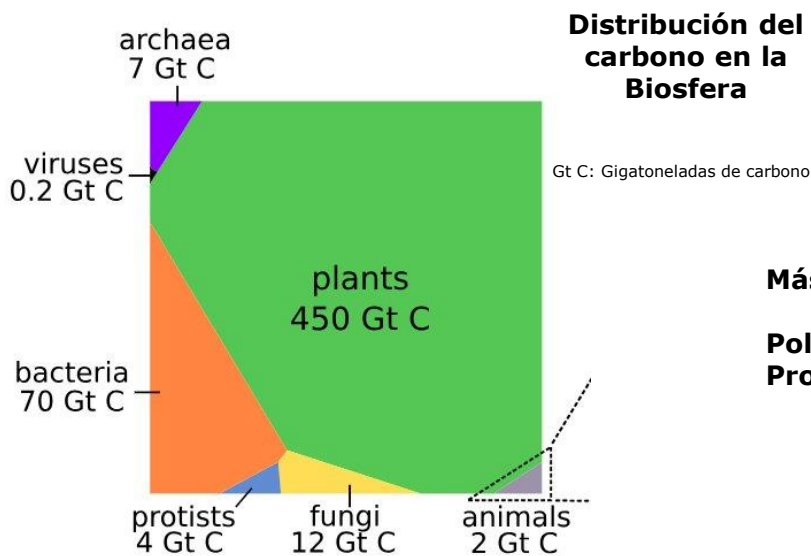


Fundamentos de Biología Celular Vegetal

Dr. Marcel Bentancor
Laboratorio de Biología Molecular Vegetal
Facultad de Ciencias – UDELAR
marcelb@fcien.edu.uy
<http://bm.v.fcien.edu.uy>

La mayor parte de la biomasa es vegetal



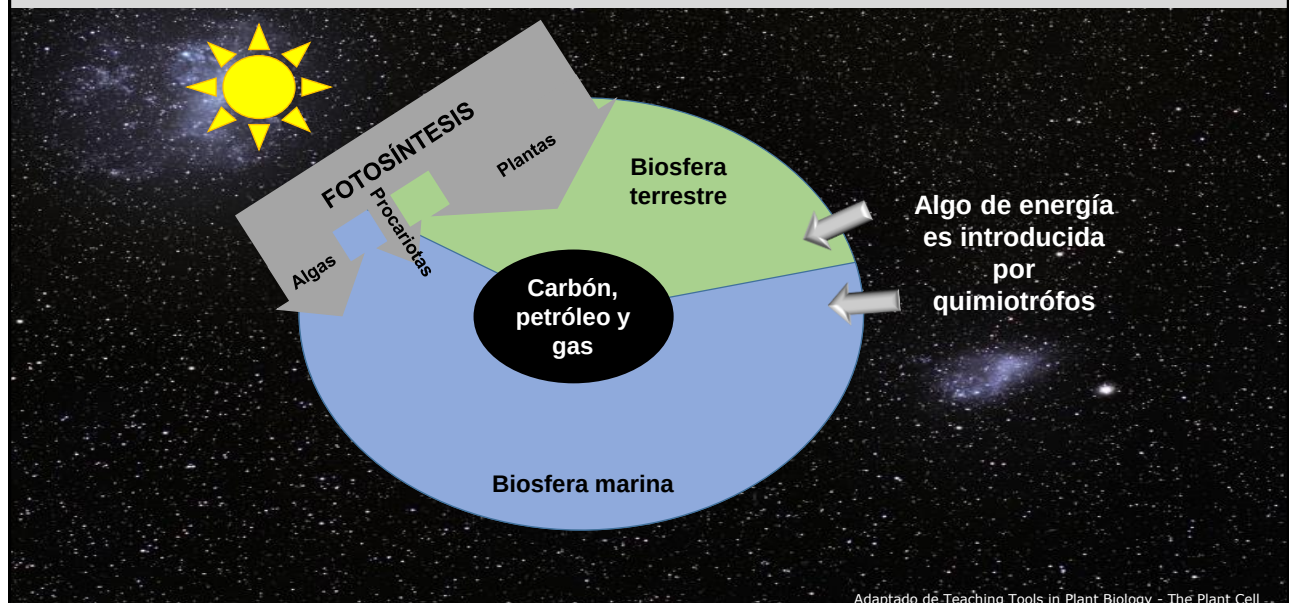
Más abundantes en el planeta:

Polímero: Celulosa, Lignina
Proteína: Rubisco

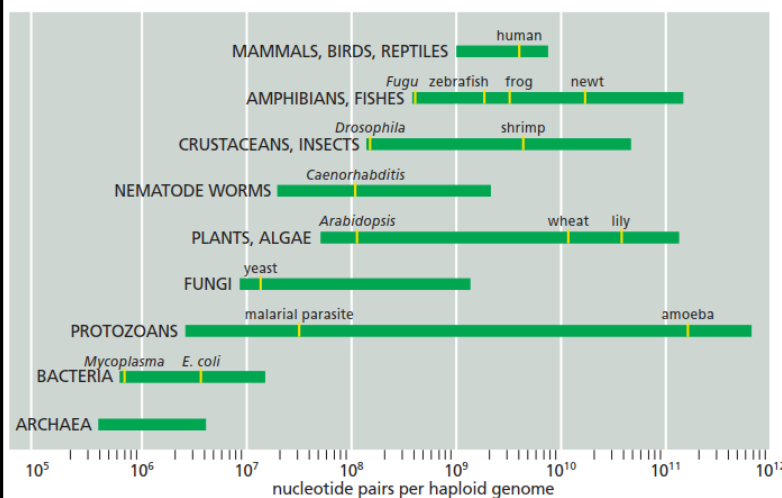
<https://doi.org/10.1073/pnas.1711842115>



Plantas: principales captadoras de la energía para la biosfera



Tamaño genómico diverso



Algunos organismos modelos

Arabidopsis thaliana



Physcomitrella patens



Brachypodium distachyon



Arroz (*Oryza sativa*)



Populus trichocarpa
(Álamo negro)



394.000 especies vegetales

15.000 especies de aves y mamíferos

7.000.000 especies animales

Poliploidía: es más común en plantas que en animales.

Múltiples evidencias de paleopoliploidía

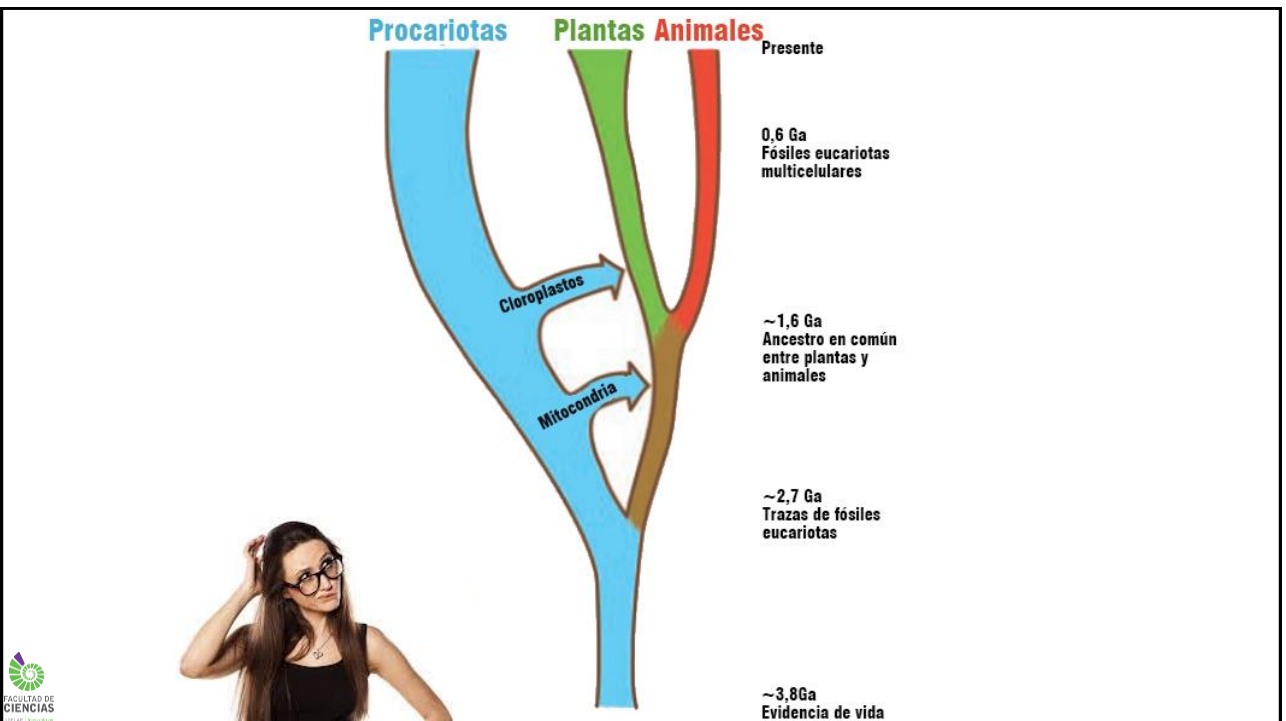
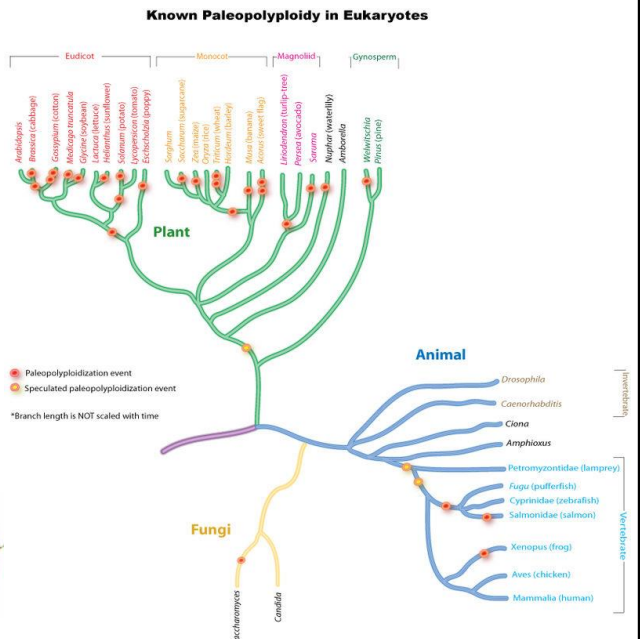
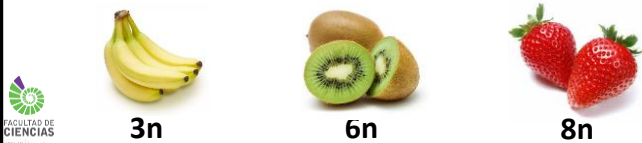
Autopoliploides (papa) o alopoliploides (algodón)

Causas de la alta incidencia:

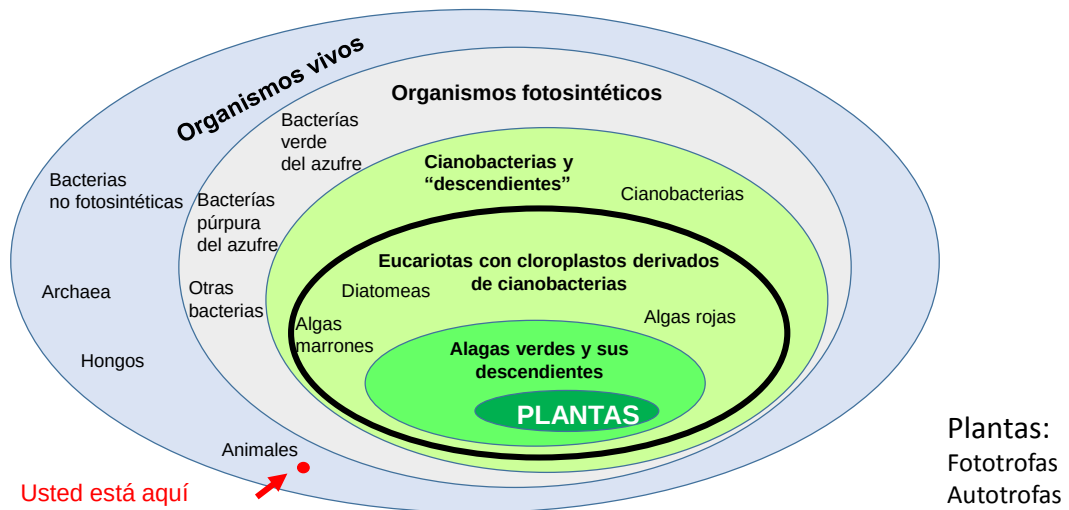
Autofecundación (meiosis fallada)
Fisiología y anatomía no centralizadas
Reproducción asexual

Poliploidización en cultivos para:

Tornar fértil un híbrido (usando colchicina)
Volver estéril un cultivo (carencia de semillas)



Las plantas: fotosintéticas, terrestres* y multicelulares



Círculos no dibujados a escala

Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

Las plantas: fotosintéticas, terrestres* y multicelulares



Ventajas:

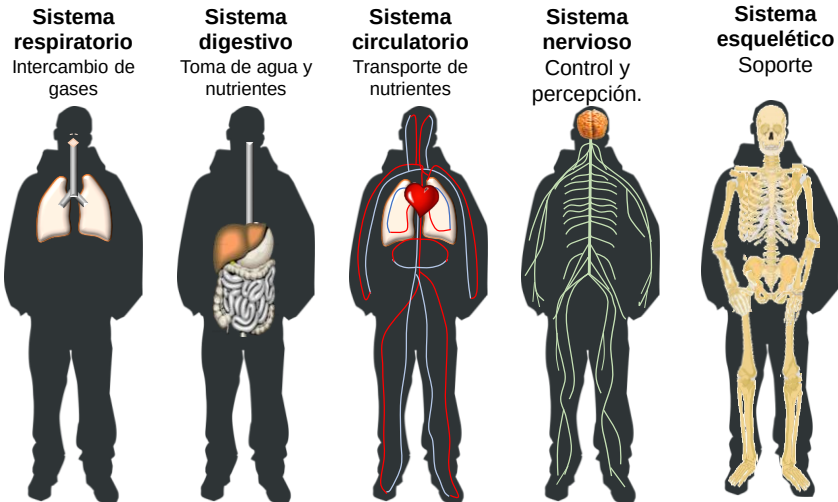
- El mayor tamaño permite una mejor competencia por luz y nutrientes.
- Las células pueden especializarse.

Desventajas:

- Necesidad de transferir recursos e información.
- Requerimiento de coordinar acciones.

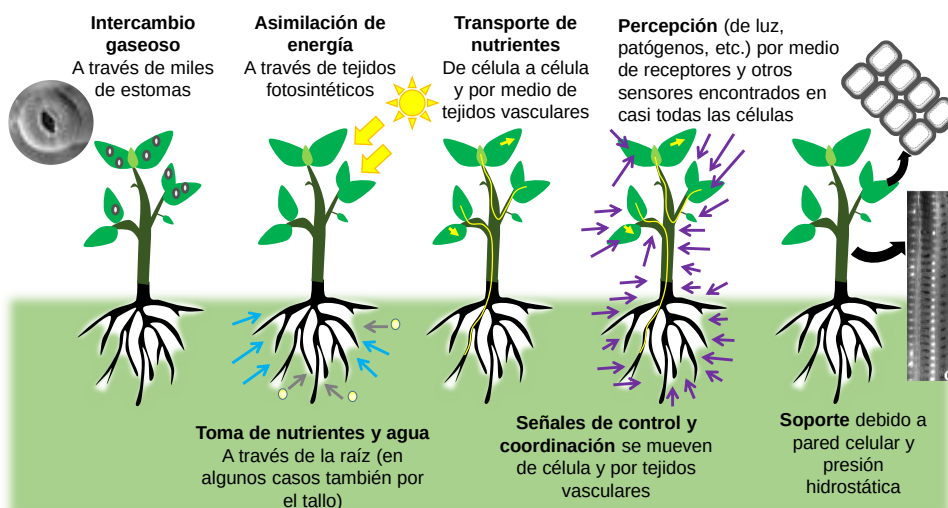
Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

Fisiología humana: organizada en sistemas.



Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

Fisiología vegetal: funciones similares pero distribuidas en forma mas amplia



Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

Fisiología vegetal: funciones similares pero distribuidas en forma mas amplia



Red informática



Telaraña

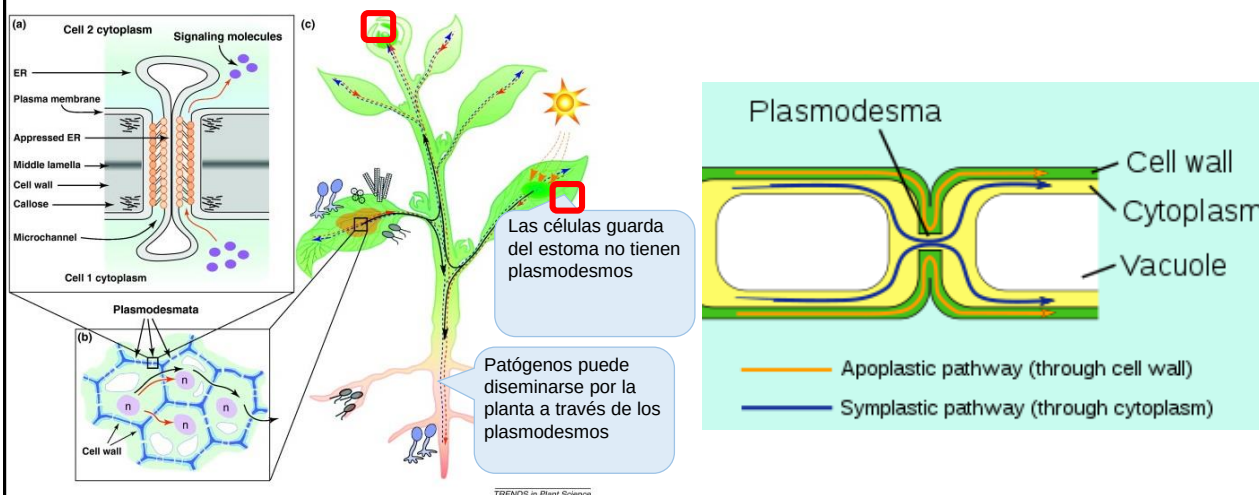


Descentralización, robustez

- Organogénesis postembrionaria
- Flexibilidad de respuestas fisiológicas



La mayoría de las células están interconectadas por plasmodesmos



Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

Plasmodesmos (1876)

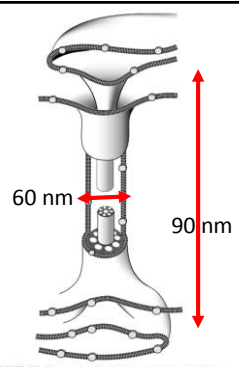


FIGURE 3.2 Diagram of a plasmodesma showing the three-dimensional relationship between the ER, plasma membrane, and desmotubule. (Source: From Gunning and Overall, 1983.)

10³ - 10⁵ plasmodesmos/célula
1-10 plasmodesmos / μm²

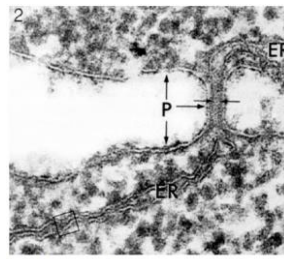
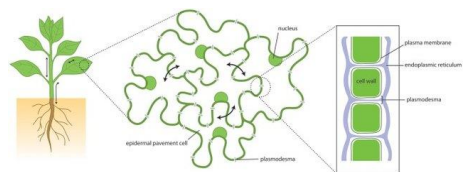


FIGURE 3.3 Longitudinal view of a plasmodesma in *Azolla pinata* root cells. The arrow points to the desmotubule. ER, endoplasmic reticulum; P, plasma membrane. ×175,000. (Source: From Overall et al., 1982.)

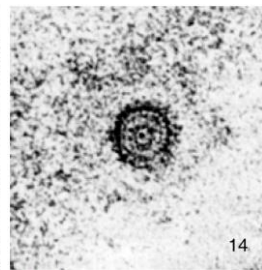
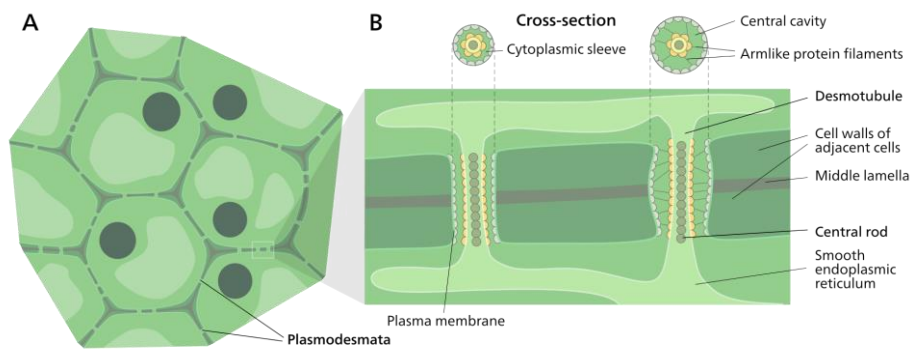


FIGURE 3.4 Transverse view of a plasmodesma in a lettuce root tip cell. ×210,000. (Source: From Hepler, 1982.)



Plasmodesmos (1876)

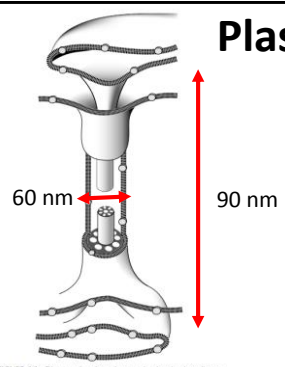


FIGURE 3.2 Diagram of a plasmodesma showing the three-dimensional relationship between the ER, plasma membrane, and desmotubule. (Source: From Gunning and Overall, 1983.)

10³ - 10⁵ plasmodesmos/célula
1-10 plasmodesmos / μm²

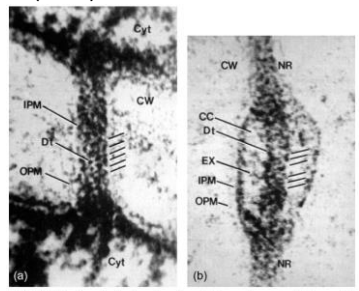


FIGURE 3.6 Longitudinal sections through plasmodesmata of tobacco cells that have been prepared by freeze fixation and freeze substitution: (a) a plasmodesma between phloem parenchyma cells; (b) a plasmodesma between a phloem parenchyma cell and a bundle sheath cell. IPM, inner leaflet of the plasma membrane; OPM, outer leaflet of the plasma membrane; DT, desmotubule; CW, extracellular matrix; cyt, cytoplasm; NR, neck region; EX, spoke-like extensions; CC, central cavity. (Source: From Ding et al., 1992b.)

TABLE 3.1 Permeability coefficients of plasmodesmata and plasma membrane of <i>Egeria</i>		
Permeability Coefficient (m/s)		
Molecule (<i>M_r</i>)	Plasmodesmata	Plasma Membrane
6-CF (376)	112 × 10 ⁻⁸	2.4 × 10 ⁻¹²
FITC + glutamic acid (536)	15.5 × 10 ⁻⁸	1.8 × 10 ⁻¹²
FITC + glutamyl-glutamic acid (665)	11.4 × 10 ⁻⁸	1.3 × 10 ⁻¹²
FITC + hexaglycine (744)	0.66 × 10 ⁻⁸	2.3 × 10 ⁻¹²
FITC + leucyl diglutamyl-leucine (874)	0.009 × 10 ⁻⁸	1.6 × 10 ⁻¹²

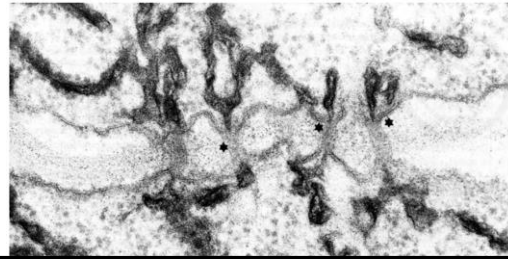


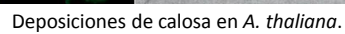
FIGURE 3.5 Longitudinal view of plasmodesmata in lettuce root tip cells. The lumen of the endoplasmic reticulum is stained with OsFeCN. The cisternal space is constricted where the endoplasmic reticulum enters the plasmodesmata (asterisks). ×100,000. (Source: From Hepler, 1982.)



A diagram of a neuron. The cell body (soma) is at the top, containing a nucleus. Dendrites extend from the cell body. The axon hillock is the cone-shaped region where the axon meets the cell body. A red arrow points to the axon hillock. The axon is a long fiber that carries the action potential away from the cell body. The axon is covered by a myelin sheath, which is composed of Schwann cells. The axon terminates in a growth cone.

