica 2

Histoloxía Vexetal

Rosa Ana Vázquez Ruiz de Ocenda
Departamento de Botánica
Escola Politécnica Superior



© Universidade de Santiago de Compostela, 2010

Deseño

Unidixital

Edita

Vicerreitoría de Cultura
da Universidade de Santiago de Compostela
Servizo de Publicacións
da Universidade de Santiago de Compostela

Imprime

Unidixital
Servizo de Edición Dixital da
Universidade de Santiago de Compostela

Dep. Legal: C 1191-2010

ISBN 978-84-9887-297-2

ADVERTENCIA LEGAL: reservados todos os dereitos.
Queda prohibida a duplicación, total ou parcial desta
obra, en calquera forma ou por calquera medio (elec-
trónico, mecánico, gravación, fotocopia ou outros) sen
consentimento expreso por escrito dos editores.

MATERIA: Anatomía e Fisioloxía Vexetal
TITULACIÓN: Enxeñaría Técnica Forestal
PROGRAMA XERAL DO CURSO
Localización da presente unidade didáctica

Módulo I: Introducción

Unidade 1. Introducción Xeral

Concepto e importancia da anatomía e a fisioloxía vexetal no mundo forestal
Sinopse do programa
Bibliografía comentada

Módulo II: Anatomía Vexetal

Unidade 2. Histoloxía Vexetal

Meristemas primarias e diferenciación celular
Tecidos simples: Parénquima, Colénquima e Esclerenquima
Tecidos complexos: Epiderme, Xilema e Floema

Unidade 3. Organografía Vexetal

A raíz: estrutura primaria
O caule: estrutura primaria
A folla: morfoloxía, estrutura e abscisión
Meristemas secundarias: cámbium vascular e felóxeno
Estrutura secundaria do caule e da raíz
Meristema reprodutora: flor, froito e semente

Módulo III: Fisioloxía Vexetal

Unidade 4. Transporte, Nutrición e Fotosíntese

Transporte nas plantas
Nutrición: solo e plantas
Fixación biolóxica do nitróxeno
Micorrizas
Regulación da fotosíntese
Disponibilidade de CO₂
Competencia pola absorción de luz

Unidade 5. Regulación do Crecemento

Regulación endóxena do crecemento: as hormonas
Regulación esóxena do crecemento: fotomorfoxénese
Ecofisioloxía

Unidade 6. Regulación da Reprodución

Fisioloxía da floración e da frutificación
Controis fotoperiódico e termoperiódico da floración
Control da maduración
Fisioloxía da xerminación e da dormición

ÍNDICE

Presentación	7
Os obxectivos	8
Os principios metodolóxicos	8
Os contidos básicos	10
1. Evolución e desenvolvemento das plantas	11
1.1. Niveis de organización.....	11
1.2. Adaptación ó medio terrestre.....	12
1.3. A planta con semente: tipos de xerminación.....	13
2. Meristemas	15
2.1. Meristemas Primarias. Diferenciación celular	16
2.2. Crecemento e desenvolvemento	17
2.3. Tecidos Primarios: Simples e Complexos	18
3. Tecidos Simples	18
3.1. Parénquima.....	18
3.2. Colénquima.....	19
3.3. Esclerénquima	20
4. Tecidos Complexos	22
4.1. Epiderme.....	22
4.2. Xilema	25
4.3. Floema	28
Actividades propostas	31
Avaliación da Unidade Didáctica	32
Bibliografía	34

PRESENTACIÓN

A Histoloxía Vexetal é o estudo dos tecidos que compoñen as plantas, a súa disposición e a súa función dentro delas. Constitúe o elo básico da organización das plantas superiores.

A célula vexetal primitiva, marcada pola presenza dunha parede externa que a distingue da célula animal, vai sufrindo modificacións ó longo do proceso evolutivo ata alcanzar un elevado grado de especialización. O máis alto é a especialización no proceso de condución que, a semellanza dos animais, levou á vascularización da planta. O nome Plantas Vasculares recolle este concepto.

Algunhas destas plantas evolucionaron ademais desenvolvendo unhas estruturas reprodutoras características: as sementes. Orixe e fin do ciclo vital do grupo de plantas chamadas por este motivo Espermatófitas.

Na Unidade Didáctica Histoloxía Vexetal imos coñecer as bases da estrutura das plantas con semente.

OS OBXECTIVOS

Ó finalizar a unidade didáctica, o alumnado será capaz de:

- Comprender o proceso de diferenciación celular.
- Identificar os diferentes tipos de células das plantas e comprender a súa organización nos distintos tecidos.
- Coñecer os diferentes tipos de xerminación das sementes.
- Comprender o proceso de crecemento das plantas.
- Identificar as partes principais do corpo vexetativo dunha espermatófitas.
- Coñecer os fundamentos das técnicas histolóxicas básicas e acadar unha destreza no proceso de sección e preparación de materiais vexetais.
- Analizar e interpretar imaxes microscópicas de células e tecidos.
- Relacionar a presenza de certos tecidos cunha función na planta.

OS PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

- Os contidos teóricos e os principios fundamentais da unidade didáctica desenvolveranse en clases maxistras na aula en grupo completo co apoio do canón de vídeo, para as presentacións en PowerPoint, e do encerado. Haberá catro sesións dunha hora de duración.
- Fomentarase a participación diaria do alumnado mediante a formulación de cuestións, tanto de xeito oral como escrito, sobre os temas a tratar.
- Os contidos teóricos serán completados con dúas sesións prácticas, de dúas horas cada unha, desenvolvidas no laboratorio. Alí, cada alumno de xeito individual deberá traballar para adquirir as destrezas e habilidades tanto no manexo da coitela para a realización de seccións como nos procesos de tinguiduras, preparación de mostras e análise microscópico.
- O alumno elaborará ó finalizar cada sesión práctica un resumo desta onde se recollan os debuxos das células e tecidos analizados e identificados ó microscopio.
- De forma específica, ó finalizar a unidade didáctica, desenvolverase un Seminario. Este seminario terá lugar na aula nunha sesión dunha hora de duración: na primeira ½ h farase un repaso dos contidos principais da unidade didáctica; durante os 15'-20' seguintes os alumnos contestarán de forma individual e/ou en pequenos grupos (4-5 alumnos), un cuestionario que recolla as características e as imaxes das diferentes células e tecidos tratados (que o alumno debe recoñecer). Nos últimos 10-15' corríxiranse as respostas de forma colectiva promovendo o debate entre eles.
- Tódolos cuestionarios (diarios ou propostos no Seminario) quedarán a dispor do alumno na plataforma WebCT.

Materiais para estudar:

- Apuntes de clase.
- Glosario de termos, resúmenes, enlaces, imaxes e traballos colgados na plataforma WebCT.

Métodos de traballo aconsellado:

- Lectura detida do tema.
- Ter presente os debuxos e fotos das diferentes células nos distintos tecidos das plantas.
- Contestar os cuestionarios entregados na clase e/ou colgados na rede.
- Realizar novamente os exercicios correspondentes ó Seminario.

Dificultades principais:

- Comprender termos como “diferenciación celular”; “desenvolvemento filoxenético” e “desenvolvemento ontoxénico”.
- Comprender a importancia da parede celular no proceso de formación dos diferentes tipos celulares e destes na formación de tecidos.

- Comprender as diferenzas entre tecidos simples e complexos.
- Identificar as características celulares propias de cada tecido, especialmente as dos tecidos condutores: o xilema e o floema.
- Ter unha visión espacial da planta e da disposición dos tecidos nela.

Para superalas o alumno debe atender en clase, nomeadamente nas clases prácticas, e preguntar as dúbidas que lle xurdan no momento; debe ler detidamente os apuntamentos e consultar a bibliografía. Por último, debe acudir ás titorías ou consultar ó profesor por correo electrónico ou ben a través da WebCT.

OS CONTIDOS BÁSICOS

O módulo da Anatomía Vexetal presenta unha primeira aproximación á estrutura das plantas con semente. Dentro del, a unidade didáctica Histoloxía Vexetal trata o desenvolvemento das plantas dende un punto de vista filoxenético e ontoxénico, é dicir, por unha banda a complexidade que acadaron os distintos grupos de vexetais no proceso evolutivo e, por outra, a complexidade que adquiren as plantas dende que son sementes ata que son adultas.