Actina
Miosina
Microtúbulos
Microfilamentos

FIGURE 3.2 Diagram of a plasmodesmata showing the three-dimensional relationship between the ER, plasma membrane, and desmotubule. (Source: From Gusting and Overall, 1983.)


$$\left[\begin{array}{c} \text{OH} & & \text{OH} \\ | & & | \\ \text{HO} - \text{C} & - \text{O} - & \text{C} - \text{OH} \\ | & & | \\ \text{H} - \text{O} & - & \text{O} - \text{H} \\ | & & | \\ \text{OH} & & \text{OH} \end{array} \right]_n$$

The diagram illustrates the regulation of cellulose synthesis by callose. On the left, a normal state is shown where cellulose is synthesized in the endoplasmic reticulum and passes through a flux path in the plasma membrane. On the right, a state of inhibition is shown where callose synthase is inhibited by β -1,3-glucanase, leading to the accumulation of callose (blue structures) in the endoplasmic reticulum, which blocks the flux path and prevents cellulose synthesis.



FACULTAD DE
CIENCIAS
JOSLARI | www.joslari.es

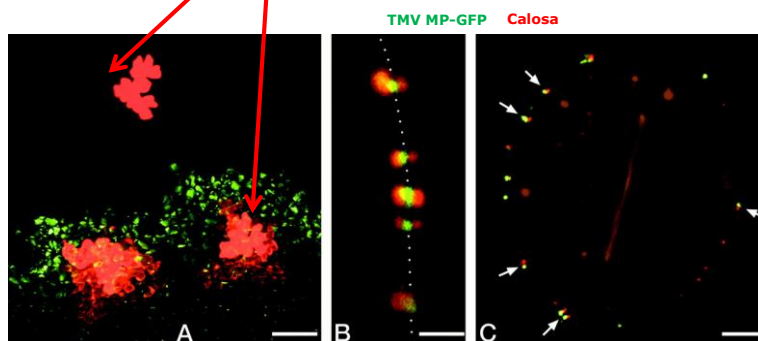
Diseminación en planta

This fluorescence micrograph shows a cross-section of a plant root. The cell walls are stained green, while the fluorescent structures, likely xylem vessels, are stained red. A scale bar in the bottom right corner indicates 20 μm.



Infección con TMBV e inyecciones Dextrano (10kDa) conjugado a fluoróforo

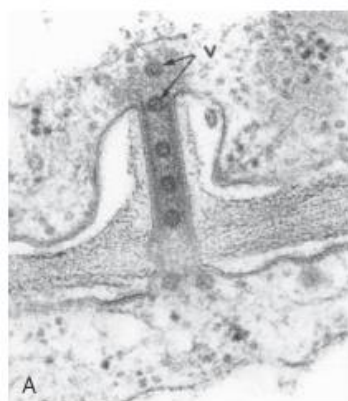
Avance del frente de infección



Células guarda del estoma

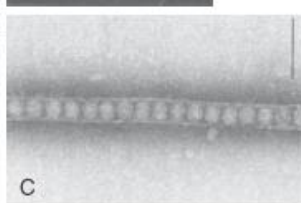
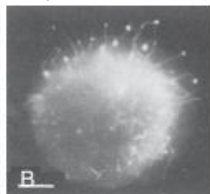


Tamaño relativo de virus y plasmodesmos

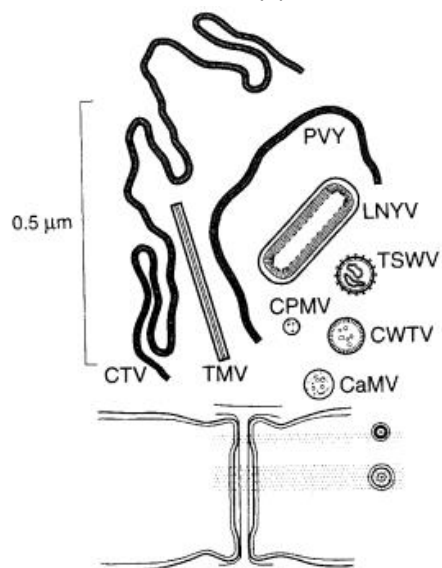


Dahlia mosaic virus en hoja de Zinnia

Protoplasto con anticuerpos anti proteína de CPMV



Túbulos con CPMV



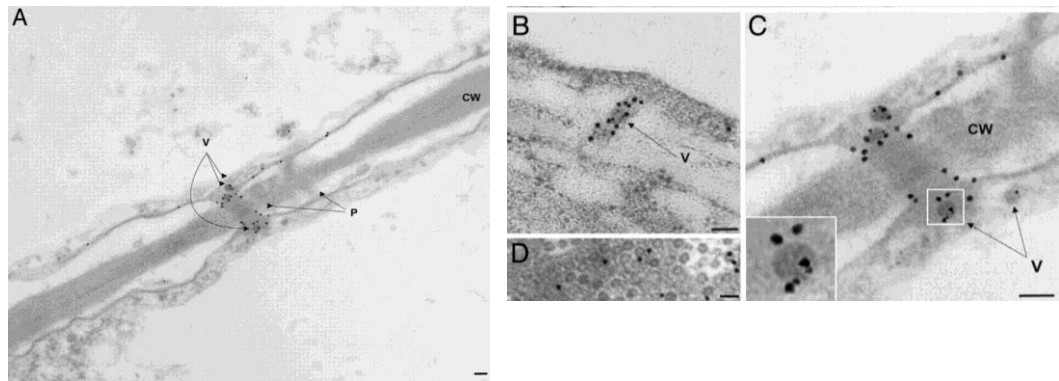
CaMV (ADN dh) transportado como partículas virales encapsidadas a través de estructura tubular que forma y agranda los plasmodesmas

A: plasmodesma sin modificar (P) y modificado (izq.)

B: plasmodesma modificado, prot de mov. (oro 18nm), prot. VAP (6nm)

C: viriones (v)

D: cuerpo de inclusión con viriones

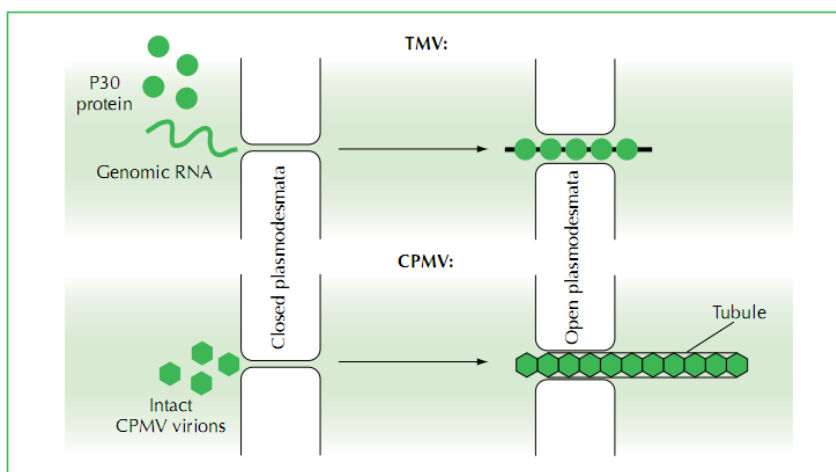


movement protein (MP)

virion-associated protein (VAP)

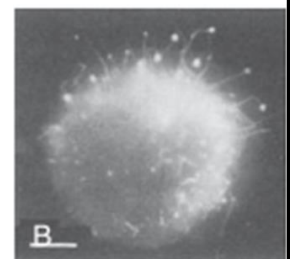
PNAS 102:17, 6219-6224

Tobacco mosaic virus (TMV)

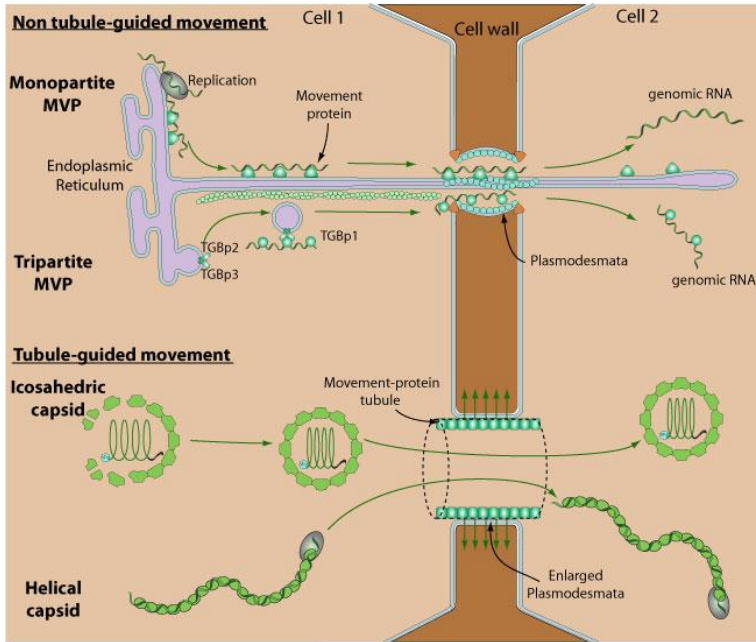


Cowpea mosaic virus (CPMV)

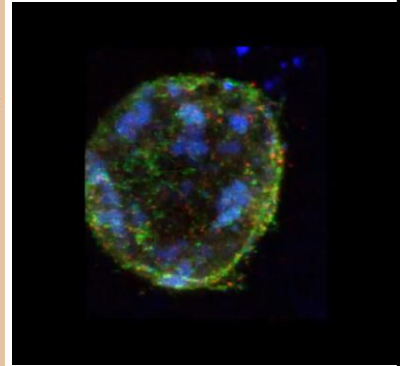
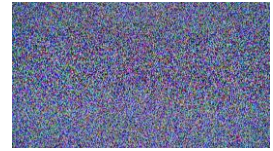
Protoplasto con anticuerpos anti proteína de CPMV



Ciclos virales



Diseminación en planta

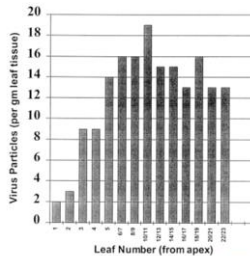
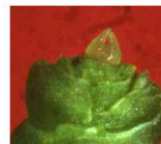
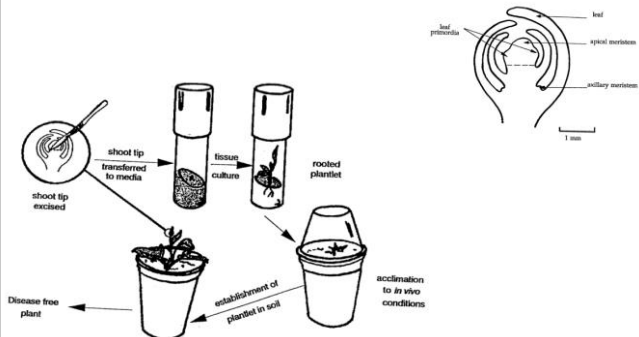


TMV replicase
TMV coat protein
TMV movement protein



Medios de control de virus

Uso de material vegetal libre de virus

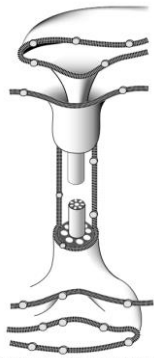


Típico procedimiento para cultivo de meristemas

Desafíos:

mutación somática
modificaciones epigenéticas
fisiología *in vitro* diferente a la *ex vitro*)





Plasmodesmos

Biogénesis

Plasmodesmos primarios (formados al dividirse las células)
Plasmodesmos secundarios (formados en células maduras)

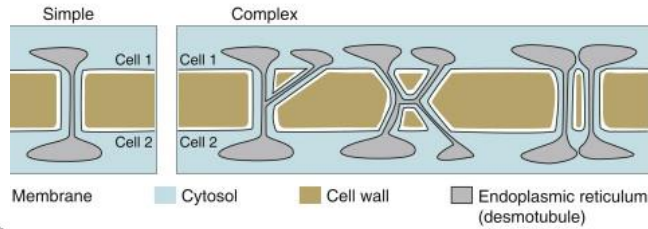
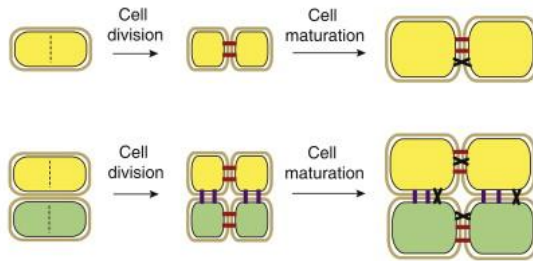


FIGURE 3.2 Diagram of a plasmodesmata showing the three-dimensional relationship between the ER, plasma membrane, and desmotubule. (Source: From Gunning and Overall, 1983.)



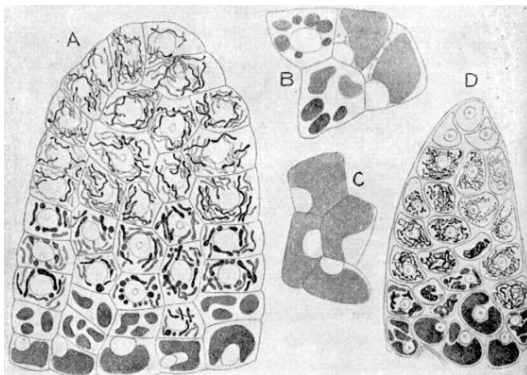
Simple primary plasmodesmata

Simple secondary plasmodesmata

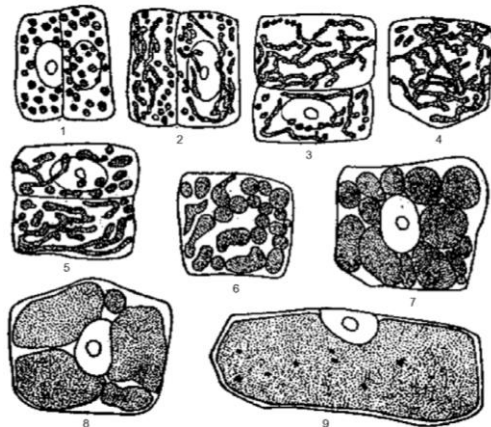
Complex plasmodesmata

DOI: 10.1016/j.pbi.2008.08.002

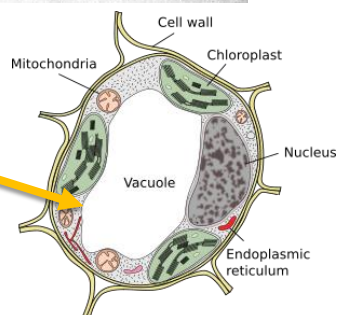
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.03.047>



Vacuola (1776, 1842)



Tonoplasto

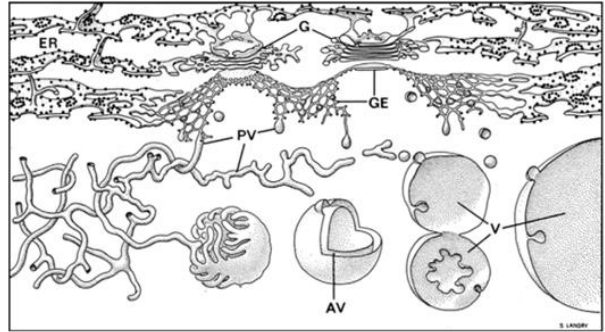
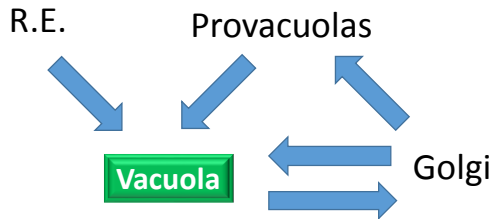


En vacuola:
pH 5-5,5 (pH 2 en limón)

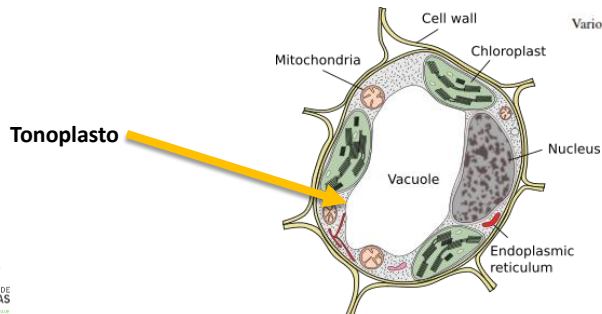


Vacuola (1776, 1842)

Biogénesis



Various stages in the formation of vacuoles from the Golgi apparatus. (Source: From Marty, 1978.)



Vacuola

Funciones:

Turgor (crecimiento basado en mec. hidráulico)

Facilita posición de cloroplastos frente a gases en difusión

Almacenamiento (reservas, pigmentos, sustancias contra herbívoros)

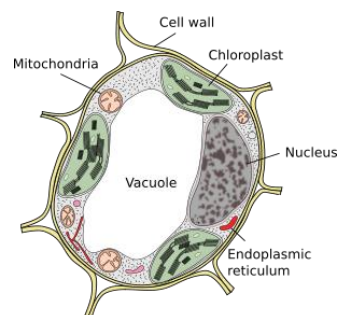
Secuestro iónico y de agentes tóxicos (no hay sistema excretor)

Degradación (defensa frente a patógenos intra y extracelulares)

Autofagia y muerte celular programada

TABLE 7.3 Diffusion coefficients for oxygen and carbon dioxide in air and water

Molecule	Temperature (K)	D (in m ² /s)	
		CO ₂	O ₂
Air	(273°K)	1.04×10^{-5}	1.89×10^{-5}
Water	(298°K)	1.94×10^{-9}	1.77×10^{-9}



Vacuola

Funciones:

Turgor (crecimiento basado en mec. hidráulico)

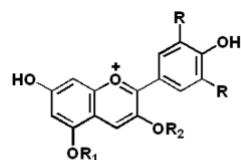
Facilita posición de cloroplastos frente a gases en difusión

Almacenamiento (reservas, pigmentos, sustancias contra herbívoros)

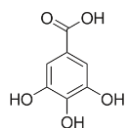
Secuestro iónico y de agentes tóxicos (no hay sistema excretor)

Degradación (defensa frente a patógenos intra y extracelulares)

Autofagia y muerte celular programada



estructura general de las antocianinas
R1 y R2 pueden ser H o azúcares R
pueden ser OH o H.



Ác. gálico (Un tanino)



Vacuola

Funciones:

Turgor (crecimiento basado en mec. hidráulico)

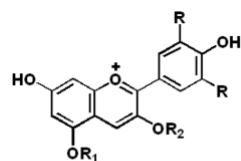
Facilita posición de cloroplastos frente a gases en difusión

Almacenamiento (reservas, pigmentos, sustancias contra herbívoros)

Secuestro iónico y de agentes tóxicos (no hay sistema excretor)

Degradación (defensa frente a patógenos intra y extracelulares)

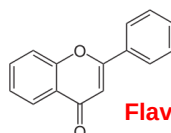
Autofagia y muerte celular programada



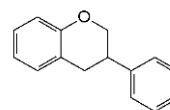
estructura general de las antocianinas
R1 y R2 pueden ser H o azúcares R
pueden ser OH o H.



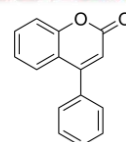
Flavonoides



Flavona



Isoflavona



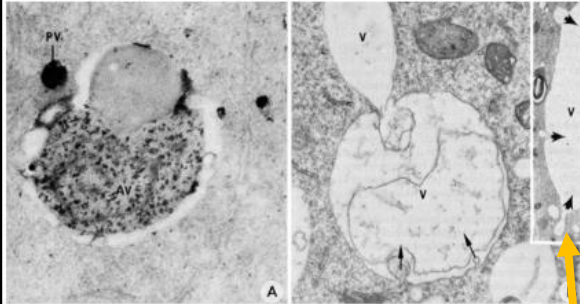
Neoflavonoide



Vacuola

Vacuola autofágica
con citoplasma

Vacuola autofágica
con citoplasma degradado



Vacuolas de meristema radicular de *Euphorbia*

Provacuolas fusionándose
a la vacuola

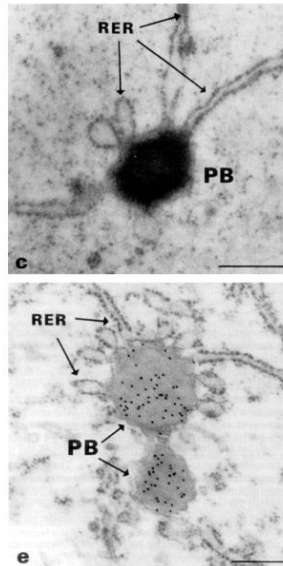


FIGURE 7.11 A protein body (PB) forming directly from the rough endoplasmic reticulum (RER) in endosperm cells of wheat. In the bottom figure, the protein body is immunolabeled with gold particles that are indirectly attached to an antibody directed against prolamins. Bars, 500 nm. (Source: From Levansky et al., 1992.)

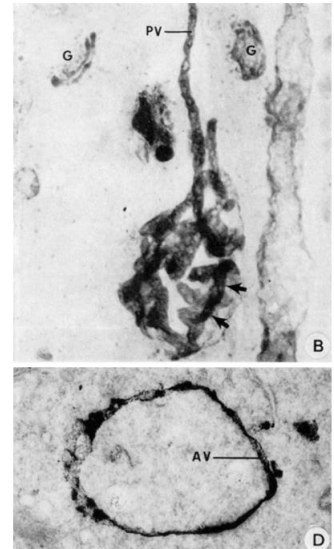


FIGURE 7.8 Electron micrographs of a meristematic root-tip cell of *Euphorbia* stained with zinc iodide and osmium tetroxide showing the sequestration cage structure of a provacuole (PV) (top) and a transverse section of the same structure showing the typical ringlike structure of an autophagic vacuole (AV) (bottom). (Source: From Marty, 1978.)



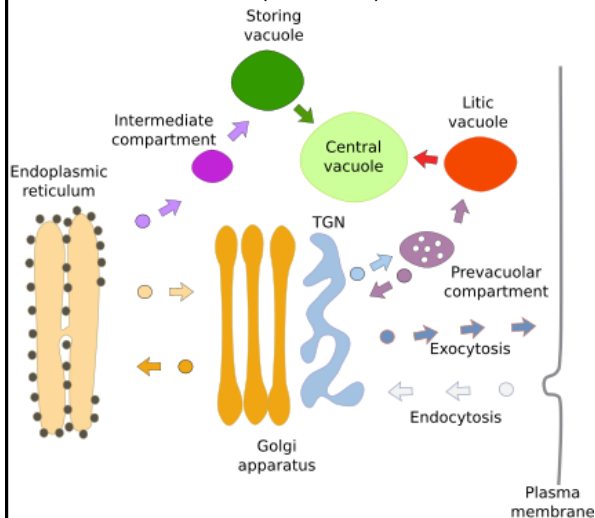
Tráfico vesicular

Citoesqueleto:

Actina

Microtúbulos

Filamentos intermedios (funciones?)



Comparación con célula animales:

Menor frecuencia de endo- y exocitosis

Función de endosomas tempranos y de reciclaje es sustituida por la red trans Golgi (TSN)

Intenso intercambio entre Golgi y RE

Compartimento intermedio para versículas que van del RE a la vacuola

En Golgi se sintetizan la mayoría de los carbohidratos de la pared celular (excepto la celulosa)

Sin lisosomas, degradación ocurre en vacuolas líticas o digestivas.

Tráfico intracelular mas dependiente de actina que de microtúbulos

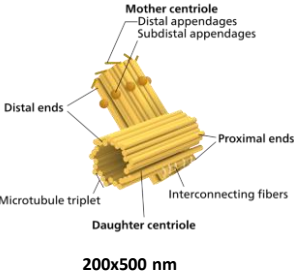
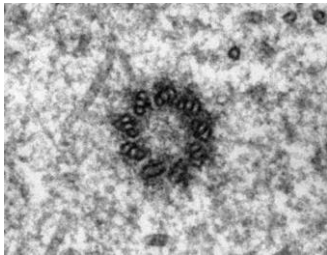
Microtúbulos corticales alineados con fibras de celulosa en síntesis

Centriolos

Funciones:
Huso mitótico
Celiogénesis (cilias y flagelos)

No hay centriolos pero si centros organizadores de microtúbulos.

	Centrioles	Cilia
higher land plants	-	-
lower plants (moss, ferns)	+	+
green algae	+	+
animals	+	+
fungi	-	-
ciliates	+	+
red algae	-	-
Euglena	+	+
Giardia	+	+



Helecho

Here you will see fern sperm swimming and attempting to find eggs to fertilize.

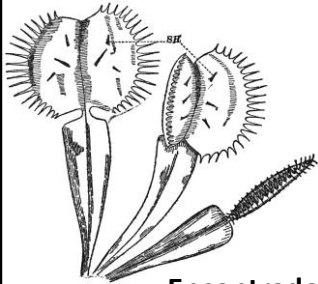
Fern sperm? Yes, fern plants have swimming sperm at one point in their life cycle!