1. Evolución e desenvolvemento das plantas.....	36
1.1. Niveis de organización.....	36
1.2. Adaptación ó medio terrestre.....	36
1.3. A planta con semente: tipos de xerminación	36
2. Meristemas.....	36
2.1. Meristemas apicais. Diferenciación celular.....	36
2.2. Crecemento e desenvolvemento.....	36
2.3. Tecidos Primarios: simples e complexos.....	36
3. Tecidos Simples.....	36
3.1. Parénquima.....	36
3.2. Colénquima.....	36
3.3. Esclerénquima.....	36
4. Tecidos Complexos.....	36
4.1. Epiderme.....	36
4.2. Xilema Primario.....	36
4.3. Floema Primario.....	36

A primeira lección fai unha introdución á unidade e amosa a evolución das plantas dende os organismos unicelulares ata os exemplares máis complexos que podemos atopar hoxe en día. Resultado desta evolución son os distintos tecidos e órganos desenvolvidos para adaptarse ó medio aéreo ou terrestre e a aparición dunhas estruturas características para a propagación neste medio: as sementes.

A Lección 2 é fundamental para unha comprensión global da formación da planta a partir das meristemas apicais: o que se coñece como crecemento primario ou crecemento herbáceo das plantas e que veremos pormenorizadamente nos seguintes temas. Aquí establécense os conceptos básicos que van ser utilizados posteriormente.

As Leccións 3 e 4 fan referencia ós tecidos primarios, é dicir, aqueles que se forman na planta no inicio do seu desenvolvemento. Na lección 3 explícanse os tecidos simples (básicos e de sostén) e na 4 detállanse os tecidos complexos (protector e condutores).

Dentro do conxunto do temario esta Unidade de Histoloxía é fundamental para a comprensión da Organografía (Unidade Didáctica III) e, dentro do Módulo de Fisioloxía Vexetal, imprescindible para a comprensión dos diferentes procesos que teñen lugar na planta e, particularmente, para o proceso de Transporte (Unidade Didáctica IV).

1. Evolución e desenvolvemento das plantas

A vida orixínoase na auga e o medio acuático condicionou o desenvolvemento posterior dos organismos no seu proceso de adaptación ó medio aéreo. As plantas foron incrementando o seu grado de organización a medida que foron colonizando a terra.

1.1. Niveis de organización

Nunha orde crecente de organización, podemos distinguir tres grandes niveis: as protofitas, as talofitas e as cormofitas. As briofitas (carrizas) constitúen un grupo intermedio.

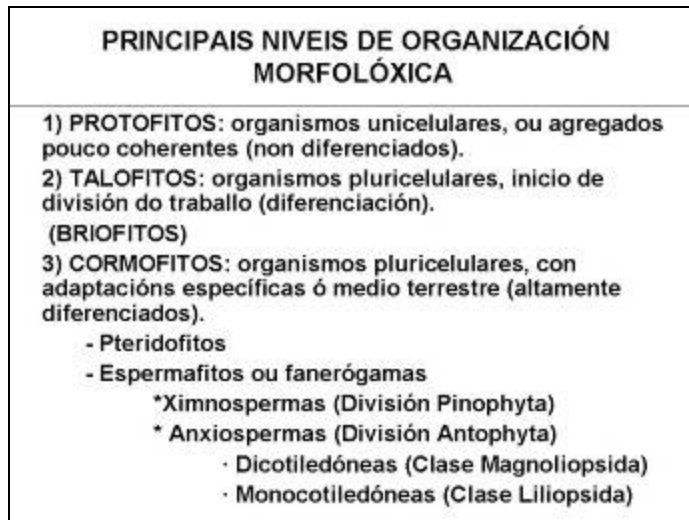


Figura 1. Principais niveis de organización morfolóxica nas plantas

A orixe das plantas está nuns organismos unicelulares de vida acuática (protopfitos). As primeiras plantas foron evolucionando de xeito que as células se agruparon e se ordenaron formando filamentos ou agregados que constituíron masas pluricelulares. Pouco a pouco estes agregados celulares organizáronse e deron lugar a un conglomerado de células semellante a un tecido pero non especializado (pseudoparénquima). Son as plantas talófitas: o seu corpo vexetativo aínda non ten tecidos, nin forma raíces e follas. As algas verdes presentan esta estrutura. As talófitas teñen aínda unha vida moi dependente da auga.

Cando, posteriormente, as células agrupadas se diferencian e se organizan para desempeñar funcións especializadas nunha planta, forman os tecidos. Os tecidos nas plantas superiores ordénanse nun corpo vexetativo organizado en raíz, caule e follas. Constitúen as Cormofitas.

Dentro das cormofitas atópanse os fentos e afíns (Pteridofitas) e as plantas con semente (Espermafitos ou fanerógamas). Destas últimas son das que imos tratar nesta materia e, concretamente, das semellanzas e diferenzas estruturais entre os dous grupos principais:

- ximnospermas, máis primitivas e coas sementes núas;
- anxiospermas, coas sementes protexidas (Monocotiledóneas e Dicotiledóneas).

1.2. Adaptación ó medio terrestre

O primeiro tecido desenvolvido polas plantas é un tecido básico ou fundamental (parénquima) moi pouco especializado.

A medida que as plantas inician o proceso de colonización do medio aéreo, o auga convértese nun factor limitante, condicionando o seu proceso de desenvolvemento. Para adaptarse as novas condicións as plantas deben desenvolver novas estruturas:

- que limiten as perdas de auga;
- que protexan contra a radiación solar ó tempo que poidan captar a enerxía necesaria para a fotosíntese;
- que permitan absorber a auga do solo (para o que é imprescindible ter un punto de fixación a este);
- que lles proporcionen un sistema de transporte da auga (dende os tecidos máis próximos ó solo ata as partes aéreas máis afastadas) e tamén dos produtos da fotosíntese (dende as partes aéreas ás zonas de almacenamento ou de maior actividade); e,
- que as manteñan erguidas, de xeito que se facilite o proceso de transporte dentro delas.

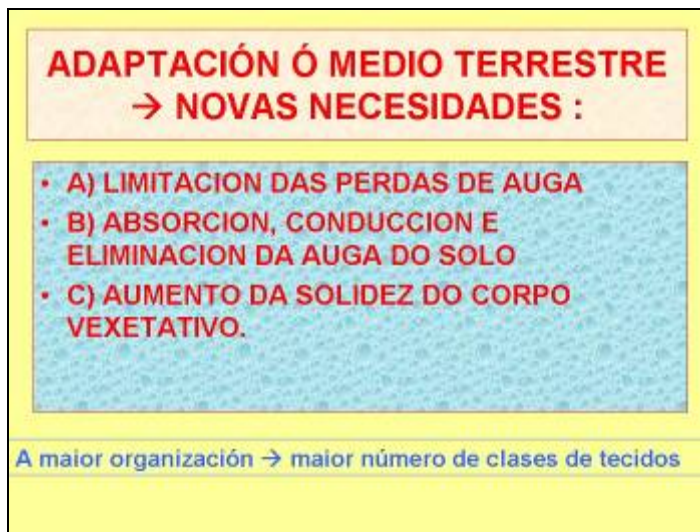


Figura 2. Novas necesidades das plantas na conquista do medio aéreo ou terrestre

Así, no proceso evolutivo, isto traducirase no desenvolvemento de novas células e tecidos que complementarán a actividade do tecido fundamental ou parenquimático. Estes tecidos son:

- Tecido protector (epiderme).
- Tecidos condutores (xilema e floema).

- Tecidos de sostén (colénquima e esclerénquima).
Canto maior sexa o nivel evolutivo dunha planta, maior será o número de tipos celulares e tecidos que presenta o seu corpo.



Figura 3. Esquema do proceso evolutivo dos organismos.

Podemos coñecer o proceso evolutivo dunha planta a través da Filoxenia e a Paleobotánica. A filoxenia estuda a historia evolutiva dos organismos e pon de manifesto os ancestrais comúns a moitas plantas actuais. A Paleobotánica estuda os restos (fósiles) dos vexetais que viviron noutras épocas pasadas e permítenos coñecer e comparar as características comúns cos actuais así como as condicións nas que se desenvolveron.

1.3. A planta con semente: tipos de xerminación

A evolución das plantas no medio terrestre levounas tamén a desenvolver estruturas específicas de propagación: as sementes.

O proceso de crecemento da planta dende que é unha semente ata que alcanza a madurez reprodutiva coñécese como Ontoxenia. Este proceso iníciase a partir das sucesivas divisións das células embrionarias (meristemas apicais) que se atopan no interior da semente; posteriormente, a raíz embrionaria ou radícula sae a través do micrópilo para fixar a planta ó solo no que coñecemos como Xerminación. A xerminación é o proceso a través do cal o embrión, que se atopa dentro da semente en estado latente, continúa o seu crecemento e se desenvolve para formar unha plántula.