© 2014 William Capman



doi:10.1016/j.ceb.2009.01.008

Fenómenos electrofisiológicos



Encontrados en plantas:
Potenciales de variación gradual o de onda lenta
Potenciales de acción



Luidi Galvani
(1791)



Pierre Bertholon de Saint-Lazare
(1783)
De l'électricité des végétaux



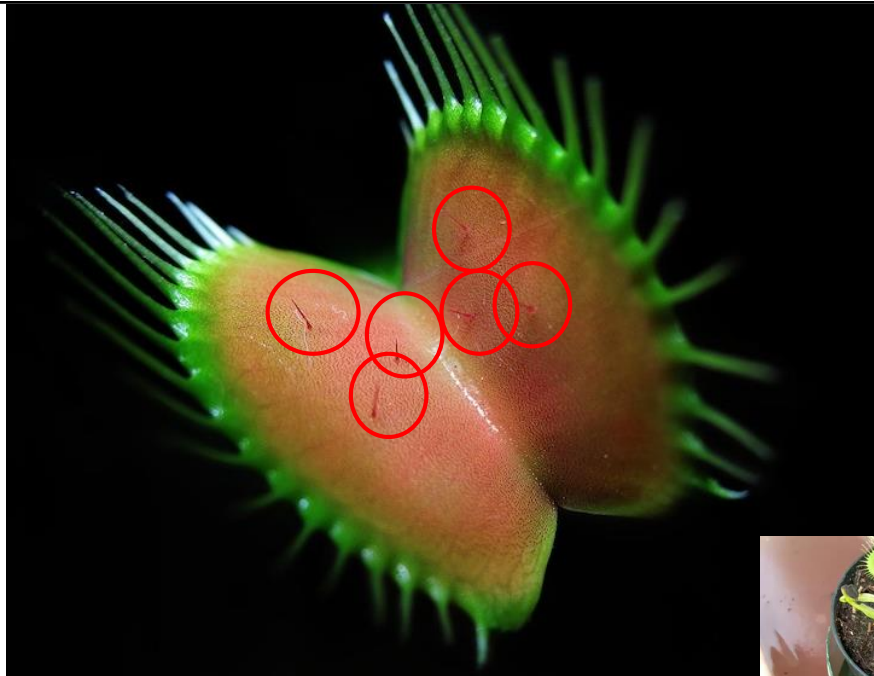
Dionaea muscipula



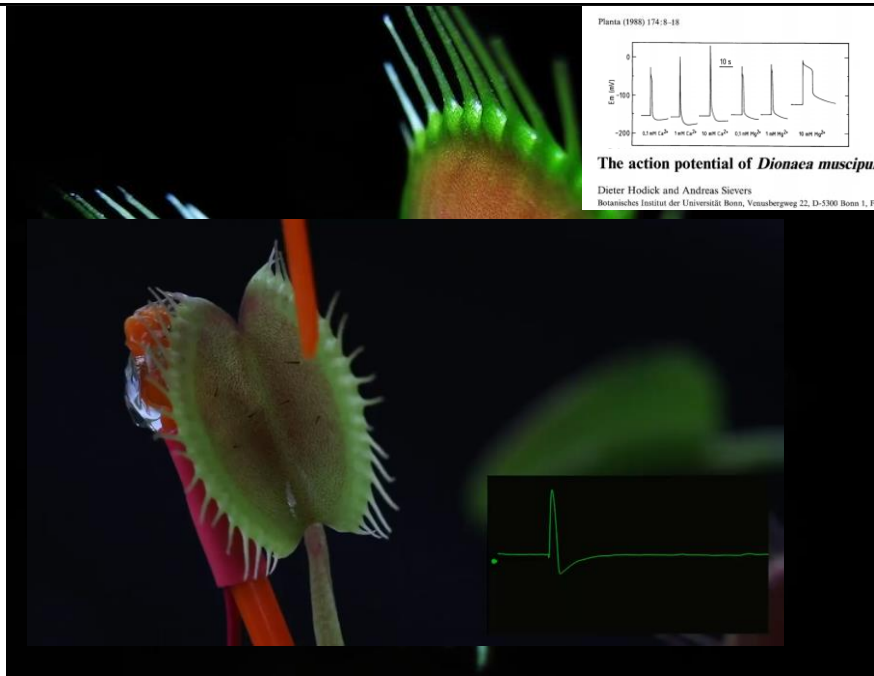
Mimosa pudica



Drosera capensis

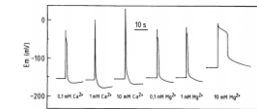


Dionaea muscipula



Dionaea muscipula

Planta (1988) 174: 8-18



The action potential of *Dionaea muscipula* Ellis*

Dieter Hodick and Andreas Sievers
Botanisches Institut der Universität Bonn, Venusbergweg 22, D-5300 Bonn 1, Federal Republic of Germany

Planta
© Springer-Verlag 1988

Fenómenos electrofisiológicos



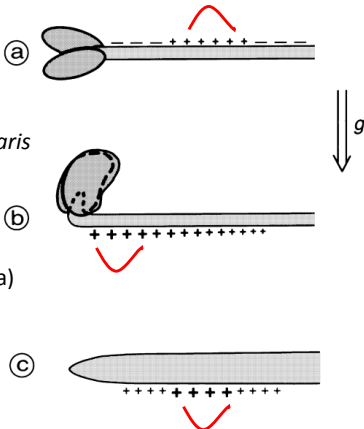
Phaseolus angularis



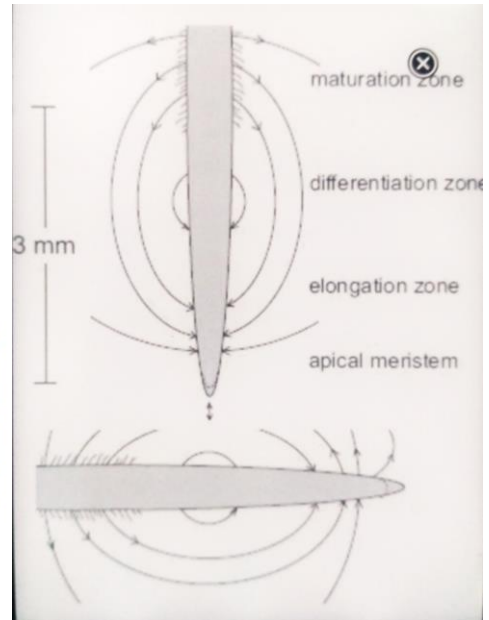
Glycine max (soja)



Zea mays



Lepidium sativum



Pared celular (Matriz extracelular)

Fungi

Quitina
N-acetilglicosamina

Bacterias

Peptidoglicano

Arquea

Glicoproteína de capa S
Pseudopeptidoglicano
Polisacáridos

Algas

Polisacáridos
Glicoproteínas

Diatomeas Plantas

Silica biogénica

Celulosa
Hemicelulosa
Pectina

Liginina
Suberina
Cutina

En general, a diferencia de la matriz extracelular animal, aquí hay mas polisacáridos que proteínas.



Pared celular

Cómo otros organismos osmótrofos, multicelulares, sésiles: Basan su solidez en la turgencia lograda mediante:

- Presión osmótica del protoplasma
- Tensión a la que se resiste la pared celular

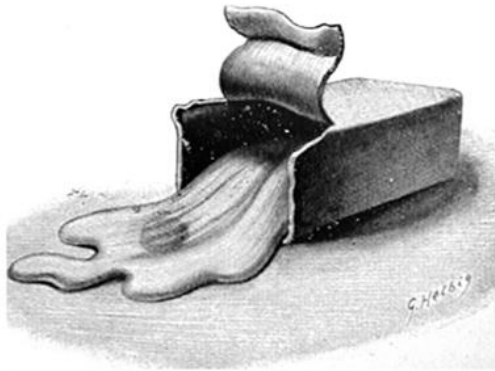


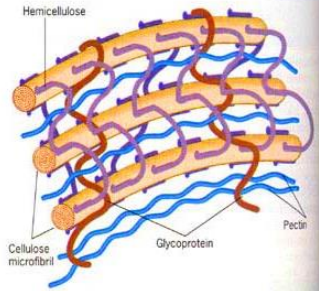
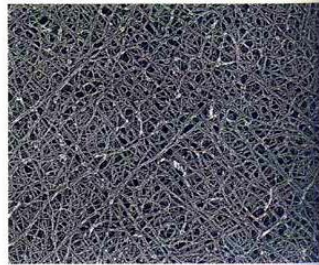
FIGURE 9.7 The viscous cytoplasm of a plant cell. (Source: From Kahn, 1919.)



La pared celular puede cambiar sus propiedades mecánicas, tornándose mas rígida o más flexible.



Pared celular



Vías de transmisión



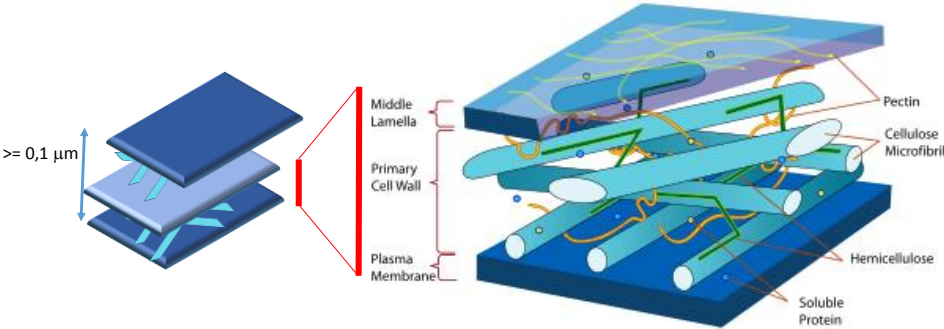
Funciones:

- Sostén
- Defensa vegetal (barrera y generando elicitores)
- Contribuye a organizar al citoesqueleto
- Generando coloración
- Fuente de carbono para embrión

- Pared celular exige asistencia para la infección del virus

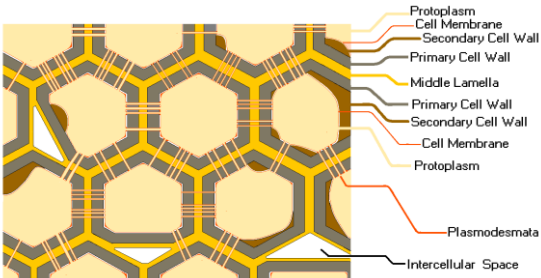


Pared celular



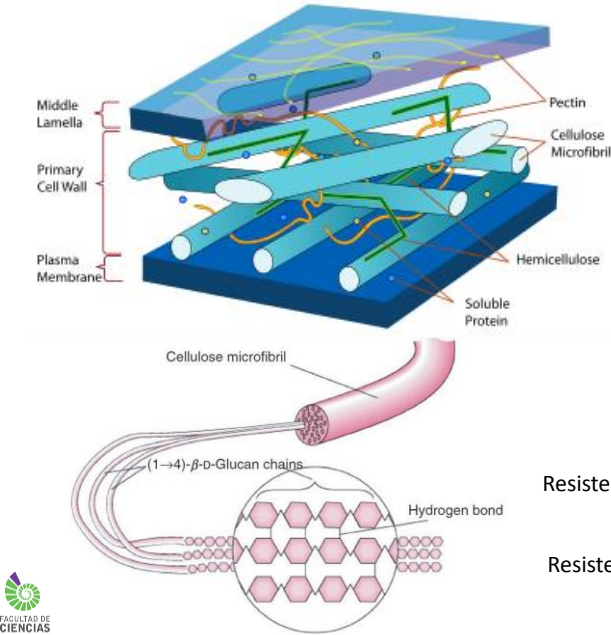
Capas:
 Lámina media
 Pared celular PRIMARIA
 Pared celular SECUNDARIA

60% agua



Placement of plant's cell wall (extracellular matrix) and its major parts (highly diagrammatic)

Pared celular



Resistencia a la TENSIÓN

Resistencia a la COMPRESIÓN



Pared celular

Componentes:

Laminilla media

Pared celular PRIMARIA

Fibras: 8-25%

Pared celular SECUNDARIA

Fibras ~60%

Pectina principalmente

Celulosa

Celulosa 35-50%

Hemicelulosa (xiloglucano)

Hemicelulosa (Xilano) 20-35%

Pectina

Lignina 10-25%

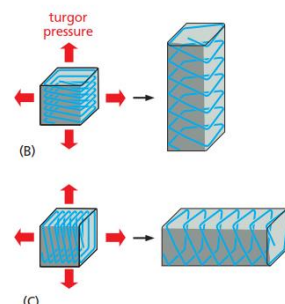
Mínimo contenido de pectina y proteínas

Crecimiento:

Expansinas (activadas por acidificación inducida por auxinas)

Reacciones radicalarias

Glucosidasas

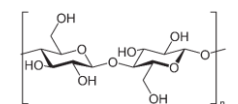


Pared celular

Componentes:

Pared celular PRIMARIA

Celulosa

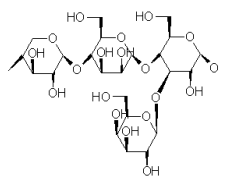


Polímero de $\beta(1 \rightarrow 4)$ D-glucosa

Fibras en algodón: 800-10.000 unidades

Fibras en madera: 300-1.700 unidades

Hemicelulosa



- Xylose - $\beta(1,4)$ - Mannose - $\beta(1,4)$ - Glucose
- $\alpha(1,3)$ - Galactose

Hemicellulose

Heterogénea, "amorfa", ramificada.

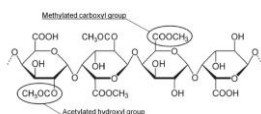
Fibras más cortas que las de celulosa (500-3.000 unidades)

Polímero de glucosa con ramificaciones de manosa, galactosa (6C)

Xilosa, arabinosa (5C), etc.

Formas acidificadas de azúcares (ác. glucurónico, ác. galacturónico)

Pectina



Heteropolisacárido, con abundante $\alpha(1 \rightarrow 4)$ ác. galacturónico.



Fibra de algodón (90% celulosa)



Pared celular

Componentes:

Pared celular SECUNDARIA

Celulosa 35-50%

Hemicelulosa (Xilano) 20-35%

Lignina 10-25%

Heterogénea, “amorfa”

Hidrofóbica (abundante en xilema)

Compuesto de subunidades aromáticas (monolignoles)

Covalentemente unido a hemicelulosa

Resistente mecánica y químicamente



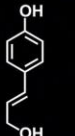
Pared celular



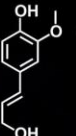
Pared celular



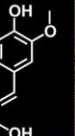




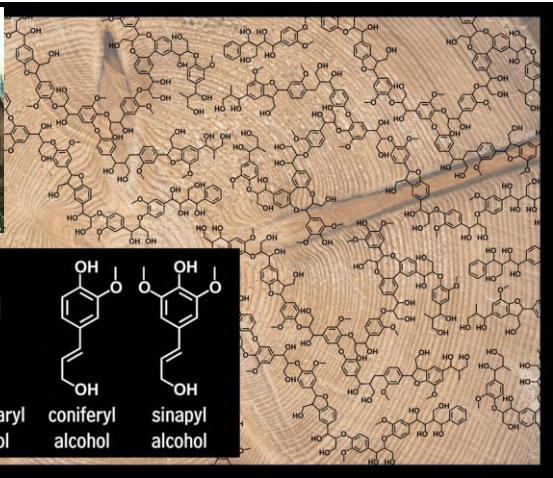
p-coumaryl alcohol



coniferyl alcohol



sinapyl alcohol

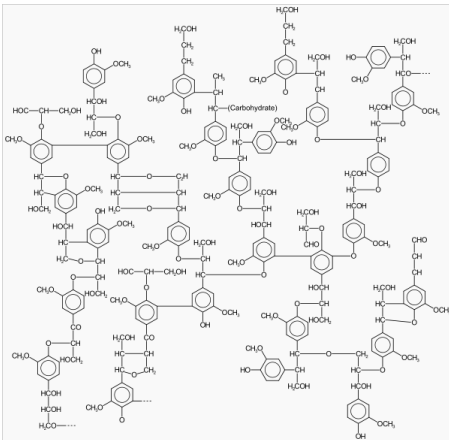
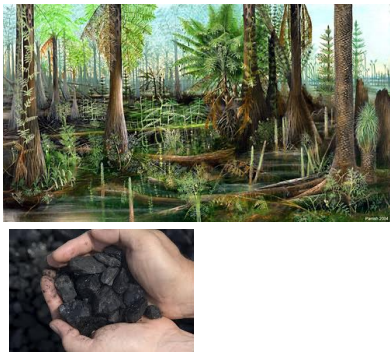


Ejemplo de polímero de lignina

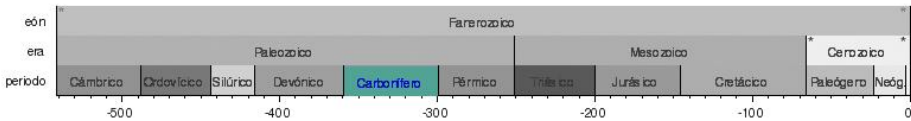
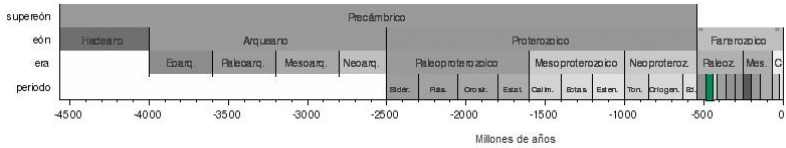
Translocación desde el citosol
 Polimerización por peroxidasas y lacasas



Pared celular



Ejemplo de polímero de lignina



Pared celular

El xilema lignificado provee soporte estructural a las plantas vasculares



Palacio Municipal 78m



Palacio Salvo 84m



Torre de las comunicaciones 158m



Presión interna (10atm) puede ser >5x P. neumático

Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell



Pared celular

Componentes:

Pared celular SECUNDARIA

Celulosa 35-50%

Hemicelulosa (Xilano) 20-35%

Lignina 10-25%

Heterogénea, amorfa
Hidrofóbica (abundante en xilema)
Compuesto de subunidades aromáticas

Covalentemente unido a hemicelulosa

Resistente mecánica y químicamente

Comprende aprox. 1/3 de la masa de lignocelulosa



Pared celular

Componentes:

Pared celular SECUNDARIA

Celulosa 35-50%

Hemicelulosa (Xilano) 20-35%

Lignina 10-25%

Heterogénea, amorfa
Hidrofóbica (abundante en xilema)
Compuesto de subunidades aromáticas

Covalentemente unido a hemicelulosa

Resistente mecánica y químicamente

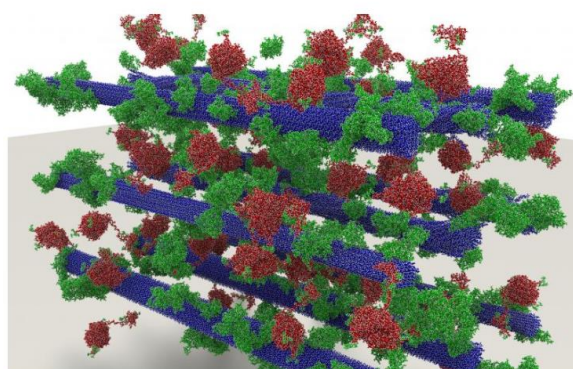
Comprende aprox. 1/3 de la masa de lignocelulosa



About Us User Facilities Science and Discovery

News

Titan Probes Depths of Biofuel's Biggest Barrier



Researchers used experimental data to create a 23.7-million atom biomass model featuring cellulose (purple), lignin (brown), and enzymes (green). (Image credit: Mike Matheson, ORNL)

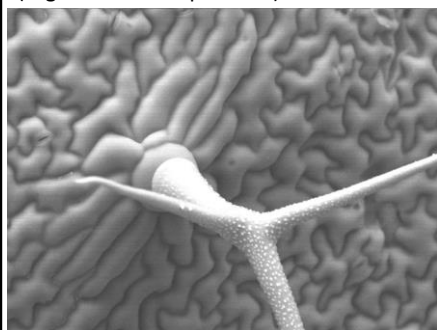
<https://www.ornl.gov/news/titan-probes-depths-biofuels-biggest-barrier>



Pared celular

Epidermis

(órganos de crec. primario)



Epidermis (*A. thaliana*)

Estomas, tricomas, pelos absorbentes, emergencias.

Peridermis

(órganos de crec. Secundario)



Cutina

Red de ác. grasos 16:0 y 18:1
Secretada por epidermis

Partes aéreas

Suberina

+Regiones:
polialifática
poliaromática

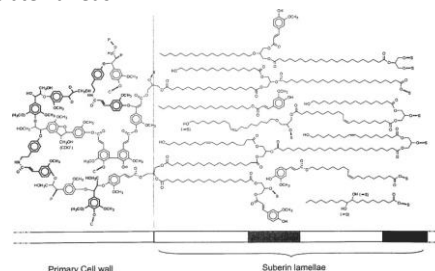
Glicerol

Embebidos en ceras

Partes leñosas y
subterráneas



Alcornoque
(*Quercus suber*)

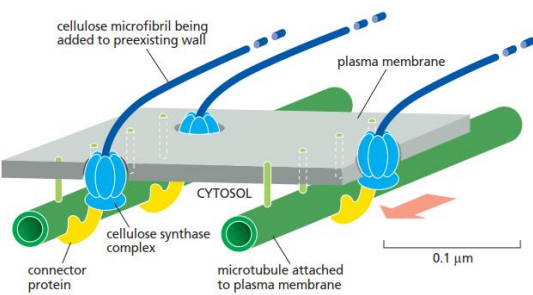
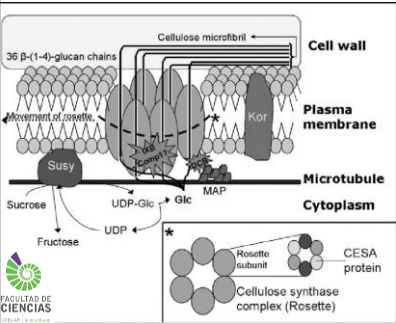
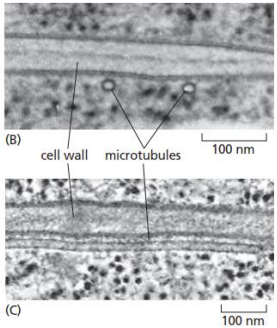
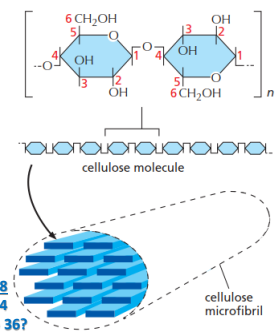


Pared celular

Síntesis

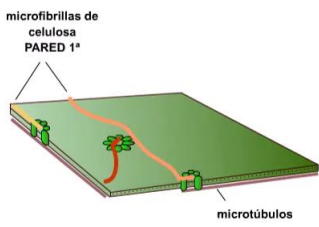
En el genoma de Arabidopsis:
700 genes involucrados en la síntesis
2000 genes involucrados en su metabolismo

300-1000 glucosas/minuto
Celulosa β 1,4
Calosa β 1,3 (frente a alta con. Calcio)

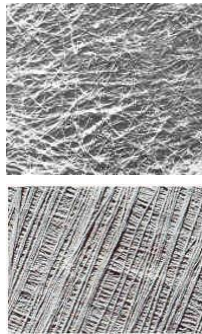
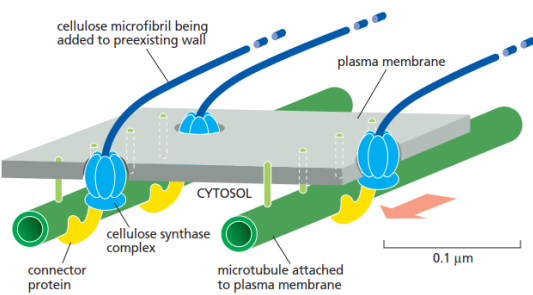
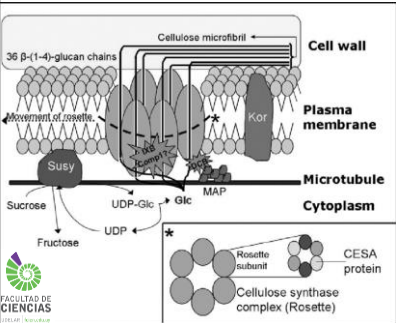
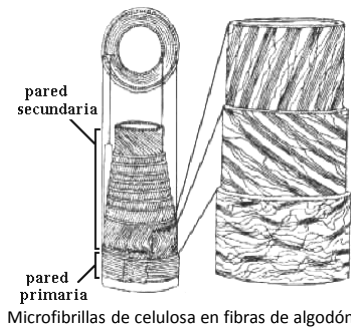
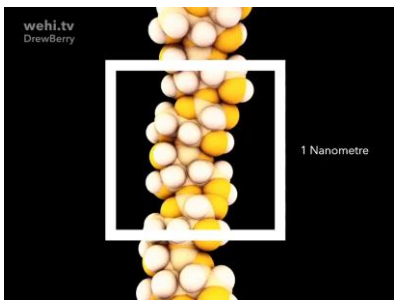