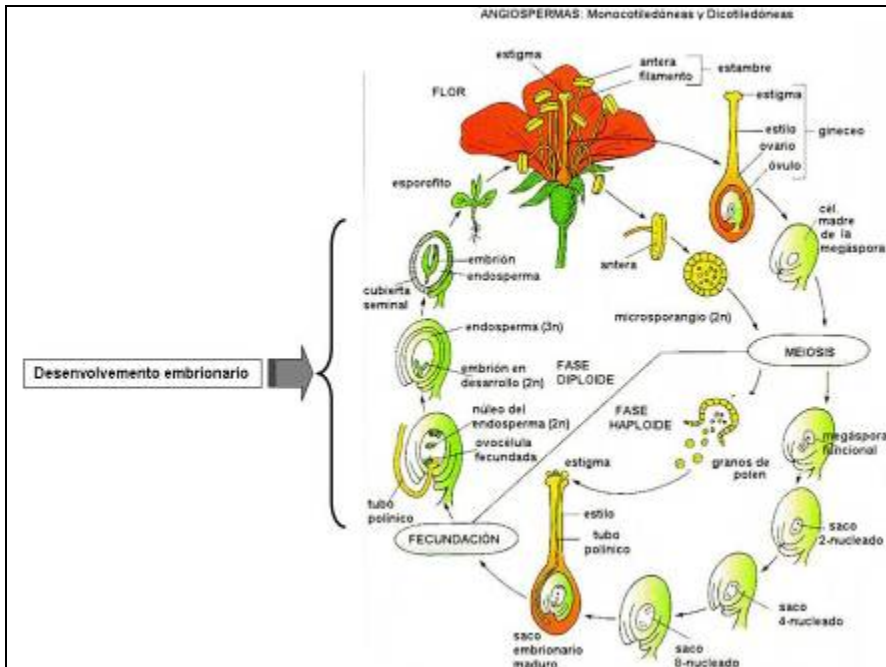


Figura 4. Fecundación e desenvolvimiento embrionario en dicotiledóneas. Fuente: <http://www.biologia.edu.ar/plantas/evolfo.htm#ciclo%20angiospermas> [citado 2 sep 2009]

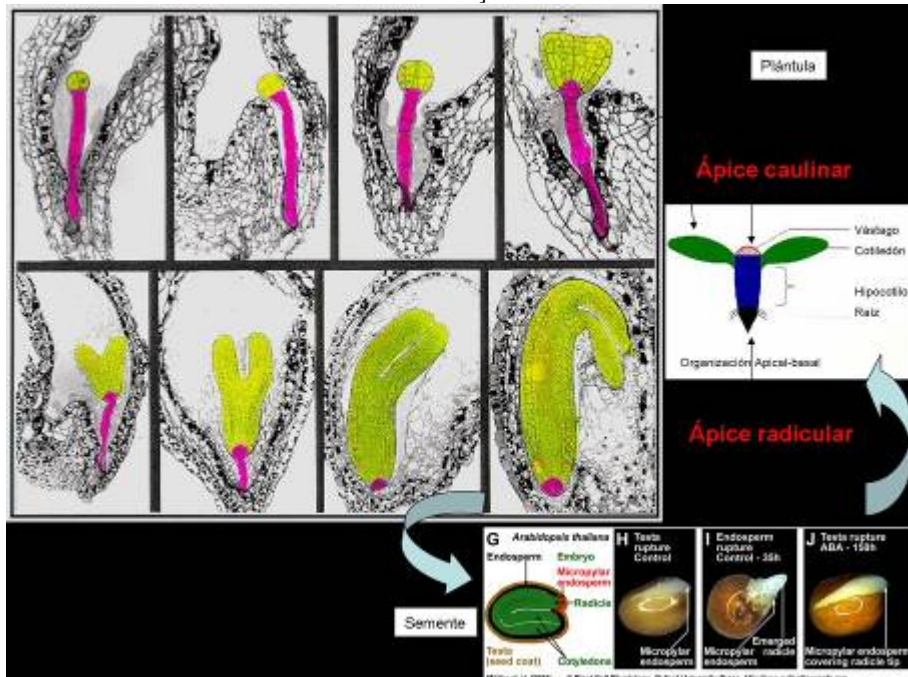


Figura 5. Desenvolvimiento embrionario en dicotiledóneas. Fuente: <http://www.hybtech.org/Liu/plantembryo.html> [citado 1 sep 2009]

Independentemente dos grupos de plantas, existen dous tipos de xerminación segundo a posición que ocupen os cotiledóns (ou follas embrionarias) no proceso:

-Xerminación hipoxea: os cotiledóns mantéñense baixo terra e só emerxe ó exterior o epicótilo (parte do eixe embrionario que se atopa enriba do punto onde están fixados os cotiledóns); un exemplo son os chícharos.

-Xerminación epixea: os cotiledóns emerxen por riba do nivel do solo polo pulo do hipocótilo (parte do eixe embrionario entre a radícula e o punto onde están fixados os cotiledóns); un exemplo son as xudías ou feixóns.

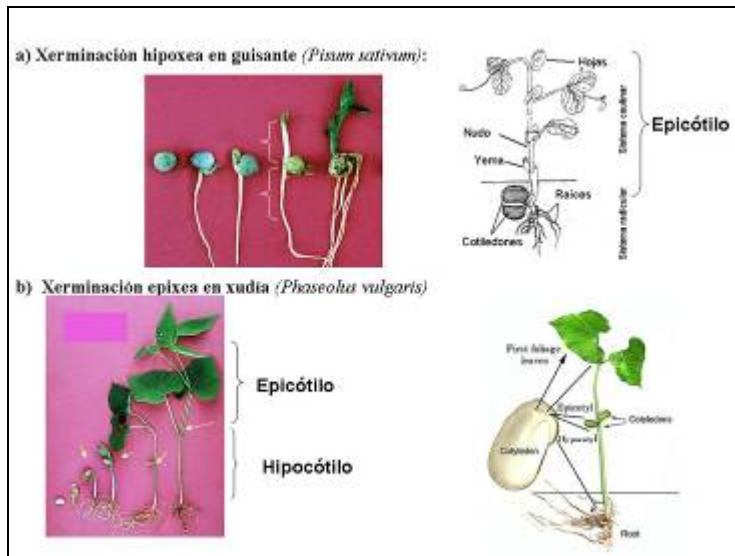


Figura 6. Tipos de xerminación. Fonte: http://botit.botany.wisc.edu/courses/botany_130-spring-07/Embryology/Early_dev.html [citado 21 xul 2009]

2. Meristemas.

En principio existen dúas formas polas que un organismo pode organizar o seu crecemento:

- un crecemento difuso, é dicir, o organismo crece simultaneamente por todas as súas partes (típica de animais);
- un crecemento localizado en determinadas zonas (típico das plantas).

A localización do crecemento en certos puntos permite á planta ter órganos funcionais ó tempo que vai crescendo. Así terá, no mesmo corpo, células maduras e células inmatargas o que lle permitirá unha mellor plasticidade na resposta ós cambios da súa contorna.

Os puntos onde se localiza o crecemento nas plantas son os meristemas (do grego *meristos* = división). Os meristemas, mediante

continuas divisións celulares, proporcionan á planta células inmaturas que co tempo especialízanse en realizar funcións específicas.

As meristemas poden clasificarse pola súa orixe en:

- Primarias: as iniciais, que proceden do embrión.

- Secundarias: as que comezan a súa actividade divisoria cando a planta acada certo grado de crecemento vexetativo. Son dous: o Cábium Vascular e o Felóxeno.

As meristemas tamén poden clasificarse pola súa posición:

- Apicais: situados nos extremos ou ápices do caule e da raíz.

- Laterais: dispostos lonxitudinalmente case como cilindros ó longo da planta.

Existe unha correspondencia entre as dúas clasificacións xa que as meristemas apicais orixínanse no embrión mentres que para que as laterais inicien o seu funcionamento a planta ten que ter certo grado de desenvolvemento e maduración, normalmente despois dun primeiro ano de vida.

2.1. Meristemas primarias. Diferenciación e especialización celular

As células das meristemas apicais son células embrionarias e, polo tanto, todas iguais, coa mesma dotación xenética e coas mesmas potencialidades. Calquera delas pode dar lugar a calquera célula e tecido da planta e, polo tanto, realizar calquera función. Son totipotentes.

As meristemas autopertúanse no tempo por división celulares. Despois de cada división celular unha das células fillas permanecerá como meristemática mentres que outra madurará. Neste proceso de maduración a célula sufrirá os cambios necesarios para levar a cabo funcións específicas. O proceso de maduración e especialización celular coñécese como diferenciación.