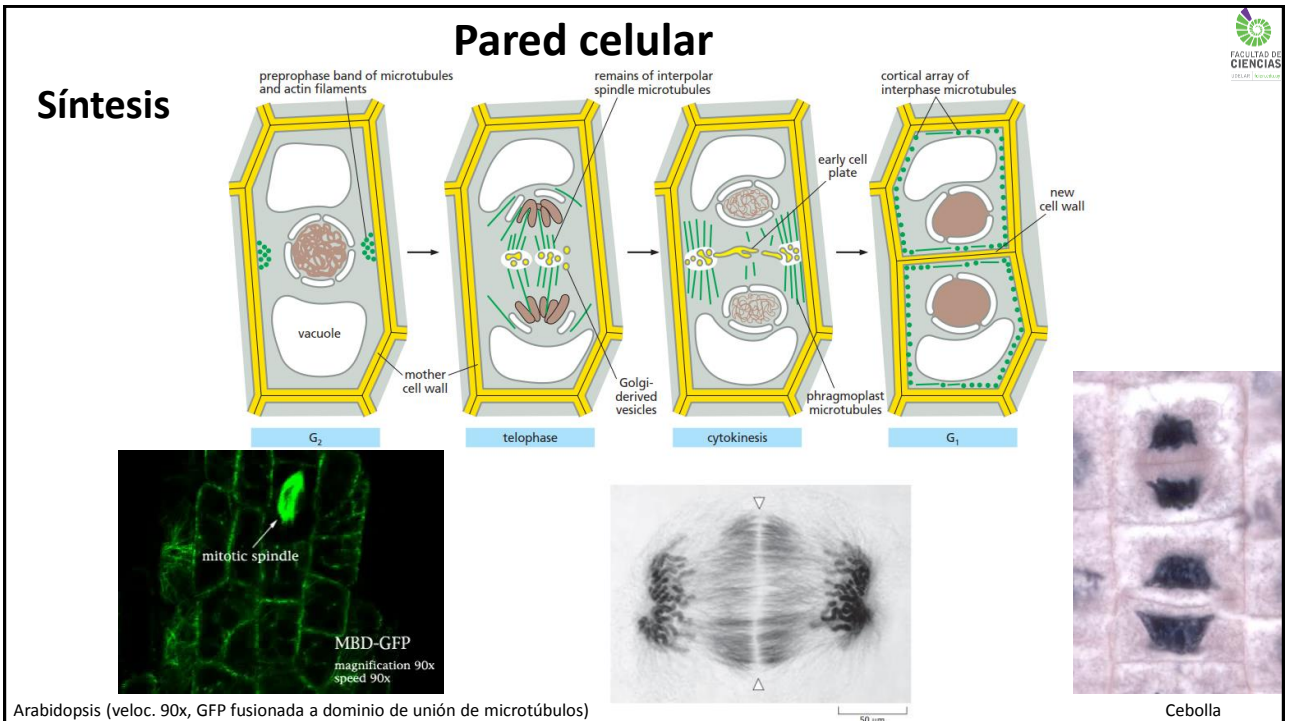
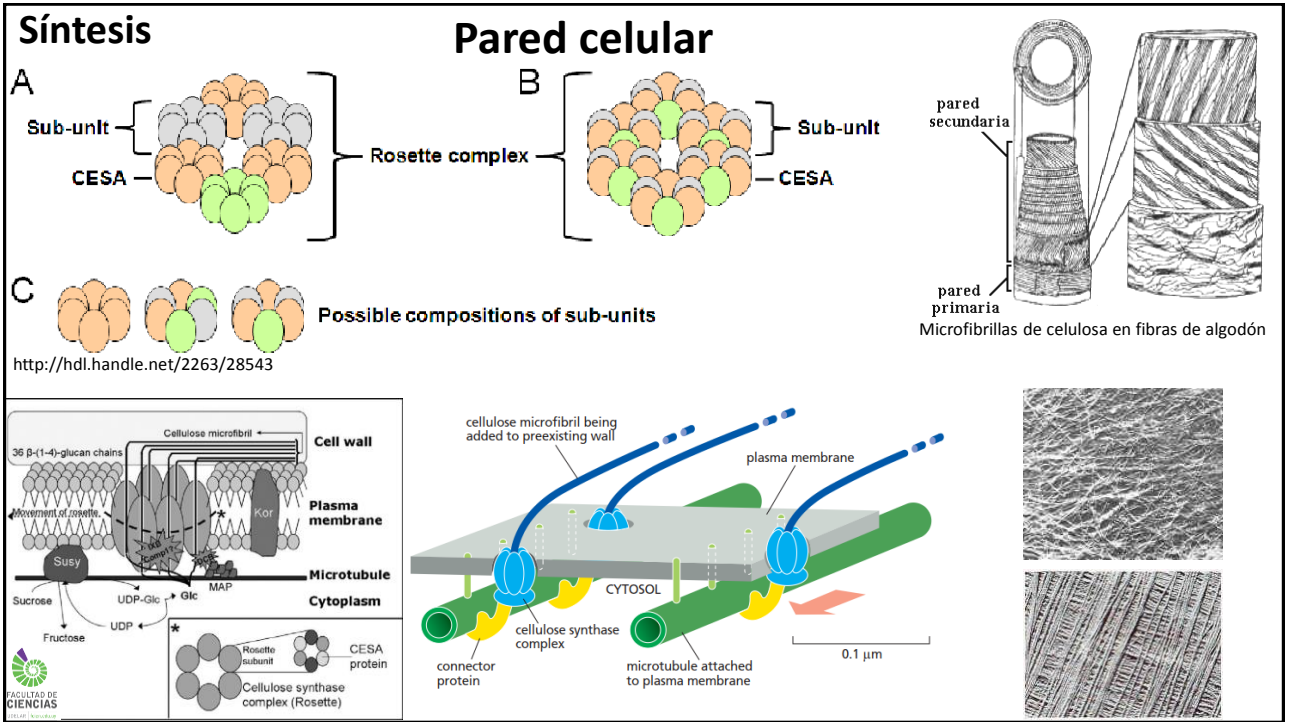
Síntesis

FORMACIÓN DE LA FASE FIBRILAR DE LA PARED PRIMARIA Y SECUNDARIA



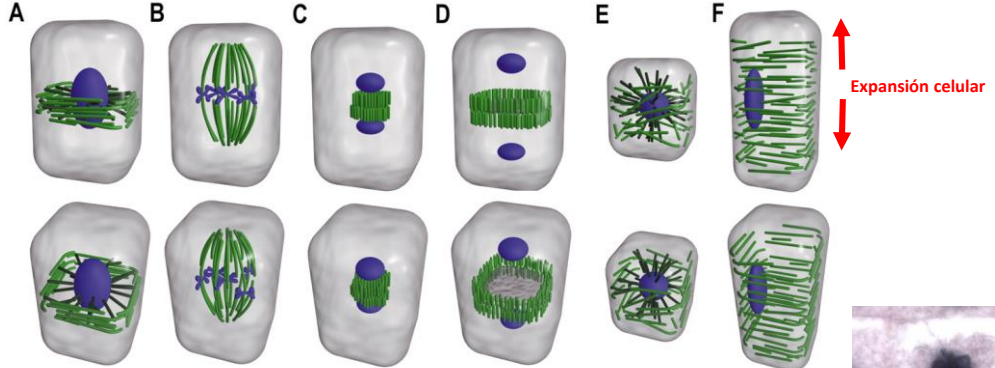
Pared celular



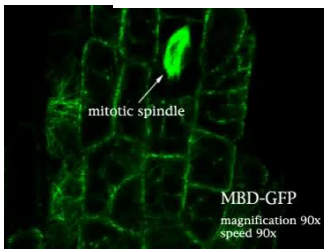


Pared celular

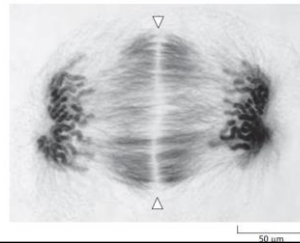
Síntesis



Journal of Cell Science 2002 115: 1345-1354



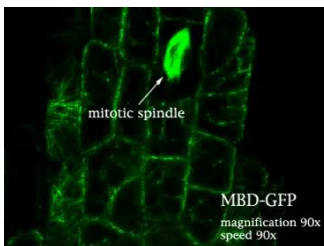
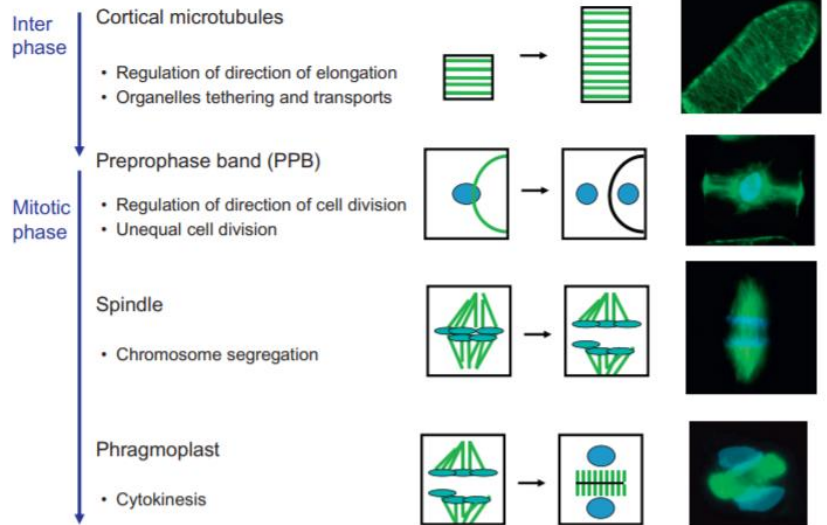
Arabidopsis (veloc. 90x, GFP fusionada a dominio de unión de microtúbulos)



Cebolla

Pared celular

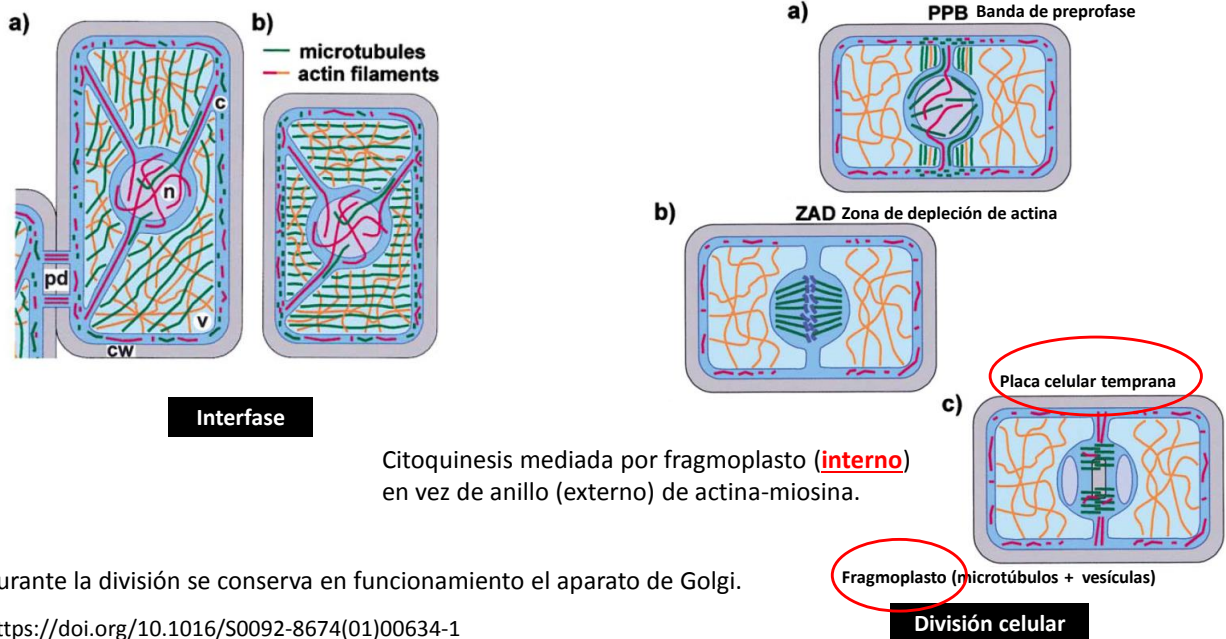
Síntesis



Arabidopsis (veloc. 90x, GFP fusionada a dominio de unión de microtúbulos)

<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-800178-3.00001-4>

División celular



Durante la división se conserva en funcionamiento el aparato de Golgi.

[https://doi.org/10.1016/S0092-8674\(01\)00634-1](https://doi.org/10.1016/S0092-8674(01)00634-1)

División celular

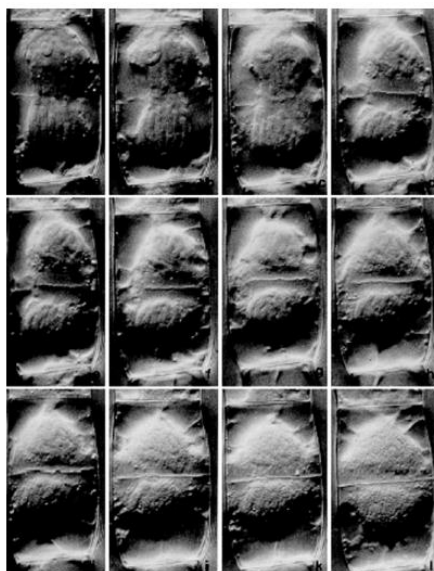
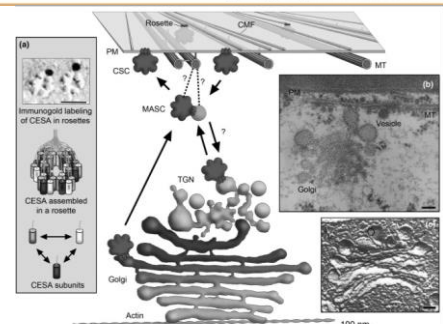
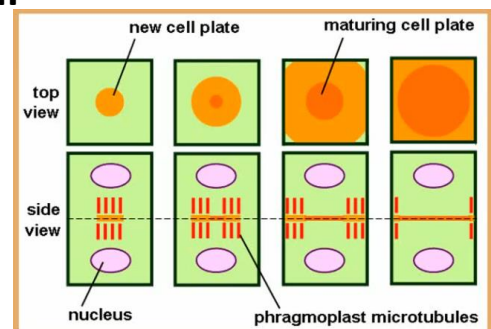


FIGURE 19.14 Time-lapse photographs of cell plate formation in a stamen hair cell of *Tradescantia*. The entire sequence was shot in 27 minutes. The vesicles begin to fuse in the midzone of the cell (c), and thereafter, the cell plate grows centrifugally. (Source: From Bonsignore and Hepler, 1985.)



<https://doi.org/10.1016/j.pbi.2010.07.005>

Pared celular

Madera de reacción

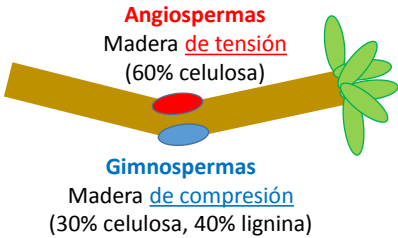


FIGURE 6.1 Compression wood (CW) and opposite wood (OW) in a young pine stem. Scale bar = 2 mm.

Composition	MFA	Cellulose	Mannan	Xylan	Galactan	Lignin
Compression wood	>30°	38	8	6	9	36
Opposite wood	<30°	51	13	5	2	27
Tension wood	<5°	54		30		14
Opposite wood	<20°	43		36		19

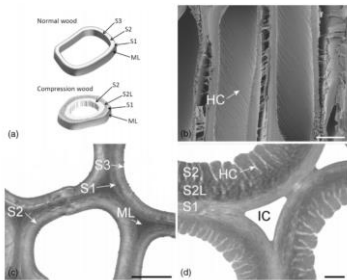
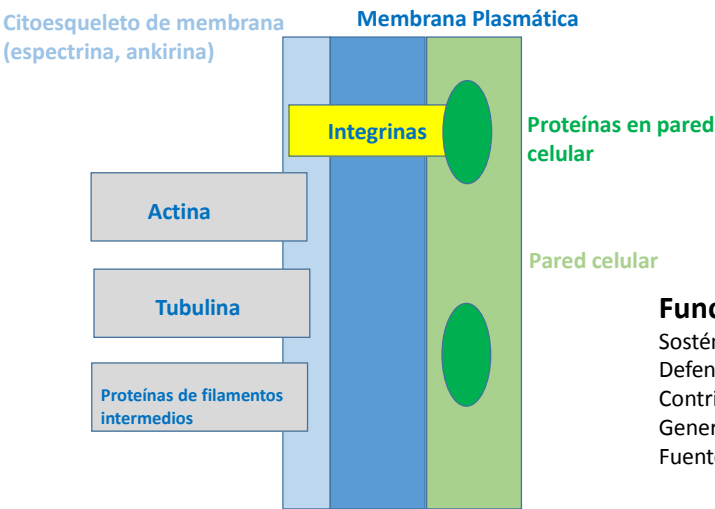


FIGURE 6.2 Ultrastructural features of normal and compression wood of radiata pine. (a) Cell wall layers for normal and compression wood tracheids. (b) Tangential longitudinal scanning electron microscopy (SEM) image of compression wood showing helical cavities on the lumen surface. HC, helical cavities. Scale bar = 20 µm. (c) Transverse image of normal wood transmission electron microscopy (TEM). (d) Transverse image of compression wood (TEM, permanganate stained). Scale bar = 5 µm. (d) Transverse image of compression wood (TEM, permanganate stained). ML, middle lamella; IC, intercellular space. Scale bar = 2 µm.

Pared celular



- Funciones:**
- Sostén
 - Defensa vegetal (barrera y generando elicitores)
 - Contribuye a organizar al citoesqueleto
 - Generando coloración
 - Fuente de carbono para embrión

Pared celular

La planta puede reciclar el carbono destinado a la pared celular?

Primer evidencia: Autólisis y solubilización de pared celular
(Zea mays, 1967)

Reciclaje *in muro*

Reciclaje metabólico
(conversión a NDP-sustrato y actividad transglucosilasa)

Glucanasas (enz. endolíticas de polisacáridos)

Glucosidasas (enz. exolíticas de polisacáridos)

45% del carbono fijado por las plantas está formando parte de sus paredes celulares.

Pared celular

La planta puede reciclar el carbono destinado a la pared celular?

Primer evidencia: Autólisis y solubilización de pared celular
(Zea mays, 1967)

Reciclaje *in muro*

Reciclaje metabólico

(conversión a NDP-sustrato y actividad transglucosilasa)

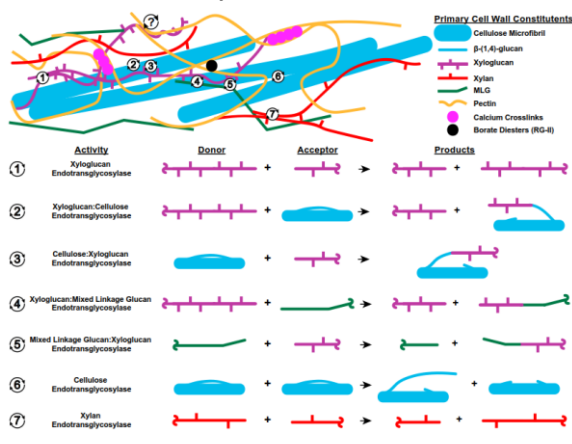


Figure 1. In Muro Recycling of Primary Cell-Wall Polysaccharide Backbones via Endotransglycosylation.

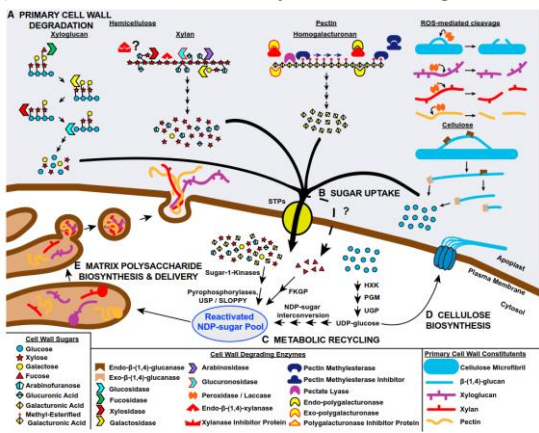


Figure 2. Metabolic Recycling Pathways for Major Primary Cell-Wall Polysaccharides.

<https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.08.011>

Pared celular

La planta puede reciclar el carbono destinado a la pared celular?

Primer evidencia: Autólisis y solubilización de pared celular
(Zea mays, 1967)

Reciclaje in muro

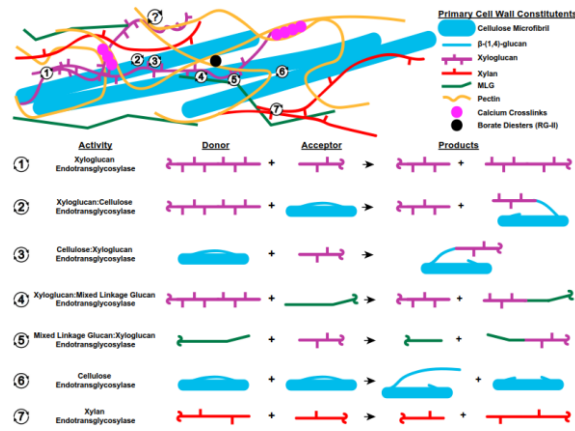


Figure 1. In Muro Recycling of Primary Cell-Wall Polysaccharide Backbones via Endotransglycosylation.

Reciclaje metabólico

(conversión a NDP-sustrato y actividad transglucosilasa)

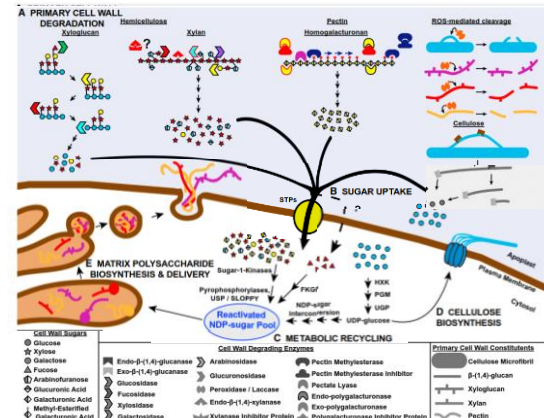
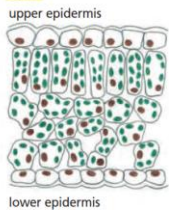


Figure 2. Metabolic Recycling Pathways for Major Primary Cell-Wall Polysaccharides.

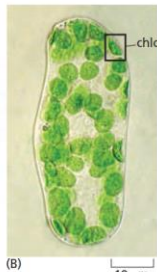
<https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.08.011>

Estructura del cloroplasto

LEAF

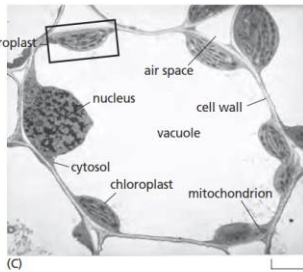


(A)



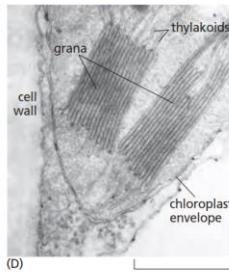
(B)

10 μ m



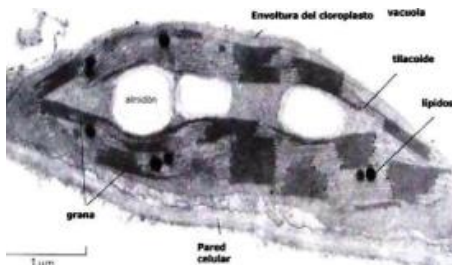
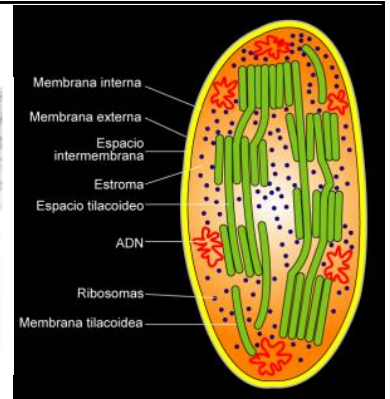
(C)

5 μ m

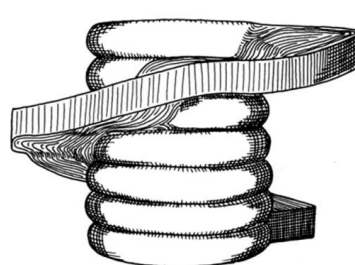


(D)

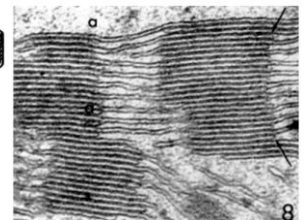
0.5 μ m



Microscopía electrónica de cloroplasto



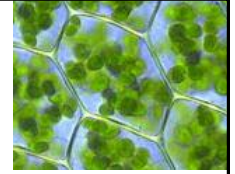
Esquema de grana



8
FACULTAD DE CIENCIAS

Transformación de cloroplastos

Transformación de cloroplastos



	Genomas	
	Plastídico	Nuclear
Número de copias	~10.000/célula	Pocas copias
Niveles de expresión	Altos Entre el 2-7% (hasta 47%)	Por lo general bajos Entre 0,001-0,1%
Genes y expresión	Operones	Monocistronicos
Efectos de posición	Inserción en sitio conocido elimina este problema	Inserción al azar (expresión variable)
Silenciamiento génico	No se ha reportado	TGS y PTGS afectan la expresión
Transferencia horizontal	Herencia materna	Sí
Plegamiento y formación de puentes disulfuro	Correcto	Correcto (pasando por retículo endoplasmático)
Glicosilación	NO	Sí

Los cloroplastos son solo transmitidos por el gameto femenino (existen excepciones)

20-60 molec. ADN / cloroplasto

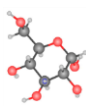
150 genes / genoma



FACULTAD DE
CIENCIAS
UNED, UNED, UNED

Combustión: Oxidación del carbono con liberación calor y luz

**Carbono
reducido
de alta
energía
en la
madera**



El oxígeno es
requerido como
aceptor de electrones



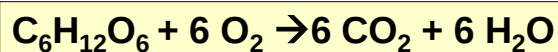
Energía liberada
como calor y luz



**Carbono oxidado,
relativamente poco
energético en CO₂**

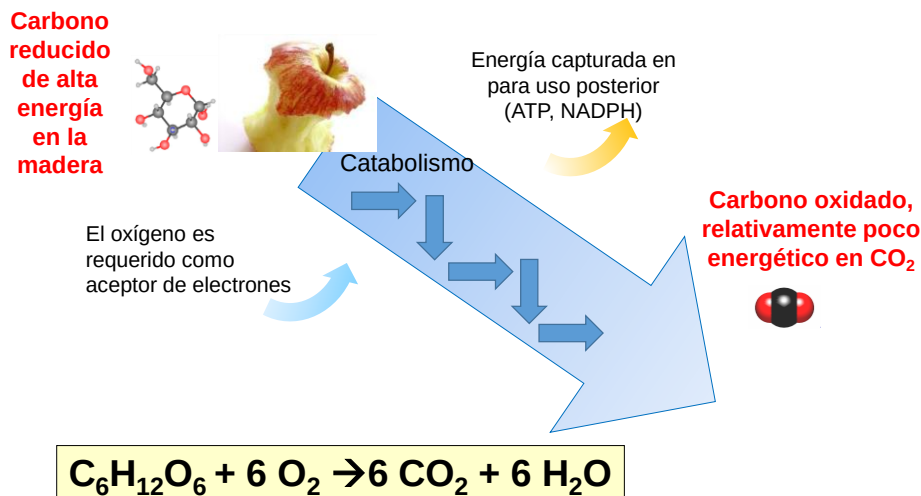


Cenizas



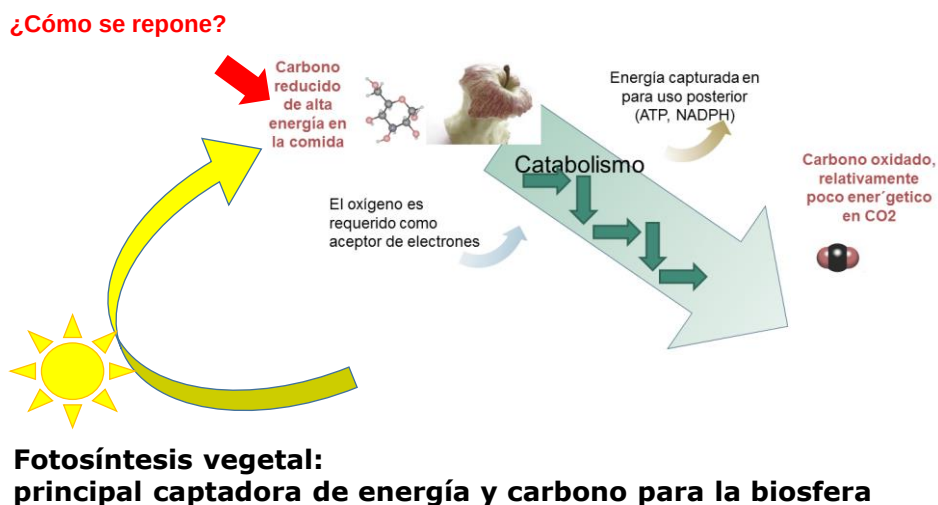
Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

Metabolismo: Liberación controlada y recaptura de energía.



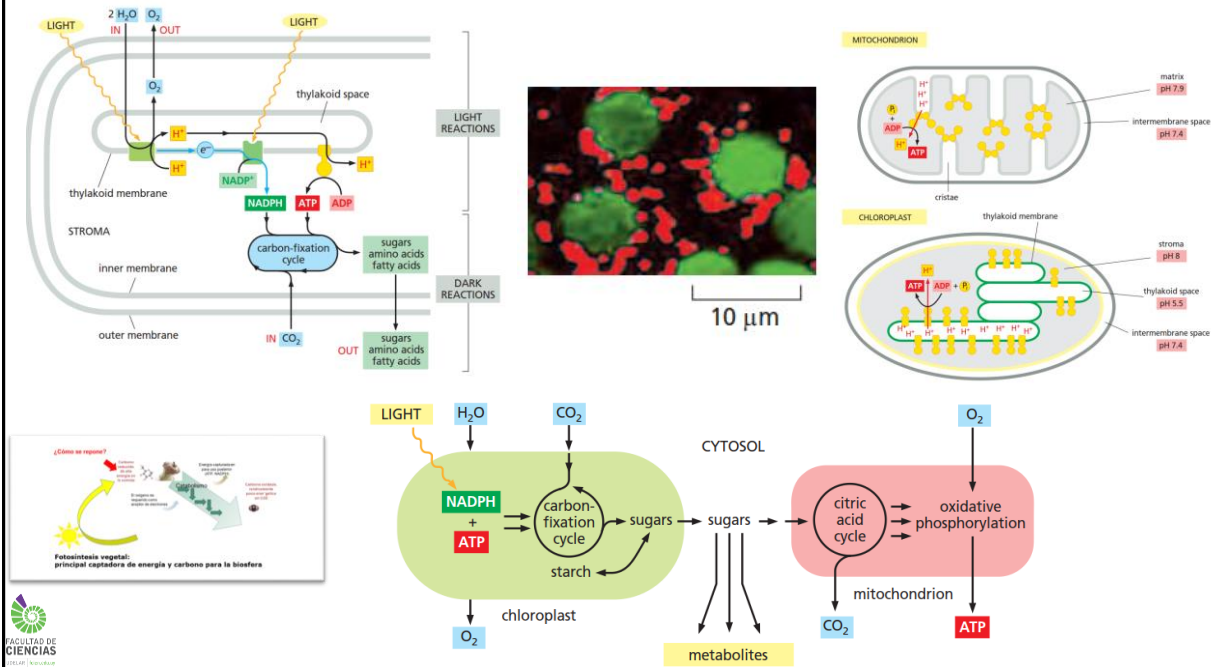
Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

Metabolismo: Liberación controlada y recaptura de energía.

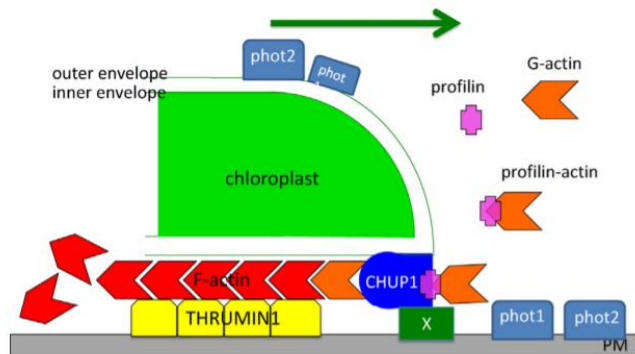
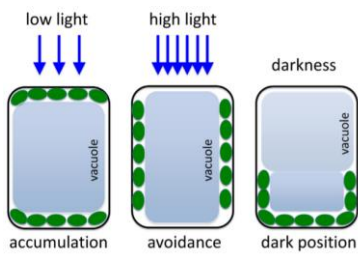
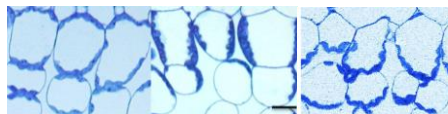


Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

Comparación funcional entre cloroplastos y mitocondrias



Movimiento de cloroplastos



PHOT1 y 2, phototropin 1 y 2
CHUP1, chloroplast unusual positioning 1

doi:10.1016/j.plantsci.2013.05.016

Estrómulos

(1888, 1997)

Interconectan:

Proplastos
Cloroplastos
Etioplastos
Leucoplastos
Amiloplastos
Cromoplastos

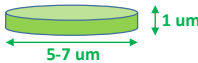
Puede permitir intercambio de RUBISCO

Aumentan superficie de organélos

No se conoce su función

Diámetro: 0.35–0.85 µm
Prolongaciones: 220 µm long

Cloroplasto
(dimensiones promedio)



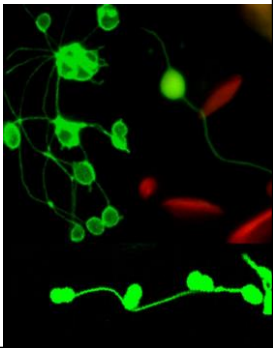
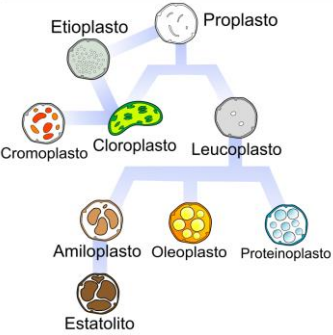
Aparato de Golgi, Retículo endoplasmático,
peroxisomas, mitocondrias y membrana
plasmática.

doi:10.1093/jxb/eri088

http://dx.doi.org/10.1016/j.devcel.2015.05.011

http://www.plantphysiol.org/cgi/doi/10.1104/pp.17.01287

Plastos



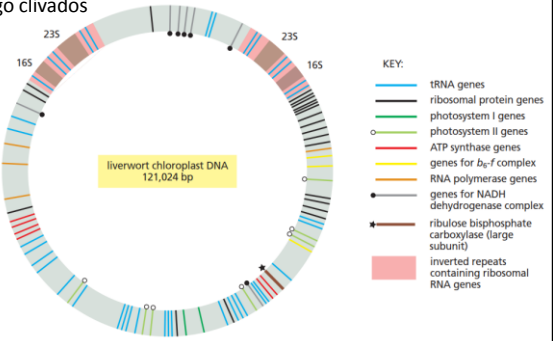
Sistema genético del cloroplasto

Tamaño del genoma:
70.000 – 200.000 pb
(150 genes)
(80-90 proteínas)

- Estructura y sensibilidad a antibióticos de sus ribosomas
- ADN circular
- N-formilMet en vez e Met en extremo N-terminal de proteínas
- Transferencia nuclear de genes estabiliza endosimbiosis
- La mayoría de las proteínas organelares se codifican en el núcleo
- Fisión mediada desde adentro del cloroplasto por proteínas sobre andamiaje de FtsZ
- Transcriptos policistrónicos que son luego clivados
- Edición de transcritos (ej: C -> U)

TABLE 14-2 Relative Amounts of Organelle DNA in Some Cells and Tissues				
Organism	Tissue or cell type	DNA molecules per organelle	Organelles per cell	Organelle DNA as percentage of total cellular DNA
Mitochondrial DNA				
Rat	Liver	5–10	1000	1
Yeast*	Vegetative	2–50	1–50	15
Frog	Egg	5–10	10 ⁷	99
Chloroplast DNA				
Chlamydomonas	Vegetative	80	1	7
Maize	Leaves	0–300**	20–40	0–15**

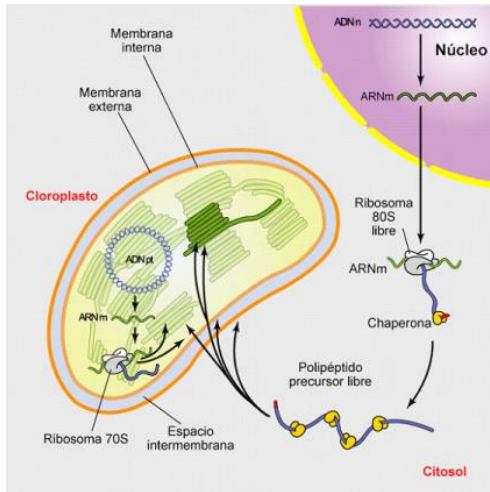
*The large variation in the number and size of mitochondria per cell in yeasts is due to mitochondrial fusion and fission. **In maize, the amount of chloroplast DNA drops precipitously in mature leaves, after cell division ceases: the chloroplast DNA is degraded and stable mRNAs persist to provide for protein synthesis.



Proteínas cloroplásticas

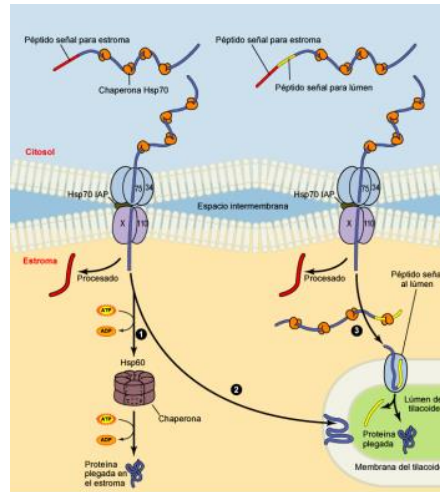
Origen:

- Traducidas en cloroplasto
- Importadas del núcleo



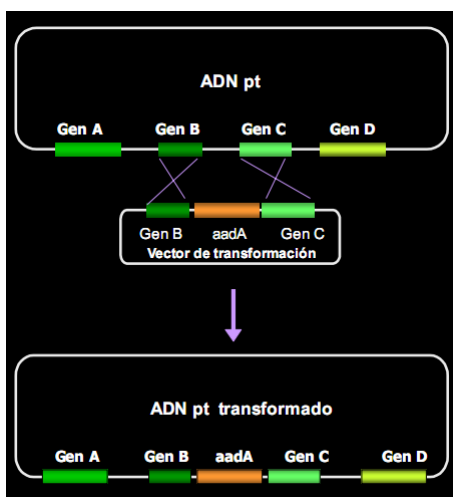
Destino:

- Estroma
- Membrana tilacoidea
- Lumen tilacoideo

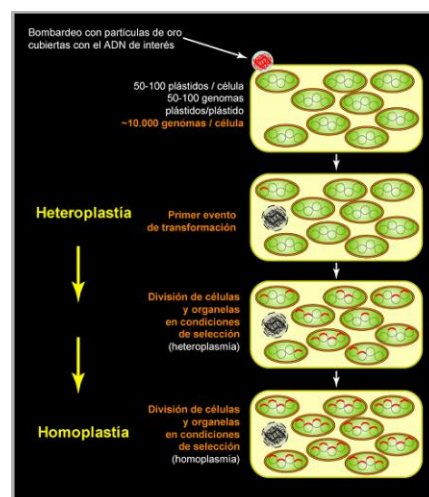


Transformación de cloroplastos

Inserción por recombinación homóloga

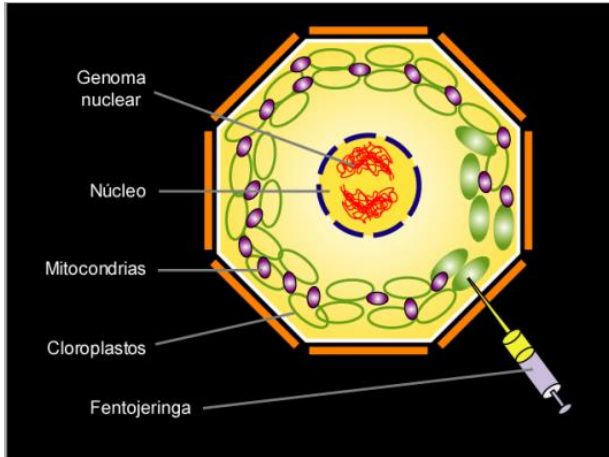


Homoginización



Transformación de cloroplastos

Transformación de cloroplastos Métodos

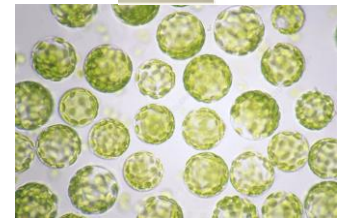
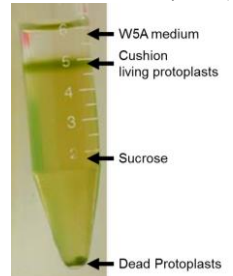


Inyección por expansión térmica de una aleación de galio.

Mecerozyme R-10
(pectinase + hemicellulase)

Driselase
(cellulase + pectinase + laminarinase + xylanase)

- Biolística
- Transformación de **protoplastos**
- Microinyección por fentojeringa.



Protoplastos de tabaco

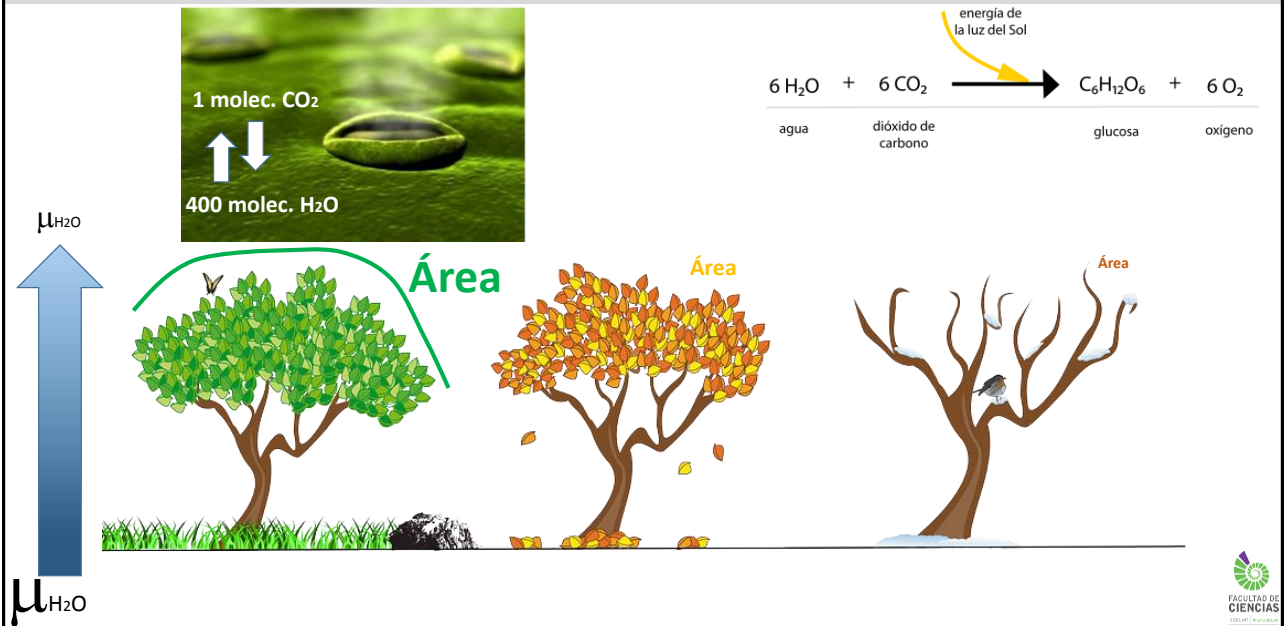
Transformación de cloroplastos

Transformación de cloroplastos Métodos

Especies	Método	Resultado
<i>Arabidopsis</i>	Biobalística	Homoplasmia
Zanahoria	Biobalística	Transitorio
<i>Nicotiana plumbaginifolia</i>	Protoplastos	Transitorio y homoplasmia
Tabaco (suspensión celular)	Biobalística	Transitorio
Caléndula	Biobalística	Transitorio
Papa	Biobalística	Transitorio y homoplasmia
Pimiento	Biobalística	Transitorio
Arroz	Biobalística	Heteroplasmia
Tomate	Biobalística	Homoplasmia
Tabaco (Petit Havana, Xanthi)	Biobalística y protoplastos	Homoplasmia
Nabo	Biobalística	Heteroplasmia



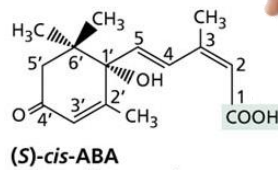
Senescencia foliar anual como adaptación



Cierre estomático por ácido abscísico

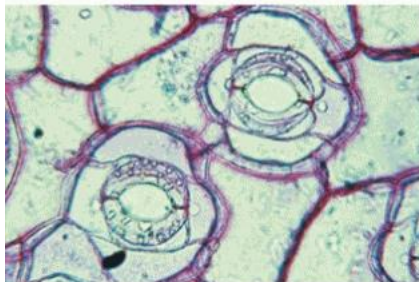


- Inhibidor del crecimiento (antagonista de auxinas, citoquininas y giberelinas)

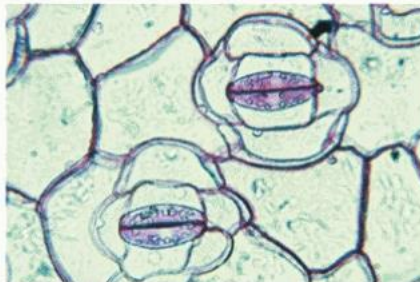


- Protege contra el estrés hídrico: cierre de estomas

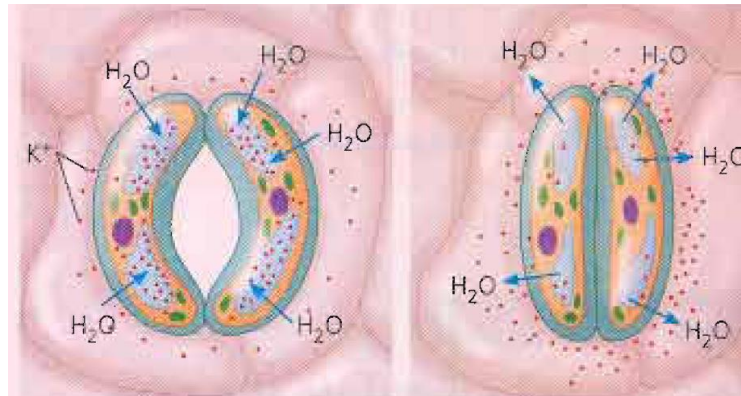
(A)



(B)



Cierre estomático por ácido abscísico



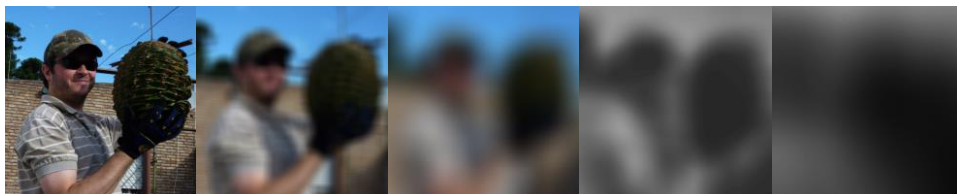
Movimiento en plantas mediante:

Mecanismos hidráulico
Crecimiento diferencial

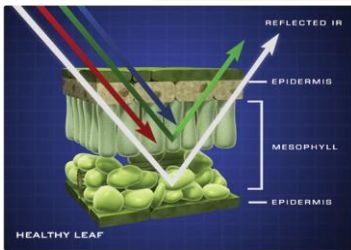
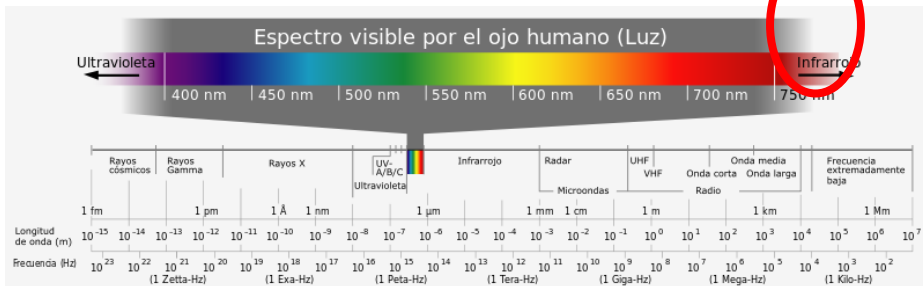
Percepción de la luz en plantas



¿Qué es ver?

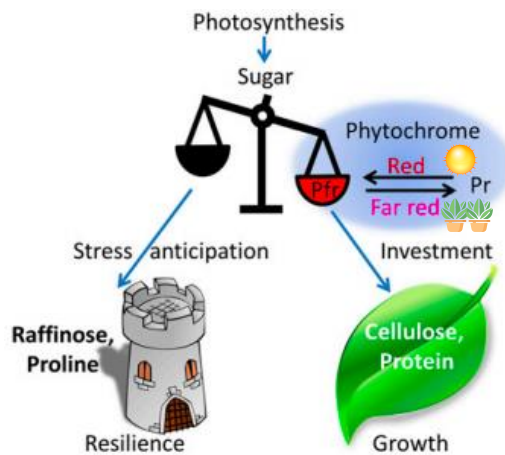
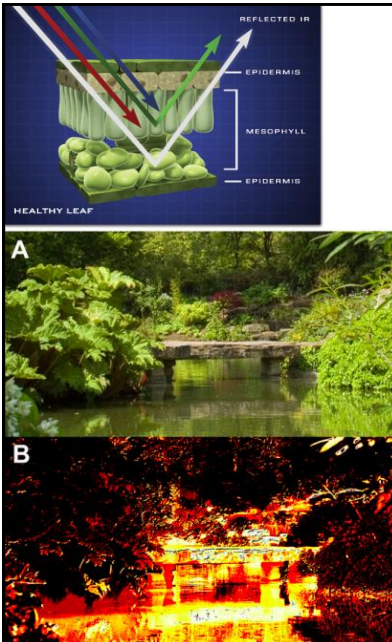


Plantas: Detectan más radiaciones, pero no forman imágenes



Plantas: no tienen ojos
Pero humanos: no tienen hojas.