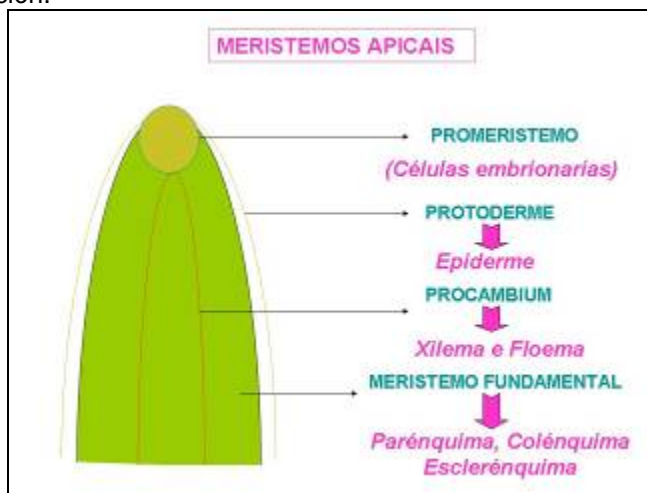


Figura 7. Esquema da disposición das meristemas no ápice dun caule, con indicación dos tecidos primarios desenvolvidos a partir de cada un.

2.2. Crecemento e desenvolvemento primario

O crecemento primario da planta é o crecemento que se deriva da actividade dos meristemas primarios ou apicais. Trátase dun crecemento vexetativo, fundamentalmente en lonxitude.

O crecemento secundario é un crecemento en grosor que se engade ó anterior cando a planta acada certo grado de madurez e deriva da actividade das meristemas secundarias ou laterais.

O proceso de crecemento primario ou herbáceo é común a tódalas plantas. O proceso de crecemento secundario soamente é característico de certas plantas: as que coñecemos como plantas leñosas.

O crecemento primario iníciase coa xerminación da semente formada despois da fecundación.

Os ápices meristemáticos da raíz e do caule localizados nos extremos do eixe embrionario producirán as células que darán lugar ós primeiros tecidos da planta: os tecidos primarios.

As células fillas, derivadas das apicais, vanse diferenciar en distintos tipos segundo a posición que ocupen respecto ó ápice. As figuras 7 e 8 mostran a disposición das meristemas primarias no ápice e os tecidos desenvolvidos a partir de cada unha delas. A organización do ápice é moi importante para o desenvolvemento posterior da estrutura da planta.

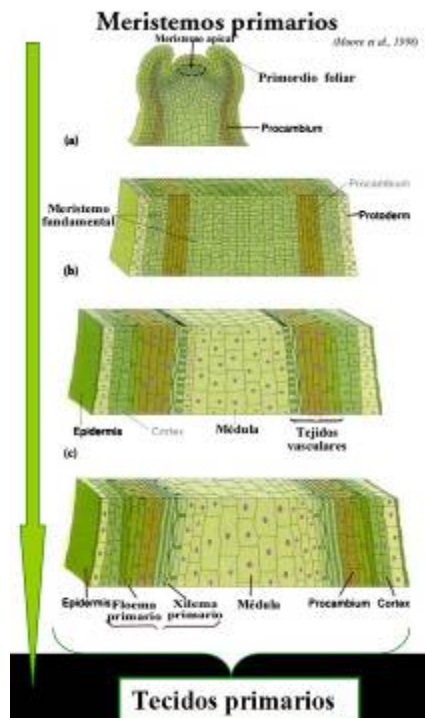


Figura 8. Maduración dos tecidos primarios nun caule. Fonte: Moore et al. (1998).

2.3. Tecidos Primarios: Simples e Complexos

Os tecidos primarios son aqueles que, derivados das células das meristemas apicais ou primarias, conforman o corpo primario ou corpo herbáceo da planta. Pódense dividir en tecidos simples e tecidos complexos:

- tecidos simples son aqueles que cando realizan unha función, todas as células que o compoñen son iguais;
- tecidos complexos son aqueles que cando realizan unha función poden estar formados por distintos tipos celulares ou ben distintos tipos de tecidos simples.

3. Tecidos Simples

Os tecidos simples son: Parénquima, Colénquima e Esclerenquima. Todos eles teñen a súa orixe principal no Meristema Fundamental e constitúen o corpo básico ou Sistema Fundamental da planta.

3.1. Parénquima

O parénquima é o tecido menos diferenciado e o máis abundante en tódalas plantas, e está presente nalgunhas das primitivas máis evolucionadas. A escasa diferenciación, respecto ás células meristemáticas, permítilles realizar moitas funcións diferentes na planta.

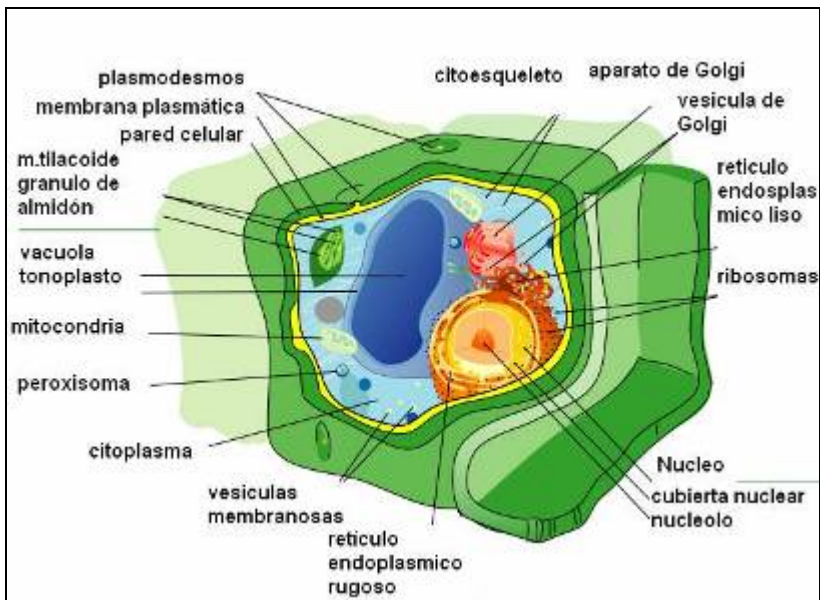


Figura 9. A célula parenquimática é a célula vexetal típica. Fonte:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plant_cell_structure_svg.svg [citado 8 set 2009]

As células parenquimáticas son células vivas, grandes, globosas ou poligonais, con paredes celulares primarias cuxa composición en celulosa, hemicelulosa e substancias pécticas é a característica das plantas. A célula parenquimática é a célula vexetal típica. O seu contido e forma varía segundo a función que desempeñe, recibindo distintos nomes. Así, fálanse de:

- parénquima clorofílico (pola presenza de cloroplastos) ou clorénquima, cando a súa función é a fotosintética;
- parénquima estrutural ou aerénquima, cuxa función é facilitar a aireación do corpo da planta dispoñendo grandes espazos intercelulares entre as súas células;
- parénquima reservante ou de almacenamento, caracterizado pola presenza de amiloplastos.

O parénquima podémolo atopar en tódalas partes da planta, dende a raíz ata as follas e incluso nos froitos e as sementes.

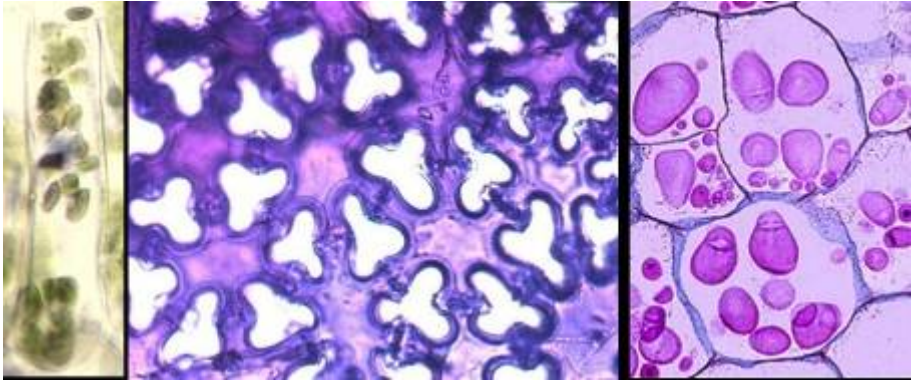


Figura 10. Tipos de parénquima. De esquerda a dereita: clorénquima, parénquima estrutural e parénquima de almacenamento. Fonte: <http://www.botany.hawaii.edu/faculty/webb/BOT311/BOT311-00/Cells&Tissues/pages/Parenchyma-2.htm> [citado 8 set 2009]

O parénquima mantén a capacidade de dividirse e, polo tanto, de desdiferenciarse (tornar en meristemática novamente) podendo así volver a diferenciarse noutro tipo celular ou tecido. Esta capacidade do parénquima é de vital importancia nos procesos de cicatrización e de rexeneración de órganos e tecidos.

3.2. Colénquima

O colénquima é un tecido de características moi similares ó parénquima, do que se distingue porque normalmente non deixa espazos intercelulares e as súas células presentan as paredes máis engrosadas por depósitos de substancias pécticas, o que lle dá propiedades plásticas. Estes engrosamentos non son regulares en tódalas paredes, senón que se acumulan en certas zonas podendo identificarse así distintos tipos de colénquima:

- colénquima angular, cando os depósitos son nos ángulos das células;
- colénquima anular, os depósitos forman un anel;
- colénquima laminar ou tanxencial, cando os depósitos son nas paredes paralelas á superficie,
- colénquima lacunar, cando os engrosamentos se depositan nas paredes que rodean os espazos intercelulares; é moi raro.

O colénquima dispónse fundamentalmente nos eixes da planta (caule, pecíolo), baixo a epiderme o despois dun par de capas de células parenquimáticas. Non aparece nas raíces.

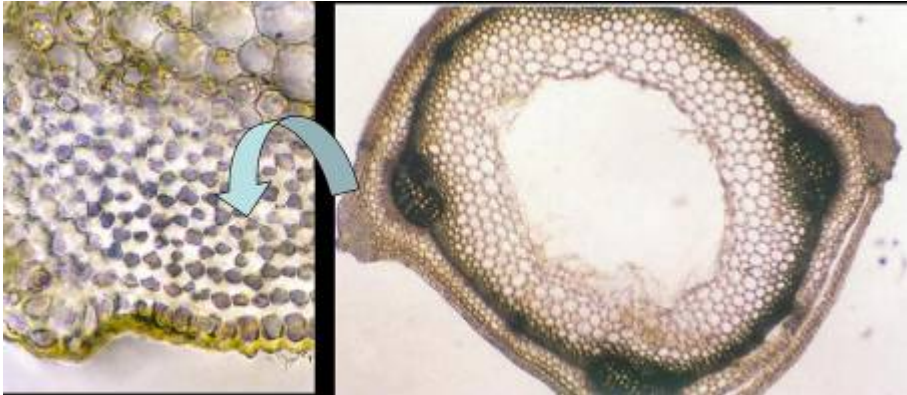


Figura 11. Sección transversal do caule dunha planta da fam. *Labiatae* co colénquima angular disposto nas esquinas.

O colénquima é o tecido mecánico ou de sostén das plantas herbáceas (agás as monocotiledóneas que non o desenvolven) e dos órganos en crecemento. As substancias pécticas actúan como xeles que, en presenza de auga, enchen facendo presión, o que lle permite manterse á planta erguida. A falta de auga fai que se perda esa presión e a planta toma o aspecto debilitado característico.

O mesmo que sucede co parénquima, as células vivas do colénquima pódense desdiferenciar e dividirse para dar novas células e tecidos.

3.3. Esclerénquima

O esclerénquima é o tecido mecánico dos órganos maduros e das plantas leñosas. Tamén das monocotiledóneas. Ademais da Meristema Fundamental pode orixinarse tamén a partir do Procámbium e do Cámbium Vascular.

Caracterízase porque as súas células teñen as paredes fortemente engrosadas internamente en tres capas (S1, S2, S3) onde, ademais da celulosa, depositase unha nova substancia, a lignina (paredes secundarias). Son elásticas e impermeables. Estas células están mortas na madurez.

Segundo a súa morfoloxía e disposición podemos atopar diferentes tipos de células esclerenquimáticas:

3.3.1. Fibras: son células moi alongadas, de extremos aguzados (prosenquimatosas fusiformes) e con punteaduras nas paredes.

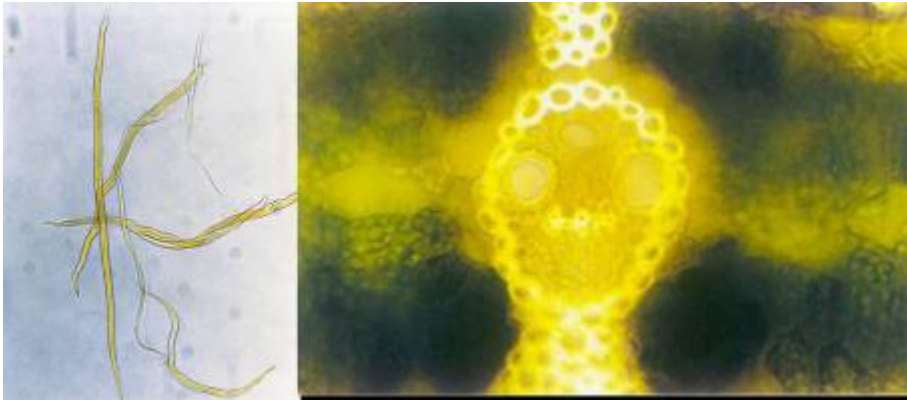


Figura 12. Imaxes de fibras. Á esquerda, fibras maceradas das follas dun carballo. Dereita, sección transversal dunha folla de monocotiledónea coas fibras rodeando un feixe vascular e estendéndose cara arriba e abaixo del (extensións da vaina).

Dispóñense ben illadas no medio doutros tecidos (Idioblastos) ou formando un cilindro oco no tecido fundamental ou ben agrupadas en feixes asociadas ós tecidos vasculares.

3.3.1.1. Fibras xilemáticas (asociadas ó xilema)

3.3.1.1.1. F. libriformes (longas como as do floema)

3.3.1.1.2. Fibrotraqueidas (semellantes ás traqueadas)

3.3.1.1.3. F. xelatinosas: eliminan a capa máis interna da parede (S3) e desaparece a lignina, engrosando as outras dúas con celulosa e incrementando a capacidade de absorción de auga; atópanse na madeira das ramas e dos troncos inclinados (madeira de reacción); esta madeira ó secarse e perder o auga cúrvase, e é moi mala para a industria da madeira.

3.3.1.2. Fibras extraxilemáticas (non asociadas ó xilema)

3.3.1.2.1. F. floemáticas (ver fibras do floema).

3.3.1.2.2. F. corticais (asociado ó parénquima da planta).

3.3.2. Esclereidas: son células máis ou menos isodiamétricas, poliédricas, con paredes de abundantes punteaduras (simples ou ramificadas). Como as fibras, poden formar idioblastos ou dispoñerse en capas (e.g. na cuberta das sementes) ou formando niños. Podémolas atopar co parénquima en caules froitos e raíces; nas follas poden estar nos bordes, entre o clorénquima, ou nas terminacións das veas.



Figura 13. Braquiesclereidas ou células pétreas do mesocarpo dunha pera

Pola súa morfoloxía, clasifícanse en: Braquiesclereidas (= Células pétreas); Macroesclereidas; Osteoesclereidas e Astroesclereidas.

4. Tecidos Complexos

Os tecidos Complexos son: Epiderme, Xilema e Floema.

4.1. Epiderme

A epiderme ten a súa orixe na Protoderme. É a capa de células máis externa que envolve todo o corpo primario da planta: dende a raíz ata as follas, flores e froitos no caule. A epiderme existe normalmente nos órganos que non teñen engrosamento secundario durante toda a vida da planta.

A súa posición é estratéxica: barreira entre dous mundos, o interior e o exterior da planta; límite en dous ambientes: o subterráneo das raíces e o aéreo do caule. Por isto, as súas funcións son básicas en tódalas plantas e particulares nas diferentes especies. Caben destacar as seguintes:

- a) Regulación da auga (absorción e perda)
- b) Protección contra a radiación solar
- c) Protección contra outros organismos / Recoñecemento destes
- d) Protección contra axentes non biolóxicos (e.g. a sarabia)
- e) Secreción externa.

Para levar a cabo estas funcións posúe diferentes tipos celulares: células típicas, células especiais, estomas e tricomas.

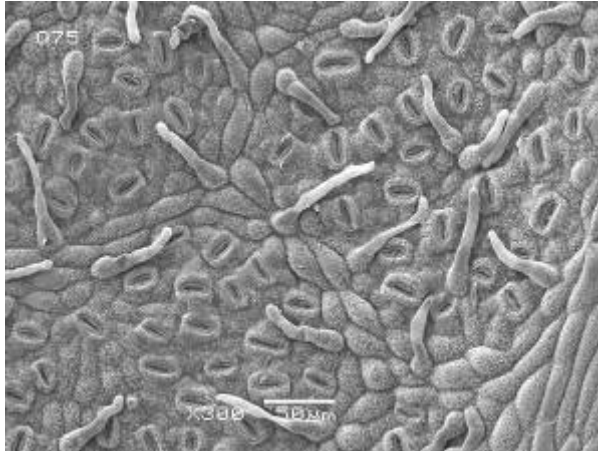


Figura 14. Vista ó microscopio electrónico de varrido dos diferentes tipos celulares (estomas, tricomas e células típicas) da epiderme dunha folla de carballo.