Plantas responden a la intensidad, dirección, color y duración de la luz



<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1608237113>

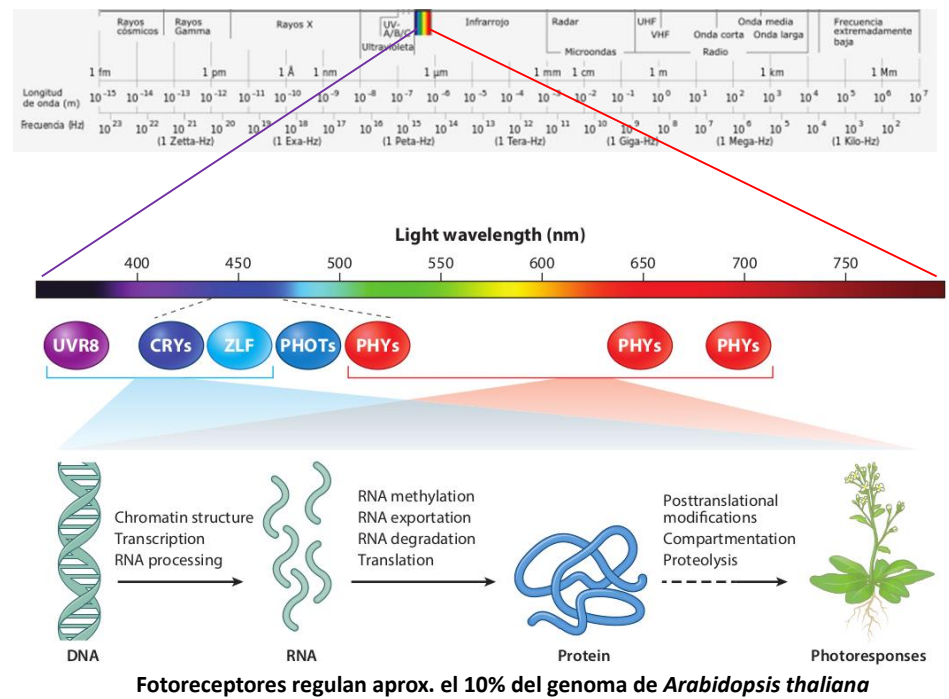
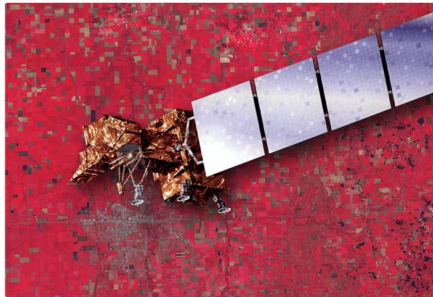
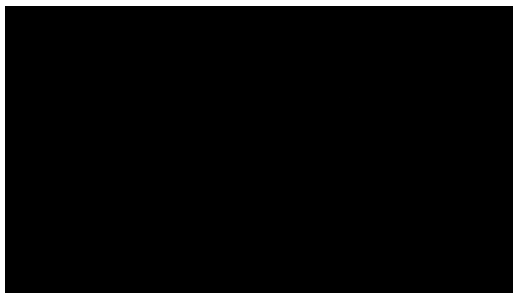
<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1601309113>

El infrarrojo reflejado por una planta es percibido por si misma y por las plantas vecinas.

Aprendiendo de las plantas:



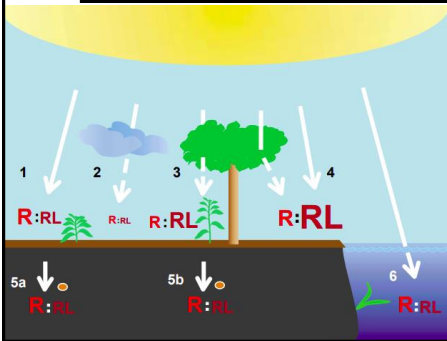
Se puede estudiar la salud de las plantas observando el infrarrojo reflejado.



PHYs

Fitocromos

Descubrimiento de la fotoreversibilidad sobre germinación de lechuga



Translocación al núcleo
 Interacción con factores de transcripción
 Actividad quinasa

Reseña de su descubrimiento: <https://doi.org/10.1515/ci-2016-0506>

<https://bit.ly/3jnOS0q>

PHYs

Fitocromos

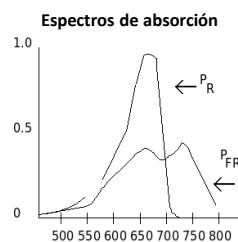
Luz roja (600-700nm) y roja lejana (700-800nm)

En Arabidopsis: hay 5 genes (PhyA-E)
cada uno con dos conformaciones (Ph-fr, Ph-r)

PhyA primer blanco natural identificado del sistema de degradación por ubiquitina

Se clasifican en dos tipos (tipo I de Ph-fr inestable, y de tipo II de Ph-fr estable)

Compuesto por 2 cadenas proteicas idénticas, cada una con dos dominios (PAS y GAF) y un cromóforo tetrapirrólico.



Translocación al núcleo
 Interacción con factores de transcripción
 Actividad quinasa

Reseña de su descubrimiento: <https://doi.org/10.1515/ci-2016-0506>

PHYs **Fitocromos**

Floración: plantas de día corto y plantas de día largo.

Germinación

Las GAs tienen una función importante mediando señales ambientales como la luz y la temperatura

Light-Mediated Seed Germination: Connecting Phytochrome B to Gibberellic Acid

Michael M. Neff^{1,2,*}
¹Department of Crop and Soil Sciences
²Molecular Plant Sciences Graduate Program
Washington State University, Pullman, WA 99163, USA
*Correspondence: mneff@wsu.edu
DOI 10.1016/j.devcel.2012.04.003

In this issue of *Developmental Cell*, Cho et al. (2012) uncover the mechanisms linking the light-regulated trigger and hormone-mediated induction of seed germination in *Arabidopsis*. When phytochrome B is activated by red light, seed germination is promoted by epigenetic transcriptional activation of gibberellic acid biosynthetic enzymes via histone demethylation.

Inducción de la floración en plantas LD



Aumenta la concentración de giberelinas en las plantas transferidas a un régimen de día largo (LD)

<http://dx.doi.org/10.1016/j.devcel.2012.04.003>

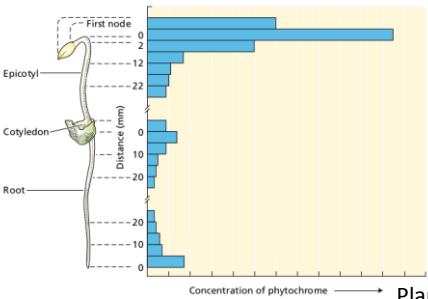
PHYs **Fitocromos**

Intervienen en múltiples respuestas y programas de desarrollo, en varios casos combinando su efecto con el de otros pigmentos

Fotomorfogénesis Vs. Escotomorfogénesis



Typical photoreversible responses induced by phytochrome in a variety of higher and lower plants			
Group	Genus	Stage of development	Effect of red light
Angiosperms	<i>Lactuca</i> (lettuce)	Seed	Promotes germination
	<i>Avena</i> (oat)	Seedling (etiolated)	Promotes de-etiolation (e.g., leaf unrolling)
	<i>Sinapis</i> (mustard)	Seedling	Promotes formation of leaf primordia, development of primary leaves, and production of anthocyanin
	<i>Pisum</i> (pea)	Adult	Inhibits internode elongation
Gymnosperms	<i>Xanthium</i> (cocklebur)	Adult	Inhibits flowering (photoperiodic response)
Pteridophytes	<i>Pinus</i> (pine)	Seedling	Enhances rate of chlorophyll accumulation
Bryophytes	<i>Onoclea</i> (sensitive fern)	Young gametophyte	Promotes growth
Chlorophytes	<i>Polytrichum</i> (moss)	Germeling	Promotes replication of plastids
	<i>Mougeotia</i> (alga)	Mature gametophyte	Promotes orientation of chloroplasts to directional dim light

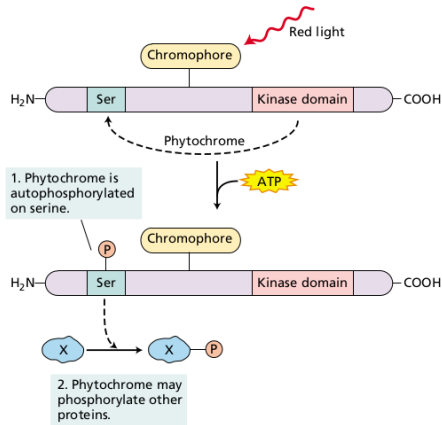


En diferentes partes de la planta pueden expresarse diferentes fitocromos y en diferentes cantidades.

Plant Physiology. Taiz-Zeiger. Cap. 17 5^{ta} ed.

PHYs Fitocromos

Actividad quinasas



Relocalización nuclear

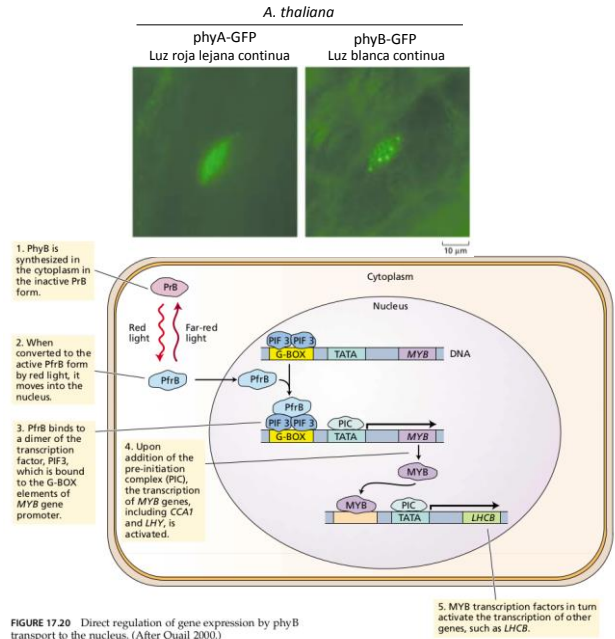
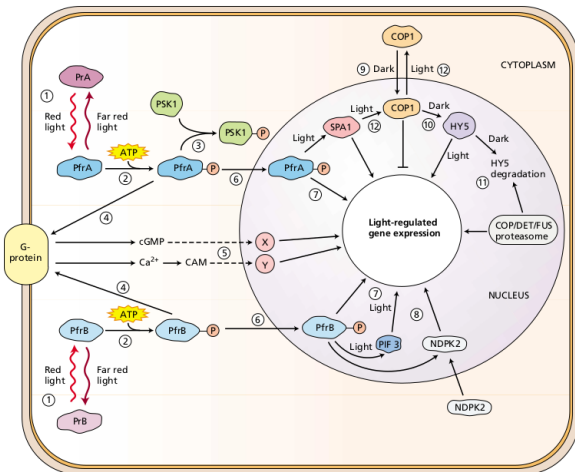


FIGURE 17.20 Direct regulation of gene expression by phyB transport to the nucleus. (After Quail 2000.)

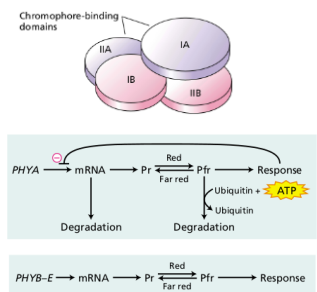
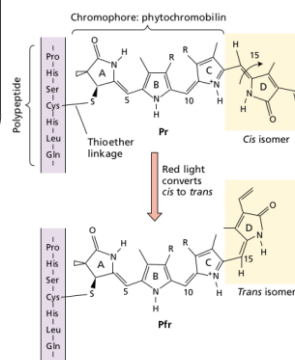
PHYs Fitocromos

Actúa en diversas vías, a través de diferentes mecanismos.

Algunas respuestas tardan segundos en ejecutarse, otras días y pueden mantenerse durante largo tiempo.



- Red light converts PrA and PrB to their Pfr forms.
- The Pfr forms of phyA and phyB phytochrome can autophosphorylate.
- Activated PfrA phosphorylates phytochrome kinase substrate 1 (PKS1).
- Activated PfrA and PfrB may interact with G-proteins.
- cGMP, calmodulin (CAM), and calcium (Ca^{2+}) may activate transcription factors (X and Y).
- Activated PfrA and PfrB enter the nucleus.
- PfrA and PfrB may regulate transcription directly or through interaction with phytochrome interacting factor 3 (PIF3).
- Nucleoside diphosphate kinase 2 (NDPK2) is activated by PfrB.
- In the dark, COP1 enters the nucleus and suppresses light-regulated genes.
- In the dark, COP1, an E3 ligase, ubiquitinates HYS.
- In the dark, HYS is degraded with the assistance of the COP/DET/FUS proteasome complex.
- In the light, COP1 interacts directly with SPA1 and is exported to the cytoplasm.

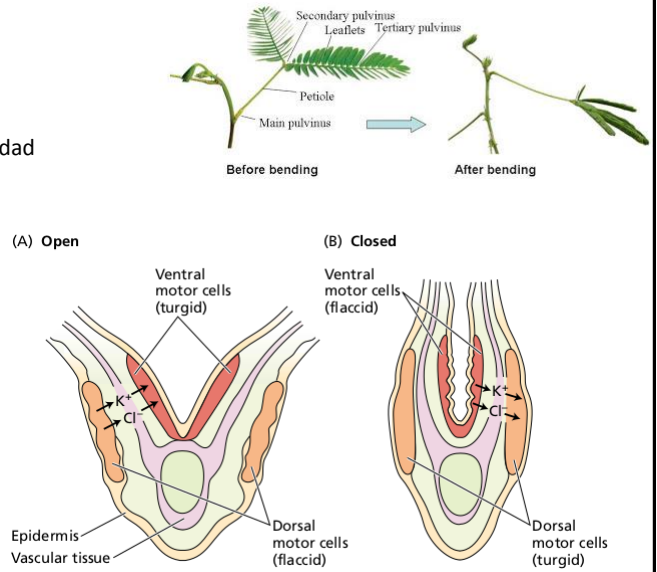
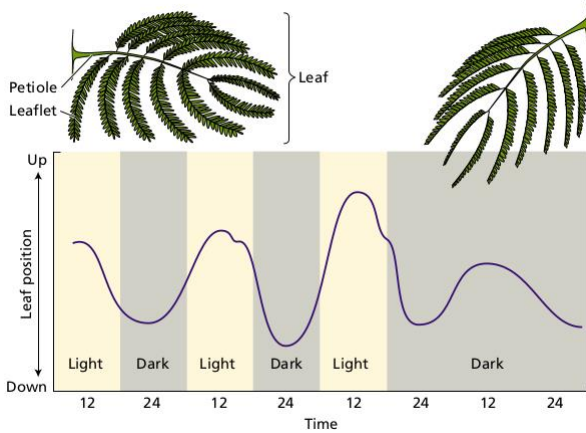


Plant Physiology. Taiz-Zeiger. Cap. 17 5^{ta} ed.

PHYs Fitocromos

Movimiento rápido de las hojas

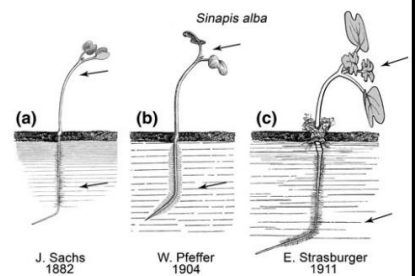
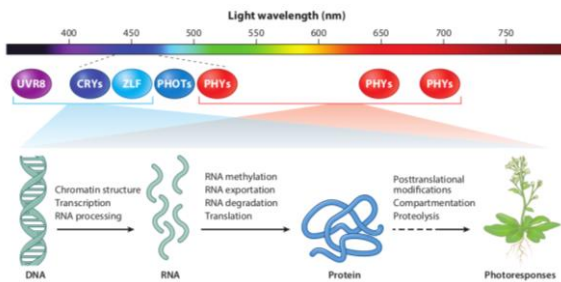
Ejemplo de respuesta rápida, basada en cambio en permeabilidad de la membrana plasmática a iones



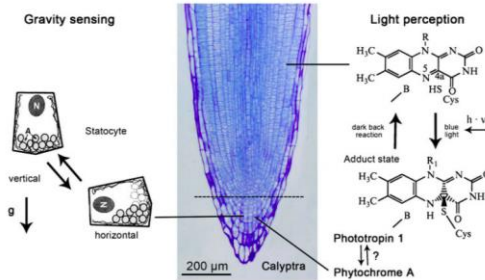
Plant Physiology. Taiz-Zeiger. Cap. 17 5^{ta} ed.

Fototropismo radicular

- Acción de diferentes fotoreceptores (**foto -**, **fototropinas**, **foto +**, **PhyA**, **PhyB**)
- Integración de foto y gravitropismo (**gravi +**).

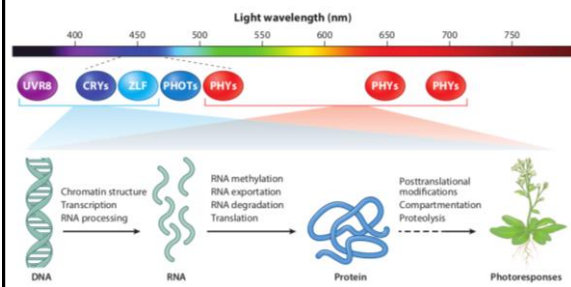


Qué ocurre en el cultivo *in vitro*?



Raíz de *Lepidium sativum* (Berro)

DOI 10.1007/s00425-012-1597-y



CRYs Criptocromos

Flavoproteínas, estructuralmente relacionadas a fotoliasas

Proteínas similares existen en animales

También relacionados a la magnetorecepción

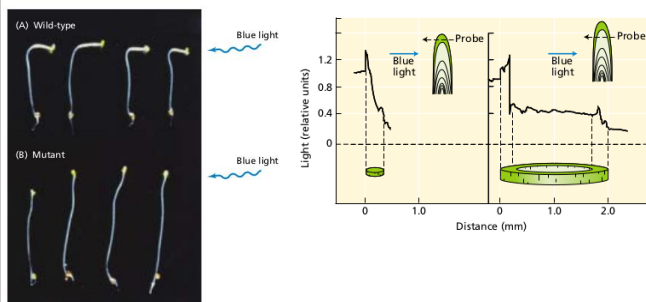
Unidos a dos cromóforos (pterina y FAD)

CRY2 está siempre en el núcleo CRY1 es allí en oscuridad.

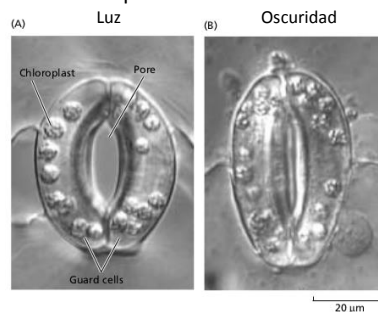
CRY2 se degrada tras exponerse a luz azul, CRY1 no se degrada.

Al activarse impedirían que el factor de transcripción HY5 sea degradado

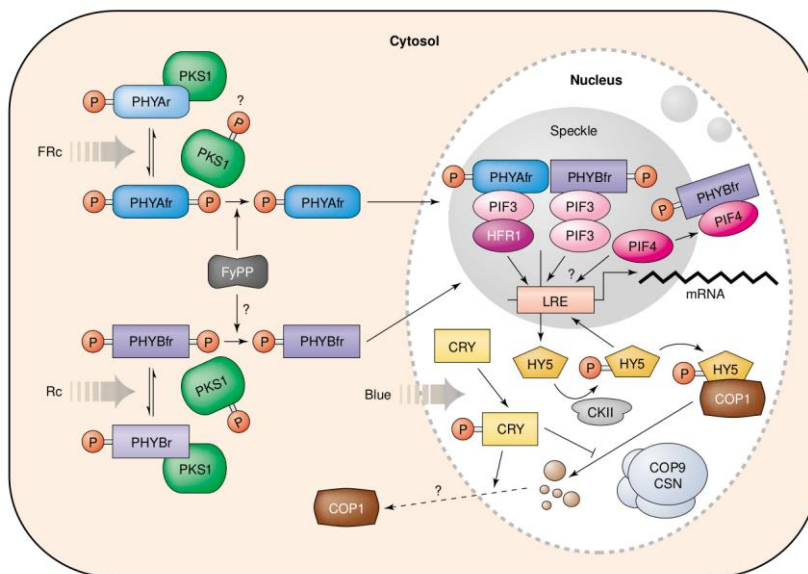
Fototropismo



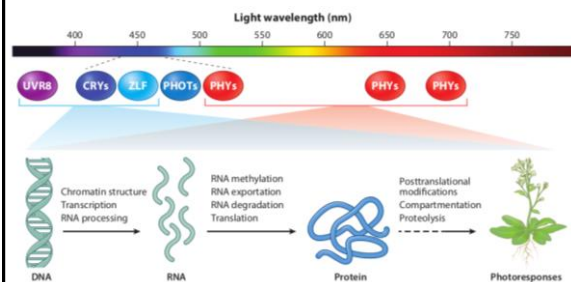
Apertura de estomas



Interacción entre vías mediadas por fitocromos y criptocromos



DOI 10.1016/S1369-5266(03)00082-7



PHOTs Fototropinas

Asociadas a membrana plasmática

Flavoproteínas, con cromóforo FMN

PHOT1 y PHOT2 tienen actividad quinasa y se pueden autofosforilar.

Vinculadas a fototropismo (impulsado por elongación diferencial promovida por auxinas)

Participan del sistema fototrópico de la planta en:

Curvatura de tallos hacia la luz

Apertura de estomas

Movimiento de cloroplastos

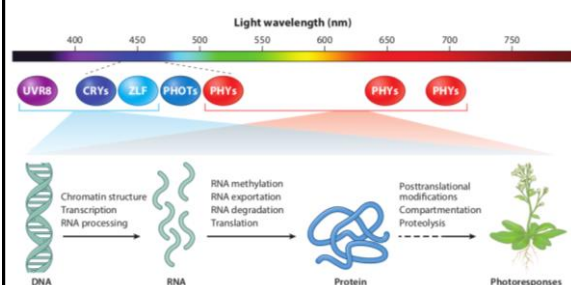
Elongación de tallo ante luz azul (respuesta mas rápida que la de criptocromos)

Desestabilización de ciertos ARNm por incidencia de la luz azul

También están implicadas en la termopercepción (junto a fitocromo B)

<https://doi.org/10.3390/plants9080940>

<https://doi.org/10.1016/j.jbc.2021.100594>



UVR8 Fotoreceptor UVR8 (*UV Resistance Locus 8*)

Percibe luz UV-B (280-315nm, es 0.5% de la luz solar que llega a la superficie del planeta)

Único fotoreceptor conocido de luz UV-B

A diferencia de otros fotoreceptores, no tiene grupos prostéticos como cofactores (usa 14 residuos Trp).

Localización núcleo-citoplasmática, tras UV-B se tiende a localizar en el núcleo.