4.1.1. Células típicas: son as que ocupan a maior parte da superficie da planta. Forman unha capa compacta sen espazos intercelulares e, a miúdo, o contorno lateral das células é ondulado para favorecer a unión entre as mesmas. Teñen aspecto de táboa e características similares ás células parenquimáticas pero cunha particularidade: a parede celular das células epidérmicas varía en grosor; a parede que dá ó exterior da planta é de maior grosor cás outras. Esta parede, ademais da hemicelulosa, celulosa e substancias pécticas, posúe depósitos de cutina e tamén pode ter ceras, resinas e minerais. Incluso pode lignificarse.

4.1.2. Células especiais: son células con contidos ou estruturas especiais. Poden ser:

- células longas, con forma de fibra, que están situadas entre as veas;
- células cortas que poden ser de dous tipos: síliceas e suberosas;
- células buliformes (na parte central das follas de gramíneas);
- os litocistes (depósitos de oxalato cálcico) que se atopan en certas familias (acantáceas, moráceas, urticáceas e cucurbitáceas).

4.1.3. Estomas (do grego *stoma* = boca): é a estrutura formada por dúas células (células oclusivas ou estomáticas), cuxas paredes de contacto se xuntan ou se separan, segundo as diferentes situacións fisiolóxicas da planta, permitindo o intercambio de gases entre o interior da planta e o exterior. A apertura que deixan entre elas é o ostíolo que se comunica cun grande espazo interno, a cámara subestomática. As células estomáticas están rodeadas por outras (células anexas ou subsidiarias) cuxa disposición é unha característica taxonómica das diferentes especies. O conxunto que forman as células estomáticas coas súas células anexas constitúe o complexo estomático. A clasificación dos complexos estomáticos faise segundo o seu modo de desenvolvemento e a súa relación coas células epidérmicas veciñas:

- 1) Tipo paracítico (rubiáceo): Phaseolus, Acacia.
- 2) Tipo anisocítico (crucífero): Solanum, Brassica.

- 3) Tipo diacítico (cariofiláceo): *Dianthus*.
- 4) Tipo anomocítico (ranunculáceo): Malvaceas.

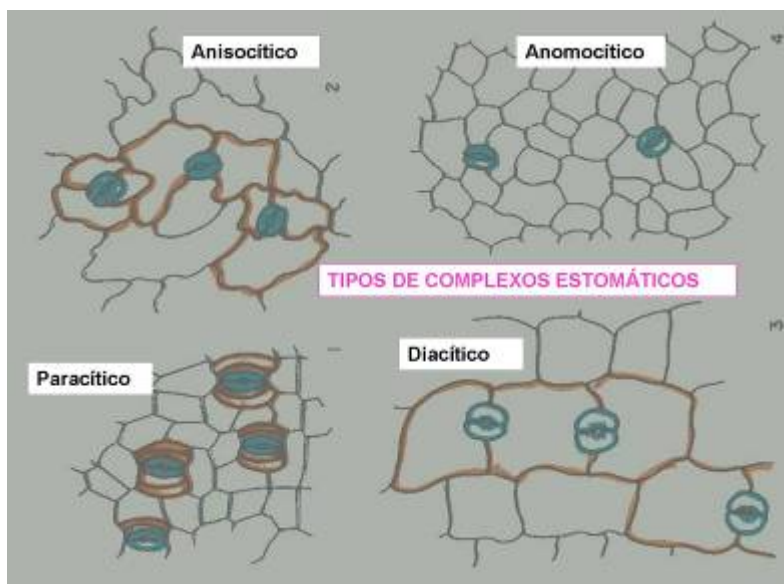


Figura 15. Clasificación dos complexos estomáticos segundo o seu modo de desenvolvemento e a súa relación coas células epidérmicas veciñas. Fonte: Esau (1985).

4.1.4. Tricomas: denomínanse así tódolos apéndices ou proxeccións epidérmicas como os pelos, escamas, aguillóns ou papilas, podendo ser glandulares ou non segundo excreten ou non substancias ó exterior.

Entre os non glandulares están os pelos da raíz cunha importantísima función na absorción de auga e minerais e que, por atoparse en contacto coas partículas e organismos dos solos, constitúen unha superficie especial á que se chama rizosfera. Os pelos radiculares teñen a súa orixe nuns pelos especiais da proptoderme que son os tricoblastos. Posúen grandes vacúolos e xeralmente as súas paredes son finas. Rara vez se ramifican. Só poden ser activos durante un corto período de tempo e despois suberízanse e lignifican.

Outros pelos non glandulares clasifícanse pola súa morfoloxía en:

a) Pelos simples, uni ou pluricelulares, non esmagados e uniseriados. Atopámoslos, por exemplo, nas Lauraceas, Moraceas, *Triticum*, *Hordeum*, *Pelargonium*, *Gossypium*. Neste grupo inclúense tamén as papilas e as vesículas (ou pelos vesiculares, e.g. *Crassulaceae*).

b) Tricomas escumiformes, sésiles (escamas) ou pedunculados (tricomas peltados, e.g. *Olea*) ou dendríticos (e.g. *Cruciferae*).

c) Pelos pluricelulares estrelados ou en forma de candelabro ramificado.

d) Pelos pilosos que teñen na súa base dúas ou máis filas de células contiguas.

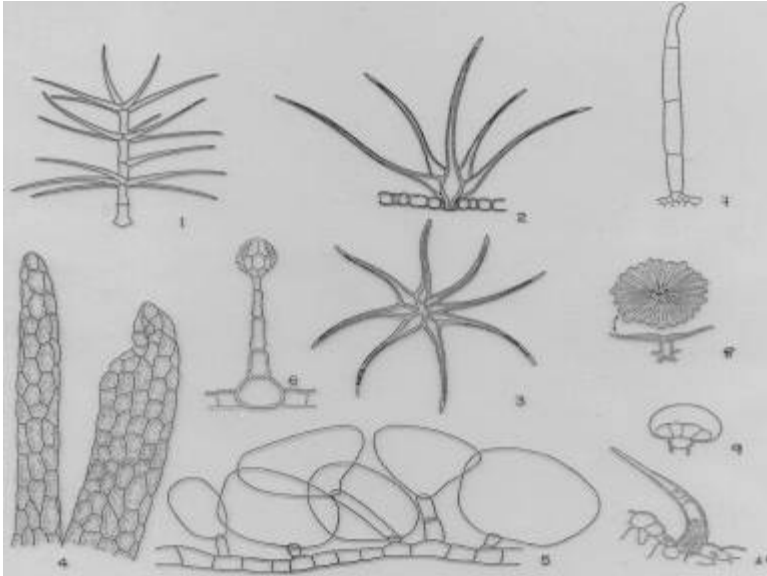


Figura 16. Diferentes tipos de tricomas. Fonte: Esau, (1985).

Os tricomas glandulares agrúpanse segundo as substancias segregadas:

- solucións salinas (*Tamarix*, *Limonium*);
- solucións azucradas: néctar (Nectarios: *Lonicera*, *Prunus amygdalus*),
- solución acuosa con algunhas substancias orgánicas ou inorgánicas (Hidatodos);
- substancias velenosas, irritantes ou narcóticas: histamina e acetilcolina (ex. *Urtica*), resinas alcaloides "hashish" (*Cannabis sativa*);
- glándulas de plantas carnívoras ou insectívoras (*Dionea* y *Drosera*) posúen varios tipos de pelos específicos (néctar-atracción, mucilaxe-fixación e enzimas dixestivos).

Outras estruturas secretoras externas son as cavidades que teñen os cítricos na monda dos froitos: *Citrus*.

4.2. Xilema

O termo Xilema vén do grego ξυλον (xylon)="madeira". O Xilema ou leño é o tecido encargado do transporte da auga, xunto coas substancias minerais que leva disoltas do sol, dende a raíz ata as follas. Atópase asociado co Floema ó longo da planta, co que forma o sistema vascular ou condutor.

O Xilema primario deriva do Procámbium, dentro do Meristema apical, e o Xilema secundario deriva do Cámbium vascular. As súas funcións principais son, ademais da condución, o almacenamento e o soporte. Por iso o Xilema presenta distintos tipos celulares.

4.2.1. Células ou elementos condutores ou traqueais: son células alargadas, fusiformes sen protoplasto vivo; con punteaduras ou perforacións nas paredes que están engrosadas por depósitos de lignina (paredes

secundarias). Estes engrosamentos non son uniformes polo que se distinguen distintos tipos segundo o desenvolvemento do xilema:

- a) anular
- b) helicoidal
- c) escalariforme
- d) reticulado
- e) punteado

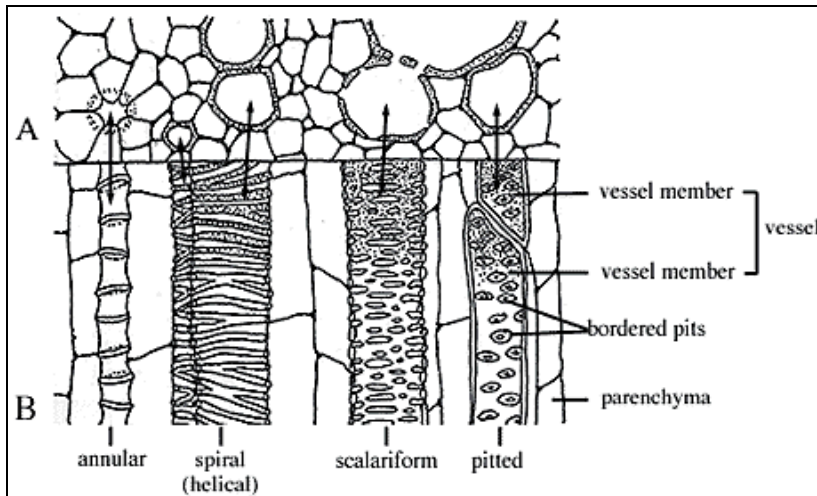


Figura 17. Diferentes tipos de engrosamentos das paredes dos elementos condutores do xilema. Fonte:

<http://www.ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/Ana/Ana1.html> [citado 4 set 2009]

4.21.1. Traqueidas: células alongadas e estreitas semellantes ás fibras. Con paredes con punteaduras do tipo areoladas ou rebordeadas, sen perforacións. Constitúen o tipo máis primitivo (único en Ximnospermas).

4.2.1.2. Elementos ou membros dos vasos: son células unidas lonxitudinalmente ó longo das plantas formando grandes unidades condutoras, os vasos ou traqueas, e que están unidas entre si por perforacións. É o típico de Angiospermas. As perforacións poden ser:

- a) simples
- b) en series
 - . escalariforme
 - . reticulada
 - . foraminada

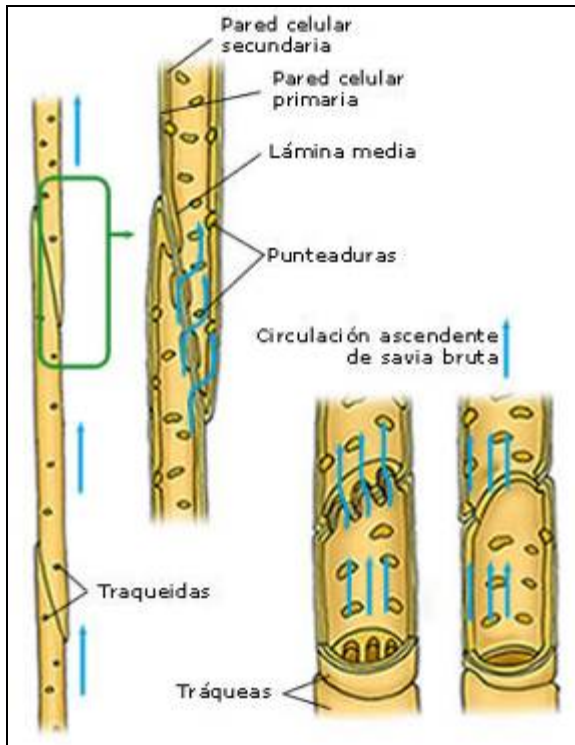


Figura 18. Condución da auga nos diferentes elementos condutores do xilema. Fonte:

http://recursos.cnice.mec.es/biologia/bachillerato/primerobiol/biologia/ud02/01_02_04_02_023_04.html [citado 4 set 2009]

4.2.2. Fibras con función de soporte. Son máis longas cás traqueidas da mesma orixe (ver: *fibras xilemáticas*).

4.2.3. Células parenquimáticas, con función de almacenamento; dispóñense en filamentos verticais no Xilema Primario e tanto en filamentos verticais como radiais no Xilema Secundario

Tamén poden aparecer no xilema, esclereidas e canais resiníferos. Segundo a súa orixe e grado de maduración o xilema divídese en Xilema Primario e Secundario. Dentro do Primario é o Protoxilema o primeiro en formarse a partir do Procámbium e caracterízase por ter poucos elementos traqueais, gran número de células parenquimáticas, e unha parede secundaria anular ou helicoidal que permite o estiramento e ensanchamento dos órganos vexetais. Cando a plántula alcanza a madurez vexetativa, os elementos do xilema primario constitúen o Metaxilema, que ten maior cantidade de elementos traqueais; a parede secundaria escalariforme ou reticulada (excepto nas perforacións), as células son máis compactas e por tanto teñen unha maior rixidez. Se a planta continúa desenvolvendo un crecemento secundario ou leñoso, o xilema pasa a ser un xilema secundario cuxos elementos vainos formar o cámbium vascular. As células terán unhas características similares as dos últimos elementos formados no metaxilema.

4.3. Floema

O termo Floema deriva do grego “phloios” que significa codia. O Floema ou Liber é o tecido encargado da condución das substancias elaboradas na fotosíntese (carboidratos), ben directamente das follas ou ben dende onde foran almacenadas como amidón, ata aqueles lugares onde van ser usadas para as diferentes funcións da planta.

Presenta tamén diferentes tipos celulares.

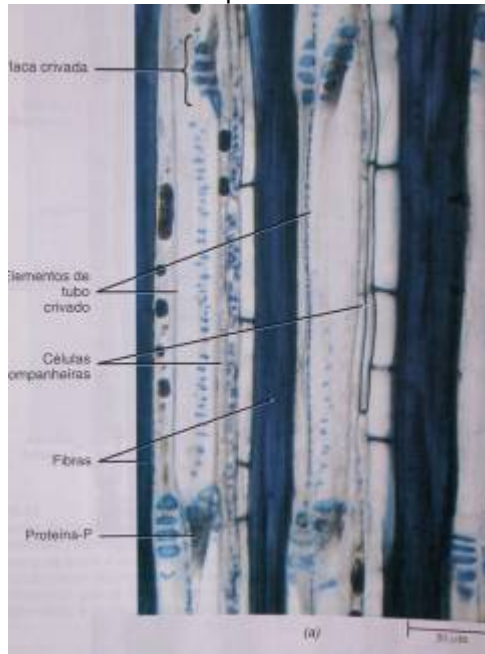


Figura 19. Algúns tipos celulares do floema. Fonte:

<http://profesores.unisanta.br/maramagenta/Imagens/ANATOMIA/floema.htm> [citado 4 set 2009]

4.3.1. Os elementos condutores ou Elementos Cribosos, que son células alongadas e delgadas de paredes primarias, protoplasto vivo pero **sen núcleo** (o que constitúe unha singularidade) e coa presenza dunha proteína (proteína-F) no protoplasto e de calosa nas paredes terminais. Considéranse dous tipos segundo o seu grado de evolución.

Os elementos cribosos comunicanse entre si a través de áreas cribosas. Estas son zonas deprimidas da parede provistas de poros a través dos cales se conectan os protoplastos de elementos veciños por medio de cordóns citoplasmáticos. Cando estes poros se agrupan nas paredes distais ou terminais das células e presentan un maior diámetro, fálase de placas cribosas.

4.3.1.1. Células cribosas, cuxas paredes presentan áreas cribosas (sen placas cribosas) non moi especializadas; son o tipo máis primitivo (o único de Ximnospermas).

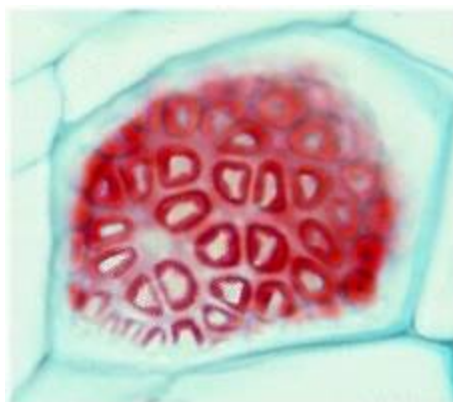


Figura 20. Placa cribosa dun tubo criboso do floema. Fonte: <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/library/webb/BOT410/SecPhloem/SecPhloem-1.htm> [citado 4 set 2009]

4.3.1.2. Elementos ou Membros dos Tubos Cribosos, cuxas células están unidas lonxitudinalmente formando as unidades condutoras que son os Tubos cribosos; as paredes terminais teñen placas cribosas (simples ou compostas) e as paredes laterais, áreas cribosas.