Su dímero se disocia al exponerse a luz UV-B

En el núcleo interaccionaría con histonas en genes blanco

Respuestas mediadas:

Inhibición del crecimiento del hipocótilo

Apertura estomática

Curvatura fototrópica

Expansión de cotiledones

Biosíntesis de antocianinas y flavonoides

Artículo sobre su descubrimiento:

<https://science.sciencemag.org/content/332/6025/103/tab-pdf>

Actualización:

<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00955>

Miembros de la familia Zeitlupe

Ritmo circadiano requiere sintetizar y degradar proteínas en forma coordinada

Zeitlupe es una proteína con F-box que participa en degradación vía proteosoma en *A. thaliana*

ARNm de Zeitlupe se sintetiza en forma constante, pero la proteína varía su concentración en un factor 3x durante las 24h

La proteína Gigantea estabiliza a Zeitlupe, evitando que se degrade

La unión Zeitlupe-Gigantea es estabilizada al absorber luz azul Zeitlupe

Zeitlupe (alemán): cámara lenta

<https://www.nature.com/articles/nature06132>

Tipos de tejidos

Meristema → Meristema

Meristema → Parénquima

Meristema → Colénquima

Meristema → Esclerénquima

CÉLULAS INICIALES

- dermatógeno
- periblema
- pleroma

MERISTEMAS DERIVADOS

- protodermis
- meristema fundamental
- procambium

TEJIDOS PRIMARIOS

- epidermis
- parénquima
- colénquima
- esclerénquima
- xilema 1°
- cambium vascular
- floema 1°

leaf

leaf sheath

apical meristem

axillary meristem

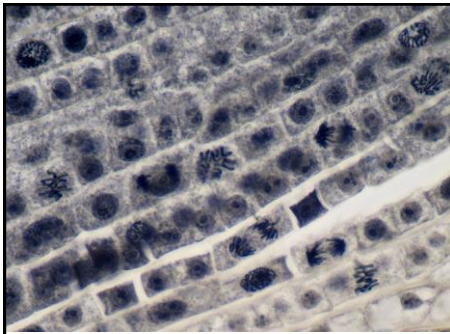
1 mm

Tamaño del meristema

Cicas 3 mm

Arabidopsis 50 µm

FACULTAD DE CIENCIAS



Meristema

Células poliédricas y equidimensionales
Células totipotenciales
Paredes finas (sin pared 2^{da})
Vacuolas numerosas y pequeñas
Sin cloroplastos

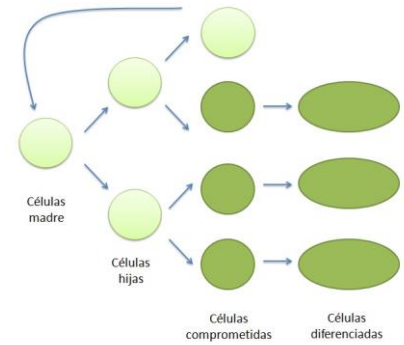
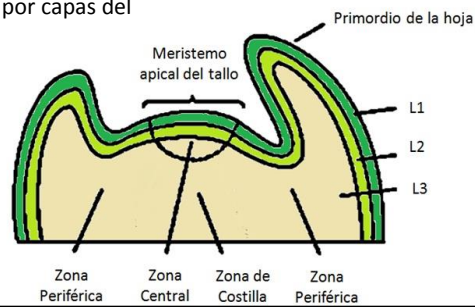
Clasificación:

Primarios

Secundarios

(laterales intercalares, axilares, de inflorescencia y florales)

Organización citohistológica y por capas del meristema apical del tallo:



Tejidos vegetales: clasificación

MERISTEMA	M. Apical	De tallo de raíz	Crecimiento primario (longitudinal)
	M. Intercalar (ramificaciones)		
	M. lateral	Cambium vascular Cambium cortical	Crecimiento secundario (engrosamiento)
T. PERMANENTES	Simples	Parénquima	
		Colénquima	
		Esclerenquima	
		Epidermis	
	Complejos	Floema	
		Xilema	
	Especial (secretor)		



CRECIMIENTO: aumento de tamaño

- División celular
- Expansión celular

DESARROLLO: crecimiento, morfogénesis, organogénesis

- Crecimiento
- Diferenciación celular
- Muerte celular y autofagia

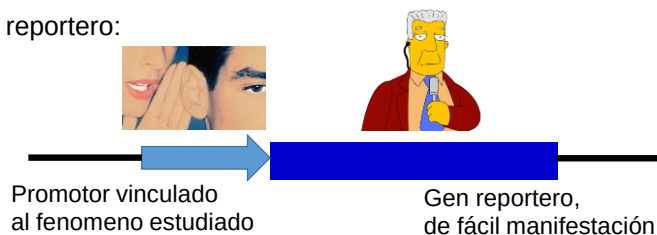
~~Traslado de células~~



Visualización de la actividad mitótica en Arabidopsis

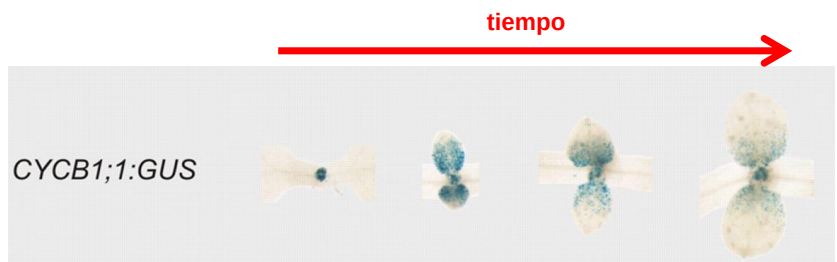


Estudios con gen reportero:



Rodríguez R E et al. Development 2010;137:103-112

Visualización de la actividad mitótica en Arabidopsis



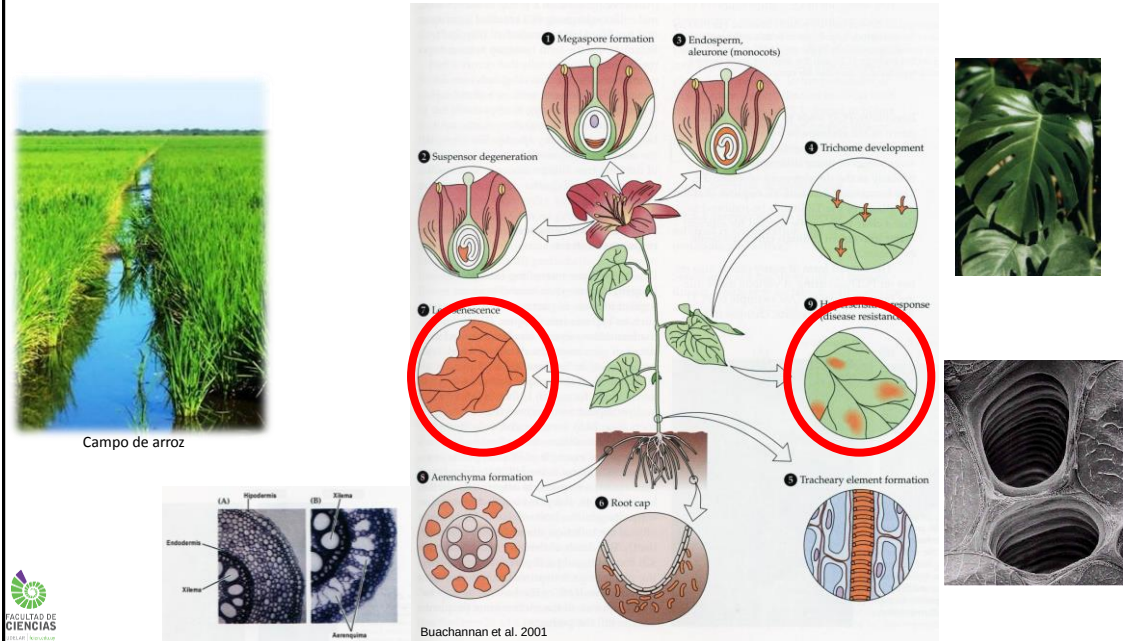
Crecimiento:
Por división celular
Por expansión celular



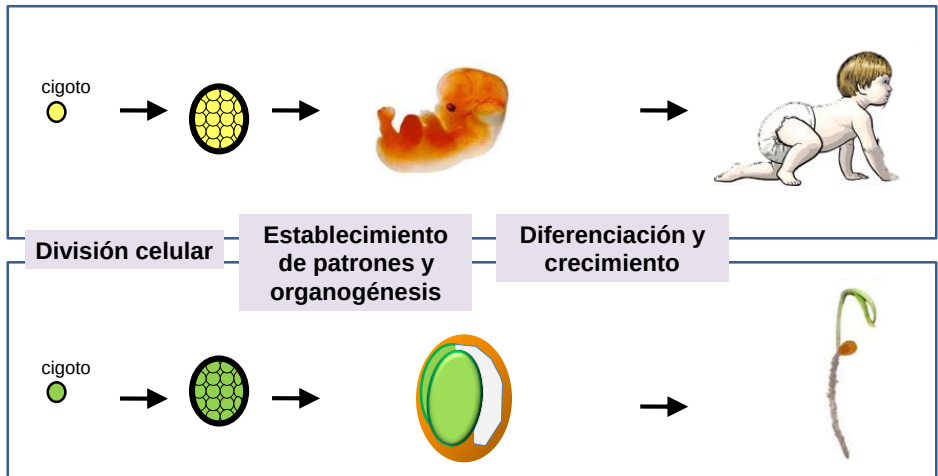
Rodriguez R E et al. Development 2010;137:103-112

Múltiples implicancias de MCP en ciclo vital de plantas.

MCP: Muerte celular programada

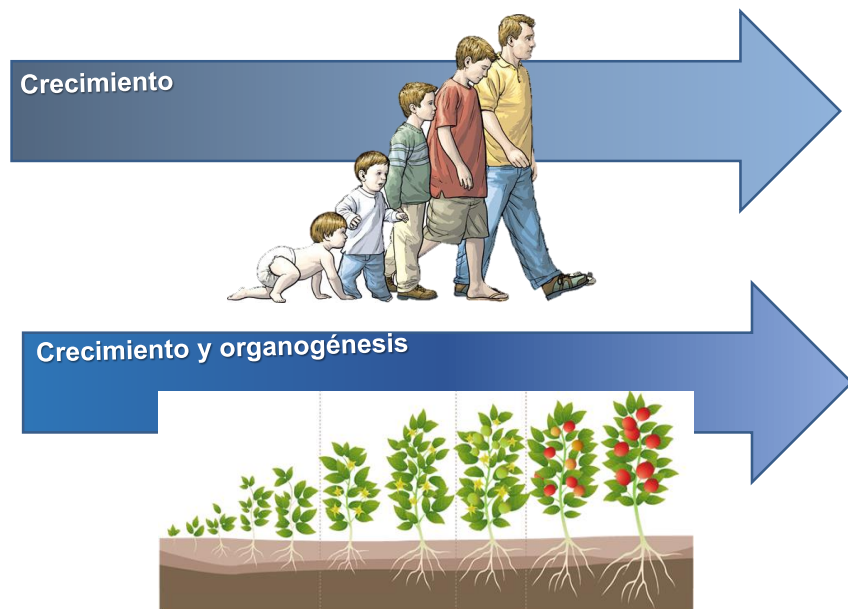


El desarrollo inicial de animales y plantas sigue principios similares

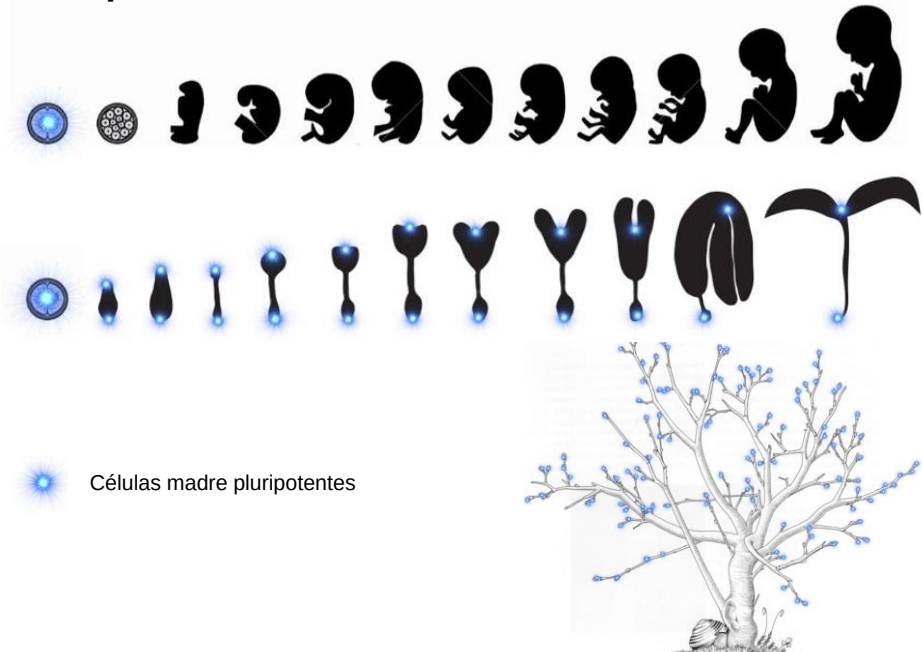


Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

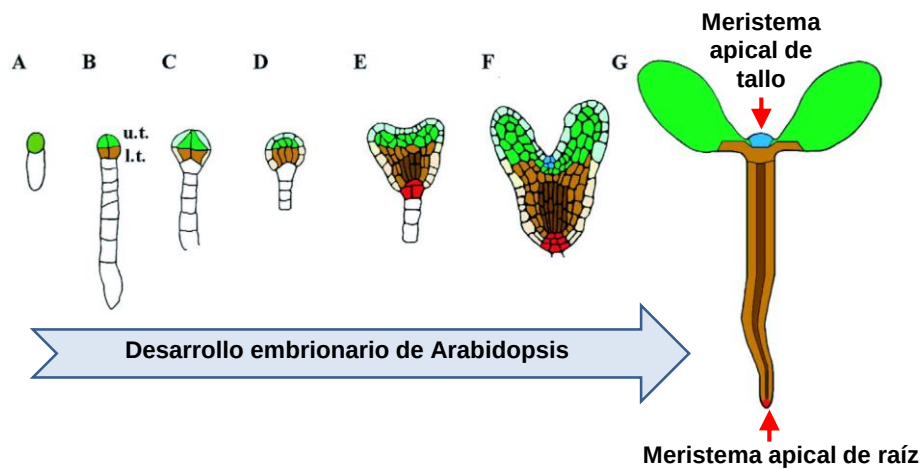
A medida que crecen las plantas generan nuevos órganos (hojas, flores, raíces)



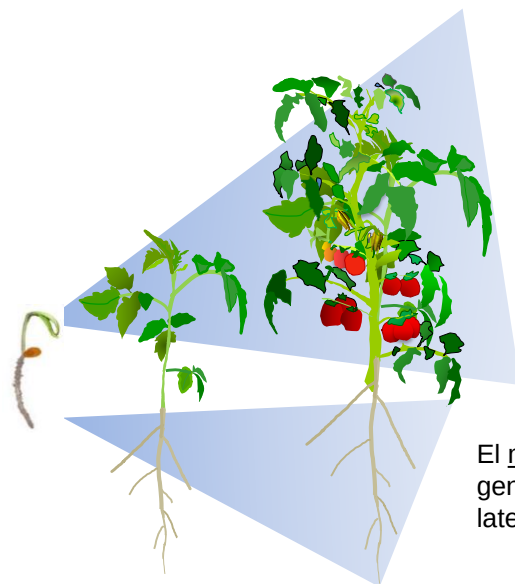
Pluripotencialidad celular durante el desarrollo



Los meristemas son responsables de la formación post-embrionaria de órganos.



Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell



El meristema apical del tallo, genera tallo, hojas, flores, frutos y semillas.

El meristema apical de la raíz genera raíces primarias y laterales.



Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

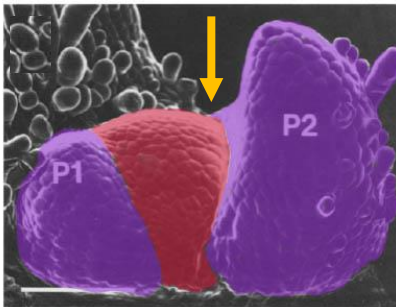
“Totipotencia” de células vegetales:

en condiciones apropiadas, células maduras pueden regenerar la planta entera



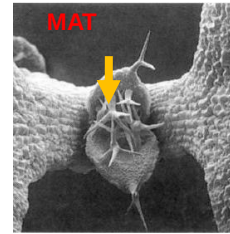
El meristema apical del tallo es pequeño y generalmente está oculto

Meristema apical del tallo (MAT)



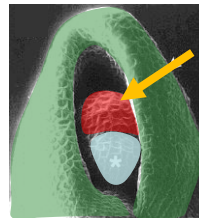
Nicotiana tabacum (tabaco)

Alrededor del meristema están los primordios de hojas



Arabidopsis thaliana

Generalmente el meristema mide entre 0,1 a 1 mm de diámetro



Oryza sativa (arroz)



Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

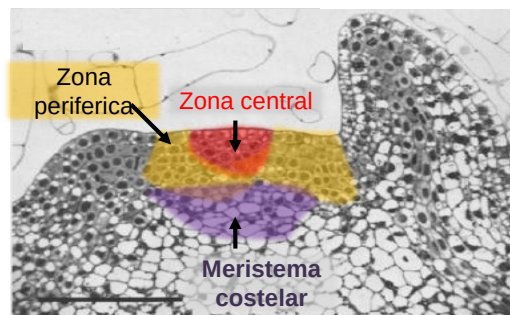
En plantas con semilla el meristema apical del tallo es multicelular

Células meristemáticas en:

Zona central son células no diferenciadas.

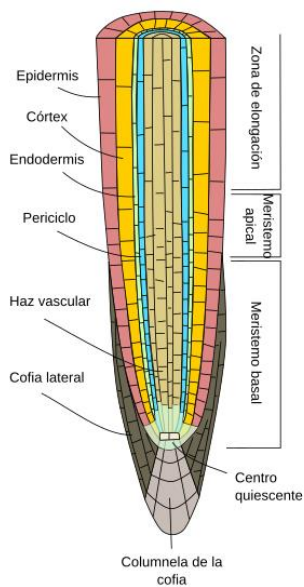
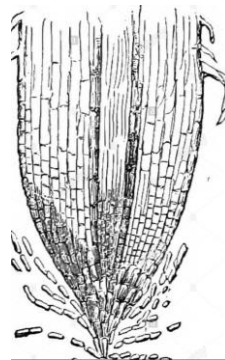
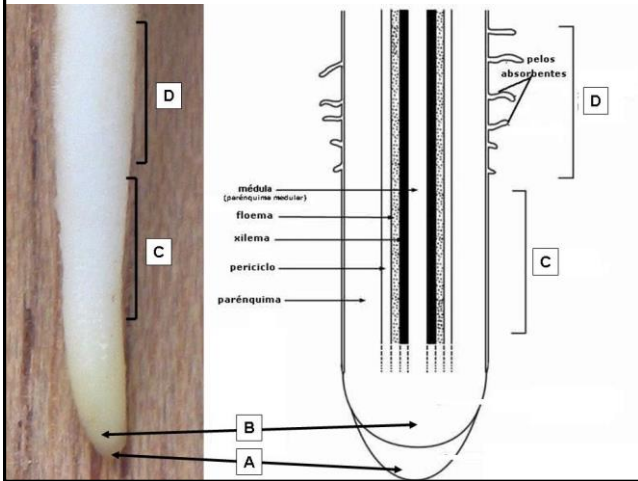
Zona periférica, las células proliferan y se diferencian en órganos.

Zona costelar, las células proliferan y diferencian en tallo.

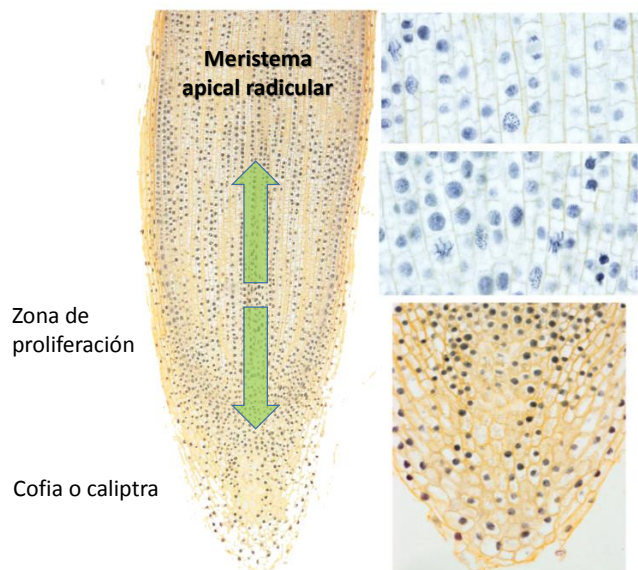


Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

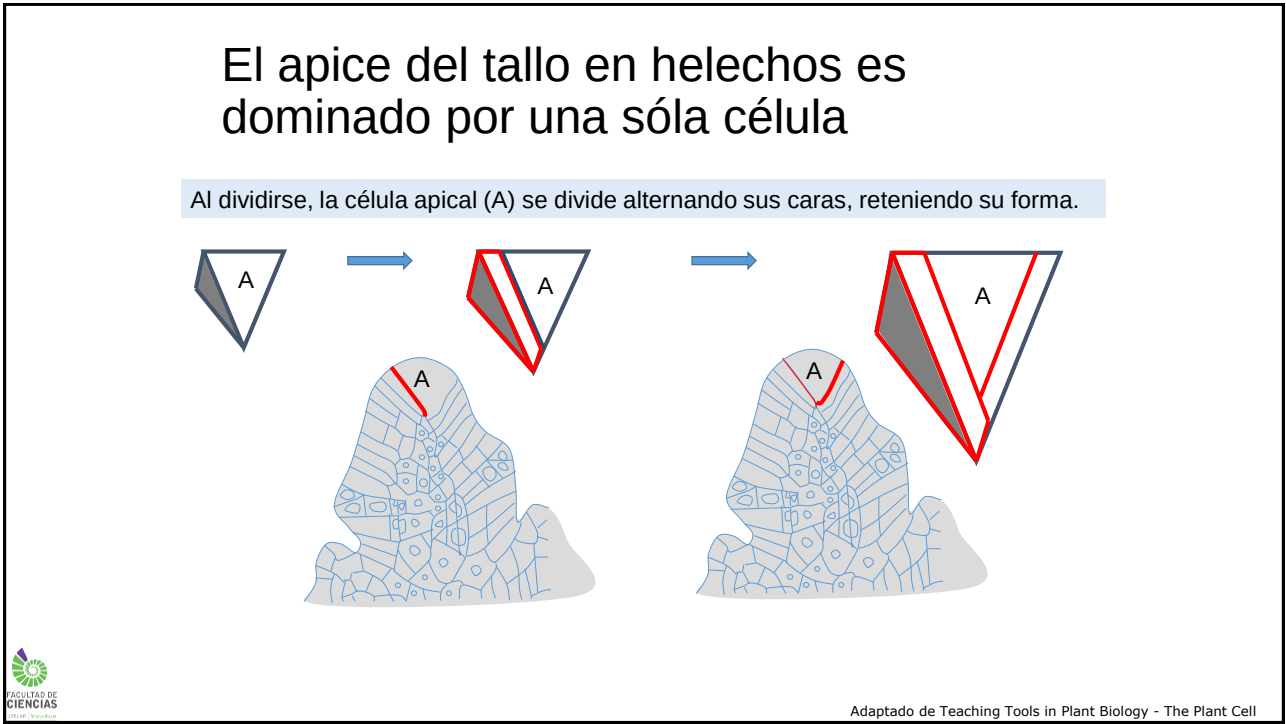
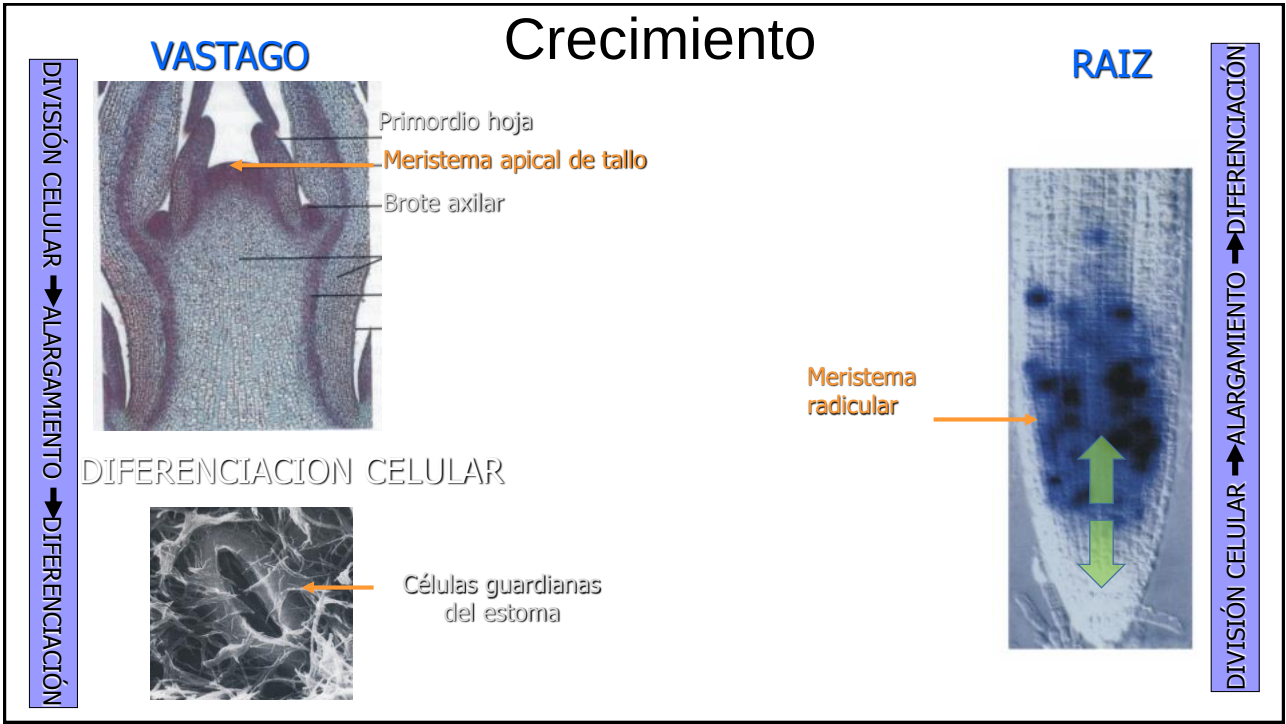
Meristema



Esquema del meristema apical radicular de *A. thaliana*



Meristema apical radicular de cebolla (*Allium cepa*)



Tejidos vegetales: clasificación

MERISTEMA	M. Apical	De tallo de raíz	Crecimiento primario (longitudinal)
	M. Intercalar (ramificaciones)		
	M. lateral	Cambium vascular Cambium cortical	Crecimiento secundario (engrosamiento)
T. PERMANENTES	Simples	Parénquima	
		Colénquima	
		Esclerénquima	
		Epidermis	
	Complejos	Floema	
		Xilema	
	Especial (secretor)		



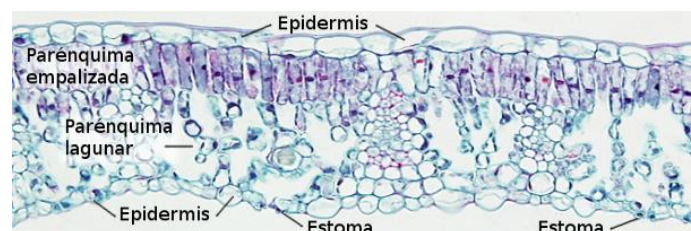
Parénquima

Tipos:

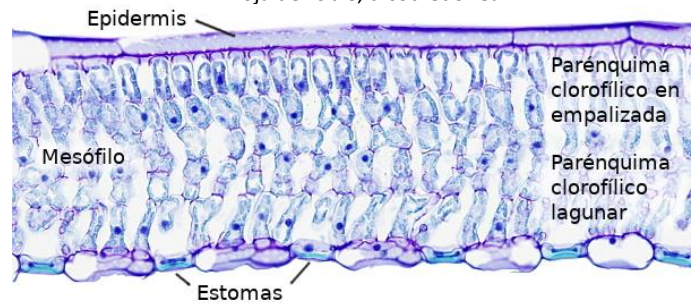
Clorénquima (mesófilo)

- Amilífero (almidón)
- Aerénquima
- Parénquima acuífero
- Mucilagínífero (mucilago)
- Tanífero (taninos)
- Inulífero (inulina)
- Aleuronífero (aleurona)
- Cristalífero (cristales)

Puede desdiferenciarse (importante biotecnología)



Hoja de roble, dicotiledónea



Hoja de violeta, monocotiledónea



Parénquima

Tipos:

Clorénquima (mesófilo)

Amilífero (almidón)

Aerénquima

Parénquima acuífero

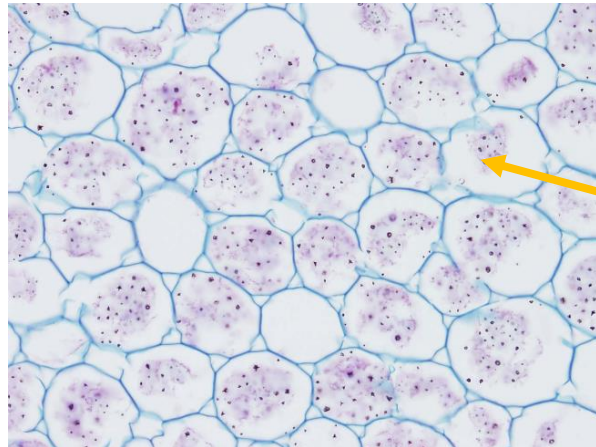
Mucilagínífero (mucilago)

Tanífero (taninos)

Inulífero (inulina)

Aleuronífero (aleurona)

Cristalífero (cristales)



Gránulos
de almidón

Parénquima de reserva en la corteza radicular (*Rannunculus repens*)



Parénquima

Tipos:

Clorénquima (mesófilo)

Amilífero (almidón)

Aerénquima

Parénquima acuífero

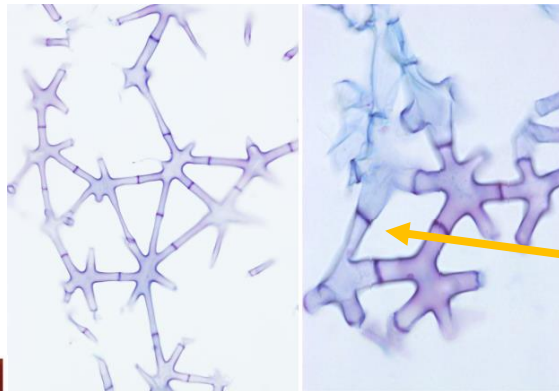
Mucilagínífero (mucilago)

Tanífero (taninos)

Inulífero (inulina)

Aleuronífero (aleurona)

Cristalífero (cristales)



Cámaras
aeríferas

Aerenquima de un juncó.