4.3.2. Células parenquimáticas, células vivas (con núcleo). Pode haber varios tipos.

4.3.2.1. Células albuminosas, típicas de Ximnospermas. Asociadas a Células Cribosas (pero non derivan da mesma célula nai); son responsables da secreción activa e tamén poden almacenar distintas substancias de reserva.

4.3.2.2. Células Acompañantes ou Anexas, típicas de Anxiospermas. Asociadas a tubos cribosos (proceden da mesma célula nai ca eles pero teñen núcleo); presentan campos de puntuacións primarias con plasmodesmos; son responsables da secreción activa (entrada e saída dos carbohidratos nos elementos dos tubos cribosos) e poden almacenar substancias.

4.3.2.3. Outras células parenquimáticas, acompañan as células do floema ó longo da planta tanto no eixe axial (parénquima axial de Anxiospermas) como no radial (parénquima radial de Ximnospermas e Anxiospermas).

4.3.3. Fibras (ver fibras extraxilemáticas liberianas): son células alongadas de parede celular moi grosa. As fibras liberianas do floema primario proceden do procámbium e as fibras do floema secundario orixínanse a partir das células iniciais fusiformes do cámbium vascular. As primeiras están menos lignificadas e son as células máis grandes que se atopan nas plantas e entre elas atópanse moitas que teñen usos industriais, preferentemente na industria téxtil (liño, cáñamo, sisal...).

O mesmo que sucedera co Xilema, recoñécense dous tipos de floema segundo a súa orixe e maduración, o primario e o secundario. No fillo, o Floema Primario atópase asociado ó Xilema Primario constituíndo os feixes vasculares. Diferénciase en Protofloema e Metafloema. O primeiro

madura nas partes da planta que aínda están crescendo en extensión, e os seus elementos cribosos pronto se volven inactivos. O Metafloema diferénciase máis tarde, completa a súa maduración despois que o órgano terminou o seu crecemento en lonxitude. Nas plantas que non posúen crecemento secundario, constitúe o floema funcional dos órganos adultos. O Floema Secundario, igual que o xilema secundario, orixínase no cámbium vascular.

ACTIVIDADES PROPOSTAS

Laboratorio

- Práctica 1: Histoloxía Vexetal I: Tecidos primarios simples: Tecido fundamental (Parénquima). Tecidos de sostén (Colénquima e Esclerénquima).
- Práctica 2: Histoloxía Vexetal II. Tecidos Complexos. A Epiderme. O Xilema.

Aula

- Seminario I: Histoloxía das plantas (I): este seminario terá lugar na aula nunha sesión dunha hora de duración: na primeira ½ h farase un repaso dos contidos principais do bloque temático; durante os 15'-20' seguintes os alumnos e alumnas contestarán de forma individual e/ou en grupos un cuestionario referido ó bloque e nos últimos 10-15' corrixiranse as respostas de forma colectiva promovendo o debate entre eles.
- Cuestións de repaso da Unidade Didáctica:
 - Cales son os novos retos ós que se enfrontan as plantas no medio aéreo?
 - Explica a diferenza entre desenvolvemento filoxenético e ontoxénico.
 - En que se distingue o crecemento vexetal do animal?
 - Que diferenza hai en que unha semente teña unha xerminación hipoxea ou epixea?
 - Que son as meristemas?
 - Que é a diferenciación celular?
 - Cales son as meristemas primarias ?
 - Cal é a diferenza entre o crecemento primario e o secundario?
 - Por que hai plantas herbáceas e plantas leñosas?
 - En que se distinguen os tecidos simples e os tecidos complexos?
 - Cales son os principais tecidos nunha planta herbácea?
 - Describe as características principais que distinguen as células do parénquima das do colénquima e do esclerénquima.
 - Cales son as principais diferenzas entre as células condutoras do xilema?
 - Compara e contrasta as células condutoras do xilema e as do floema.

AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA

1. Consideracións xerais

Lembrar os coñecementos básicos de bioloxía vexetal (a célula; a parede celular, metabolismo e fotosíntese; clasificación e biodiversidade, etc.).

Estudar tendo en conta o material gráfico achegado polo profesor/a ó longo do cuadrimestre.

Participar activamente nas actividades propostas.

2. Aspectos e criterios a ter en conta.

- Parte Práctica:

A asistencia a prácticas é obrigatoria para tódolos alumnos e alumnas. A falta de asistencia a algunha práctica pode ser compensada mediante exame escrito coincidindo co final teórico da materia. Ó finalizar cada sesión de prácticas é obrigatorio presentar a folla correspondente ó traballo realizado durante esta.

- Parte Teórica:

O exame escrito constará de dúas partes que deberán superarse por separado para aprobar a disciplina: Anatomía (ata 5 puntos) e Fisioloxía vexetal (ata 5 puntos).

Os alumnos poderán presentarse ós exames parciais sempre que asistan regularmente ás clases teóricas e prácticas e participen nas actividades que se lles propoñan. No caso de non superar algunha das partes, poderase facer un exame final ó acabar o curso.

Na convocatoria de setembro poderán presentarse os alumnos que non superaran algunha das partes teóricas e/ou prácticas da materia.

Na avaliación final terase en conta a nota obtida nos exames así como a actividade desenvolvida nas clases prácticas (avaliación continua destas).

Tamén se valorará a asistencia e participación nas clases teóricas e seminarios, de acordo co seguinte cadro:

Aspectos	Criterios	Instrumento	Peso
Asistencia e participación nas clases maxistras	- Participación activa na clase	- Pasar lista - Observación e notas do profesor	10%

Asistencia e participación nos seminarios	- Participación nos debates - Realización de traballos Terase en conta: * Claridade nos debuxos * Calidade da presentación * Ortografía e redacción	- Observación e notas do profesor - Recollida dos traballos dos seminarios	13%
Conceptos da materia	- Dominio dos coñecementos teóricos	- Exame teórico	55%
Asistencia e participación nas clases prácticas	- Traballo desenvolvido nas clases prácticas. Terase en conta: * Limpeza e orde na actividade no laboratorio * Calidade das preparacións microscópicas * Claridade e orixinalidade nos debuxos * Calidade da presentación * Ortografía	- Observación e notas do profesor -Traballo individual nas prácticas	20%
Outras actividades	- Exemplo: Participación na WebCT	- Valoración da actividade	2%

3. Recomendacións de cara á avaliación.

- Facer debuxos claros e sinxelos, “non copiar as fotografías”.
- Sinalar con frechas as partes principais que nos permiten a identificación das diferentes estruturas nos debuxos ou fotografías.
- Responder de xeito sinxelo ás cuestións que se preguntan.
- Aproveitar o espazo e non repetir as preguntas na resposta.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ NOGAL, R (1997): *Apuntes de citología-histología de las plantas*. Universidad de León.
- CORTÉS, F. (1980). *Histología Vegetal Básica*. H. Blume Ediciones, Barcelona.
- ESAU, K. (1985). *Anatomía Vegetal*. Ediciones Omega, Barcelona.
- ESAU, K. (1987). *Anatomía de las Plantas con Semilla*. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- FAHN, A. (1978). *Anatomía Vegetal*. H. Blume Ediciones, Madrid.
- MAUSETH, J.D. (1995). *Botany. An introduction to plant biology*. 2nd edition. Saunders College Publishing.
- MOORE, R., W.D. CLARK AND D.S. VODOPOVICH. (1998). *Botany*. 2nd edition. WCB/McGraw-Hill.
- NABORS, M. W. (2006). *Introducción a la Botánica*. Pearson Educación S.A. Madrid.
- RAVEN P.H., R. F. EVERT AND S.E EICHORN (1987). *Biología de las Plantas*. Tomo 2. Worth Publishers, New York.
- STRASSBURGER, E. (1986). *Tratado de Botánica*, 7ª ed. Marín, Barcelona.
- RODRIGUEZ, Mª C., P. DE SÁA Y R.A. VÁZQUEZ (2004). Introducción á Botánica. En: *Galicia Natureza*. TOMO XLI: BOTÁNICA.. Hércules Edicións. A Coruña.



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo de profesores e alumnos de todas as materias e titulacións da universidade



Servizo de Normalización
Lingüística