Aerénquima de *Schoenoplectus tabernaemontani*.



Parénquima

Tipos:

Clorénquima (mesófilo)

Amilífero (almidón)

Aerénquima

Parénquima acuífero

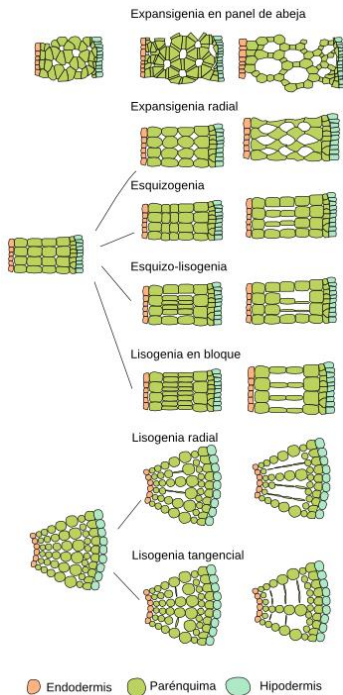
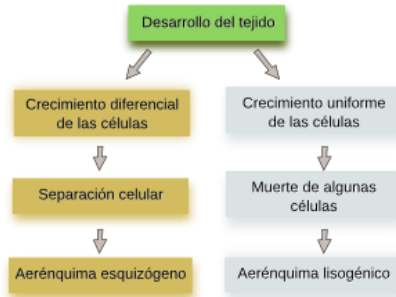
Mucilagínífero (mucilago)

Tanífero (taninos)

Inulífero (inulina)

Aleuronífero (aleurona)

Cristalífero (cristales)



Parénquima

Tipos:

Clorénquima (mesófilo)

Amilífero (almidón)

Aerénquima

Parénquima acuífero

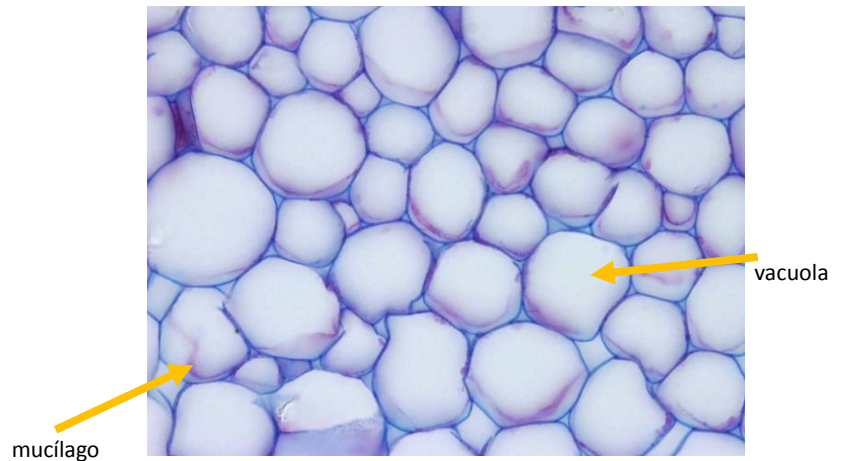
Mucilagínífero (mucilago)

Tanífero (taninos)

Inulífero (inulina)

Aleuronífero (aleurona)

Cristalífero (cristales)



Parénquima acuífero de un cactus.

Parénquima

Tipos:

Clorénquima (mesófilo)

- Amilífero (almidón)
- Aerénquima
- Parénquima acuífero
- Mucilaginífero (mucilago)
- Tanífero (taninos)
- Inulífero (inulina)
- Aleuronífero (aleurona)
- Cristalífero (cristales)

Parénquima de reserva puede almacenar sustancias en:

- VACUOLA
- PLÁSTIDOS
- PAREDES CELULARES

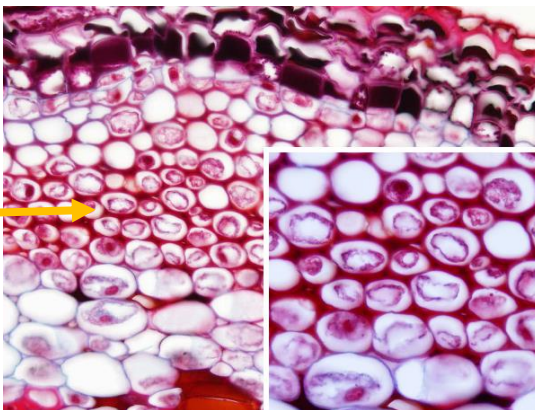


Colénquima

Tipos:

- Angular
- Laminar
- Lagunar
- Anular

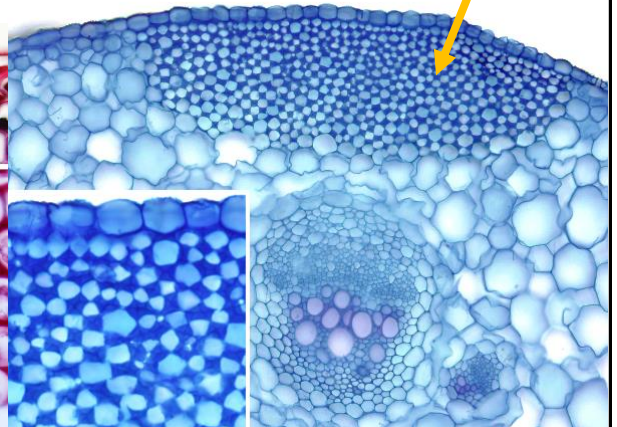
Colénquima laminar



Colénquima laminar de *Sambucus nigra*



Colénquima angular



Colénquima angular en tallo de hiedra (*Hedera helix*)

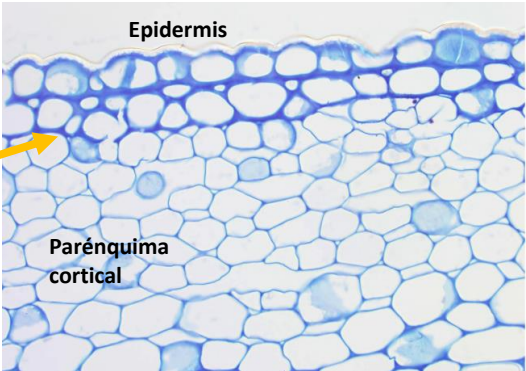


Colénquima

Tipos:

- Angular
- Laminar
- Lagunar
- Anular

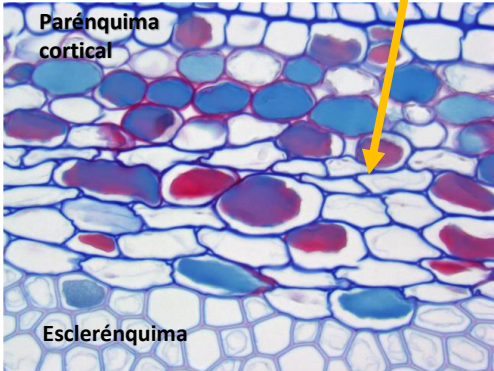
Colénquima lagunar



Colénquima lagunar en tallo de *Heuphorbia helioscopia*



Colénquima anular

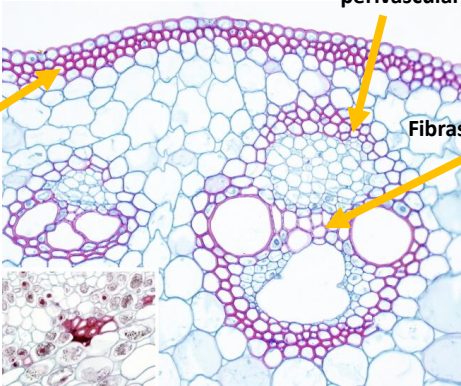


Colénquima anular en tallo *Malva sylvestris*



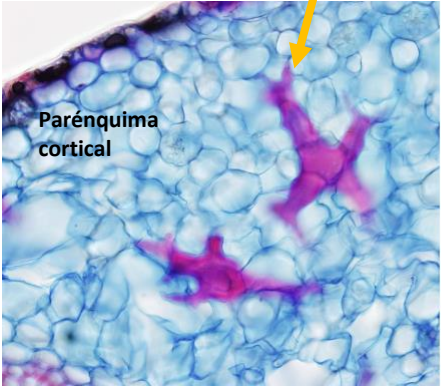
Esclerénquima

Fibras corticales



Fibras de de *Zea mays*

- Clasificadas según su ubicación:**
- Fibras floemáticas
 - F. corticales
 - F. perivascularares
 - F. xilares
 - F. pericíclicas



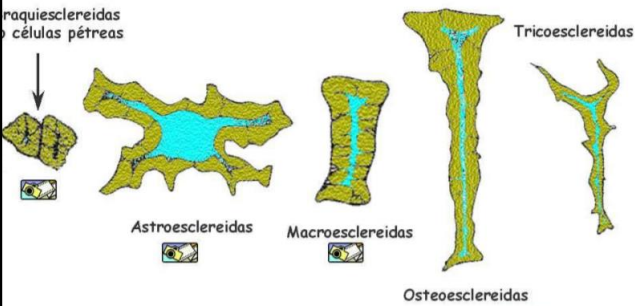
Esclereidas de hoja de *Camelia japonica*

- Clasificadas según su forma:**
- Braquiesclereidas
 - Macroesclereidas
 - Osteoesclereidas
 - Astroesclereidas
 - Tricoesclereidas
 - Esclereidas filiformes



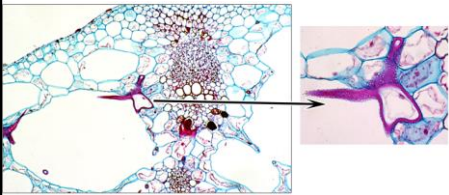
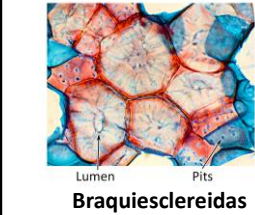
Esclerénquima

Esclereida

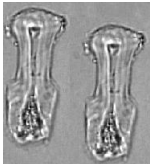


Esclerénquima

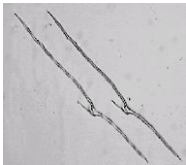
Esclereidas
Sostén y protección
Clasificadas según su forma:



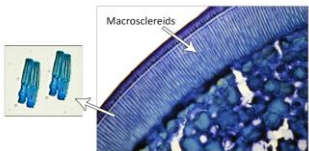
Astroesclereidas
Ninfeáceas



Osteoesclereidas



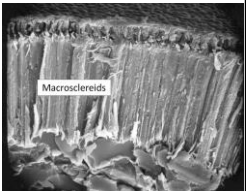
Tricoesclereidas
Monstera sp.



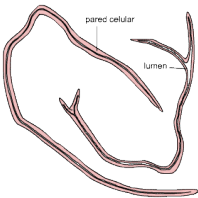
Macroesclereidas



Ciclamo del Canadá



Acacia de tres espinas



Esclereidas filiformes

Tejidos vegetales: clasificación

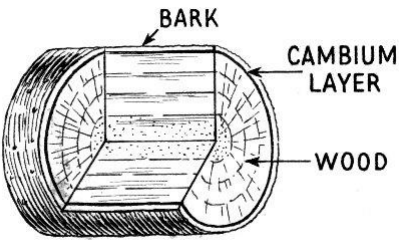
MERISTEMA	M. Apical	De tallo de raíz	Crecimiento primario (longitudinal)
	M. Intercalar (ramificaciones)		
	M. lateral	Cambium vascular Cambium cortical	Crecimiento secundario (engrosamiento)
T. PERMANENTES	Simples	Parénquima	
		Colénquima	
		Esclerenquima	
		Epidermis	
	Complejos	Floema	
		Xilema	
	Especial (secretor)		



Tejidos vasculares

Xilema
Floema

Meristemas asociados:
Cambium vascular
Cambium suberoso



Tallo de apio

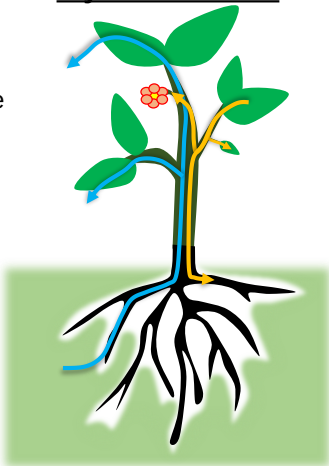


Transporte en plantas vasculares: tienen sistemas especializados de larga distancia

Tejidos vasculares

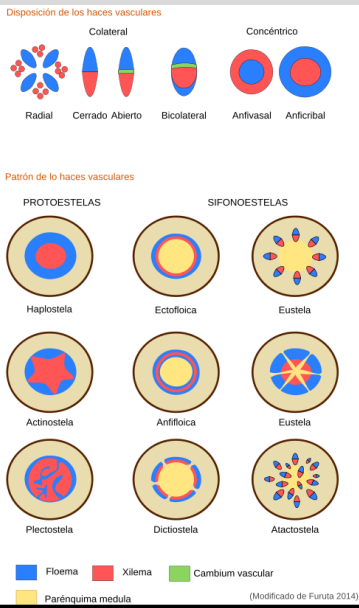
XILEMA

Mueve agua desde el suelo a la atmosfera



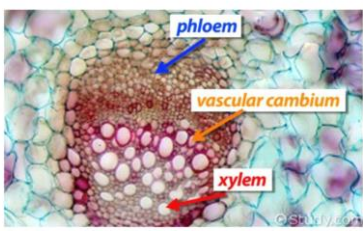
FLOEMA

Compuestos fotosintetizados se mueven desde la fuente a la fosa (tejidos no fotosintéticos)

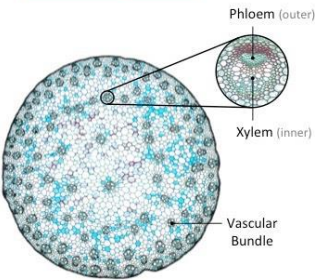


Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

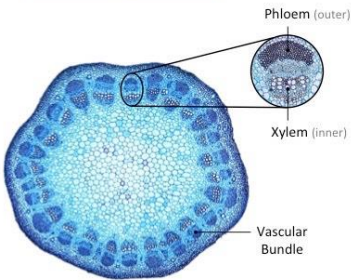
Transporte en plantas vasculares: tienen sistemas especializados de larga distancia



Monocotyledon



Dicotyledon



Tejidos vasculares

XILEMA
Mueve agua desde el suelo a la atmosfera

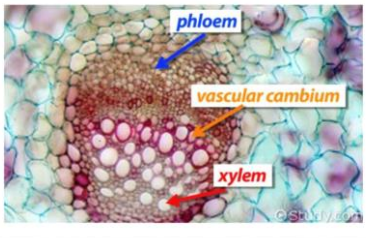


FLOEMA
Compuestos fotosintetizados se mueven desde la fuente a la fosa (tejidos no fotosintéticos)



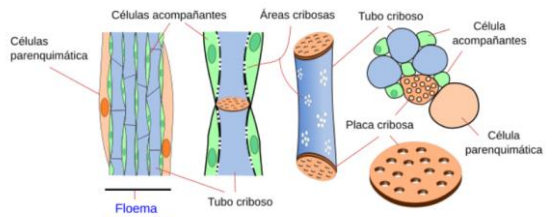
Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

Transporte en plantas vasculares: tienen sistemas especializados de larga distancia



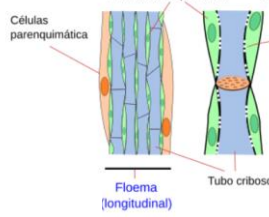
phloem
vascular cambium
xylem

Floema (transversal)



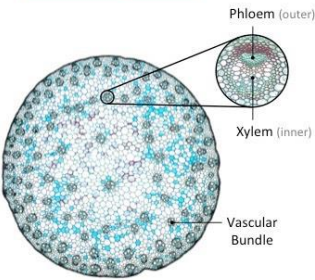
Células acompañantes
Áreas cribosas
Tubo criboso
Célula acompañante
Célula parenquimática
Placa cribosa

Floema (longitudinal)



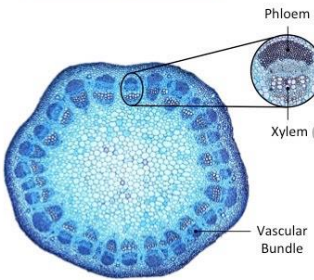
Células acompañantes
Tubo criboso

Monocotyledon



Phloem (outer)
Xylem (inner)
Vascular Bundle

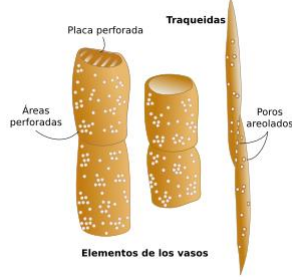
Dicotyledon



Phloem (outer)
Xylem (inner)
Vascular Bundle



Xilema



Placa perforada
Áreas perforadas
Traqueidas
Poros areolados
Elementos de los vasos

Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

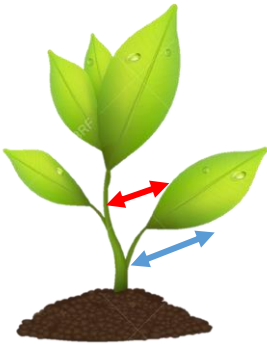
<https://www.youtube.com/watch?v=e2uvD-Ock00>

Tejidos vasculares



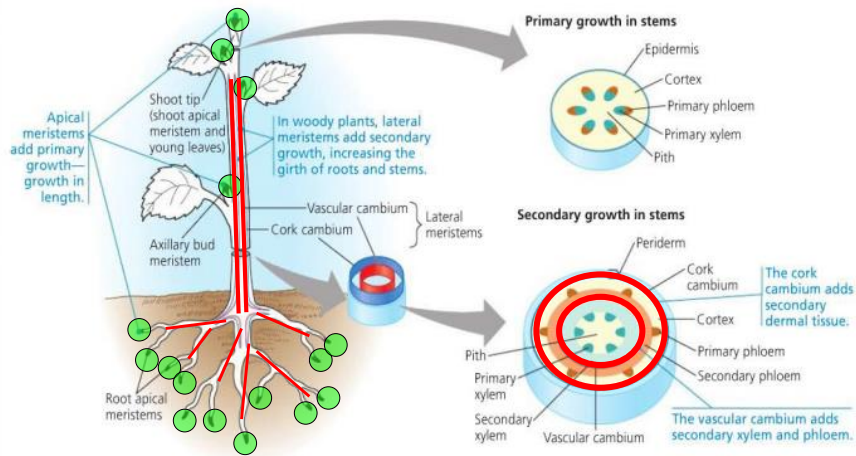
Cara adaxial
(xilema)

Cara abaxial
(floema)



Pulgones en cara abaxial de una hoja

Crecimiento secundario



Tejidos embrionarios perpetuos:

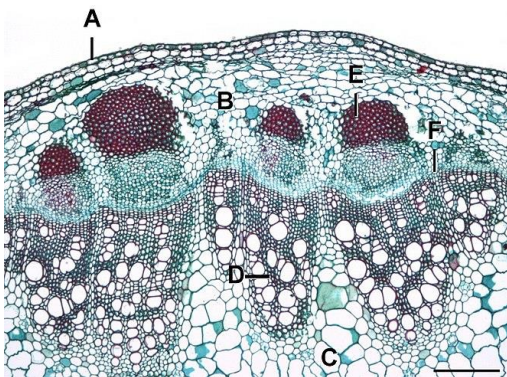
Meristemas primarios

Meristemas secundarios

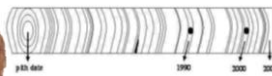


Crecimiento secundario

Cambium vascular



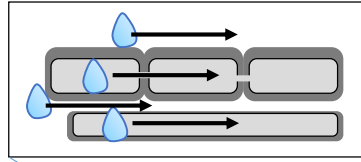
Cambium suberoso



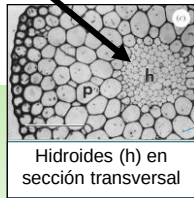
Transporte en briofitas: algunas células tienen cierta especialización

Briofitas toman agua del aire y del sustrato

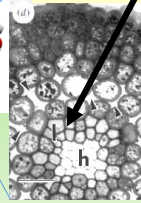
El agua se mueve a través de las células, entre las células y a través de células especializadas (**hidroides**, h)



Leptoides (l) : algunos briofitas tienen células conductoras de nutrientes



Hidroides (h) en sección transversal



Plasmodesmos dilatados en células conductoras de nutrientes.



Adaptado de Teaching Tools in Plant Biology - The Plant Cell

Defensa vegetal



- Sin tejido inmune especializado
- Sin transporte de células a lo largo del organismo
- Inducible pero no adaptativa.



Plantas:



No se trasladan independientemente

Numerosas plantas salvajes no se ven enfermas

Sin sistema inmune especializado y móvil

¿Cómo se defienden de los patógenos?

¿Cómo toleran cambios climáticos?

¿Podemos mejorar estas respuestas en los cultivos?



[English/Español](#)

BMV
Laboratorio de Biología Molecular Vegetal
Facultad de ciencias - UDELAR



Dirección: Igua 4225 esquina Matojo, Montevideo - Uruguay
Tel: (598) 2525-8618 ext. 232

Sitio web optimizado para el navegador Firefox 2.0 y una resolución de 1024 x 768 pixels.
Consultas o sugerencias sobre el sitio web: marcelb@fcien.edu.uy

<http://bmv.fcien.edu.uy/>



Gracias.

Encuesta sobre la clase
(Son solamente 5 preguntas!)



Marcel Bentancor
Laboratorio de Biología Molecular Vegetal
Facultad de Ciencias – UDELAR
marcelb@fcien.edu.uy
<http://bmv.fcien.edu.uy>