

# Morfología de Plantas Vasculares

## Tema 7: La Célula

### Tema 7.1: Célula y Biomembranas

#### ORGANIZACIÓN DE LA CÉLULA VEGETAL

Las células fueron descubiertas por Robert Hooke en 1665, hace un poco más de 300 años. En 1837-39 Schleiden y Schwann enunciaron la **teoría celular**, según la cual la célula se define como la unidad vital y estructural de la vida. Esto ha sido confirmado mediante las técnicas de cultivo de tejidos. Se ha comprobado que células individuales aisladas de una planta son capaces de crecer, multiplicarse y producir organismos iguales a los parentales. El primero en lograrlo fue Steward, a fines de la década del 50, con células de floema de zanahoria.

La "célula vegetal típica" no existe, es una abstracción, pues cada célula real está diferenciada para cumplir una función determinada. Su tamaño oscila entre 0.2  $\mu\text{m}$  (bacterias), hasta 0.5 m en una fibra de ramio. El tamaño más frecuente está entre 10-100  $\mu\text{m}$  (1  $\mu\text{m}$  = 0,001mm). La forma es muy variable.

El cuerpo celular vivo de cualquier célula es el **protoplasto** que está rodeado por la **membrana plasmática**. El grado de organización interna permite reconocer dos tipos básicos de células: **procariotas** y **eucariotas**.

#### PROCARIÓTICAS (bacterias y algas verde-azuladas o cianobacterias)

Carecen de núcleo celular rodeado de envoltura nuclear. Los ribosomas y el único cromosoma circular que contiene el ADN, están adheridos a la membrana plasmática. La pared celular no tiene celulosa, está compuesta de polipéptidos y polisacáridos (Fig.7.1 y 7.2). No tienen orgánulos citoplasmáticos, algunas presentan membranas tilacoides en el citoplasma, pero sin delimitar compartimentos específicos (Fig.7.1).

Fig. 7.1. Cianobacteria

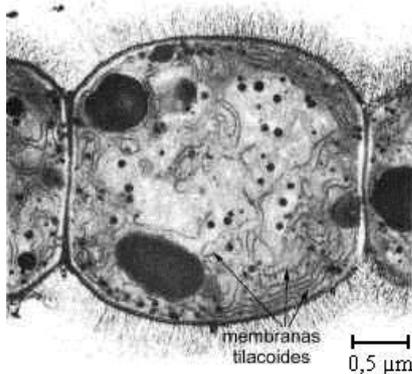
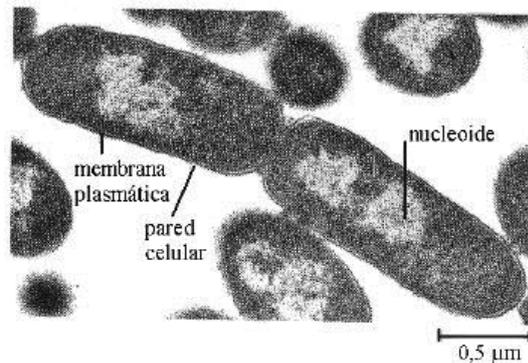


Imagen tomada de Raven *et al.* (1992)

Fig. 7.2. Bacteria

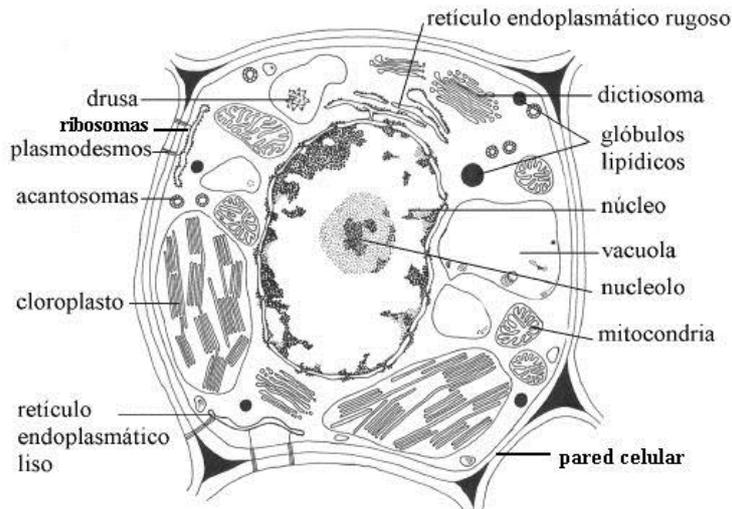


Imágenes tomadas de Raven *et al.* (1991)

#### EUCARIÓTICAS (todos los demás organismos vegetales y animales)

El protoplasma presenta compartimentos determinados por sistemas de membranas: el retículo endoplasmático y la envoltura nuclear o carioteca, que separa dos regiones: citoplasma y núcleo, donde se encuentra el ADN en los cromosomas. El citoplasma de la mayoría de las células eucarióticas presenta orgánulos limitados por biomembranas en los que se desarrollan funciones diferentes (mitocondrias, dictiosomas, plástidos). Estas membranas permiten la división de trabajo a nivel subcelular y la operación secuencial de distintos procesos celulares (Fig. 7.3).

Fig. 7.3, Célula eucariótica vegetal.



En las células eucarióticas hay ribosomas adheridos al RE y durante la interfase, en el núcleo los cromosomas lineares están unidos a la envoltura nuclear. Algunas células eucarióticas (por ejemplo los protozoos *Giardia* y *Vairimorpha*), carecen de orgánulos celulares como plastidios, mitocondrias, dictiosomas y peroxisomas, es decir que presentan la condición eucariótica en su forma más simple: sólo tienen retículo endoplasmático y envoltura nuclear. Las células eucarióticas vegetales están provistas de una pared celular celulósica.

## BIOMEMBRANAS

El aspecto de la membrana plasmática y otras membranas celulares (tonoplasto, retículo endoplasmático, tilacoides, etc.) bajo el microscopio electrónico es muy similar en todos los organismos. Presentan dos capas oscuras que encierran una capa clara (en total 70-85 Å de espesor; 1 Å angstrom= 0,0001 µm). Esta estructura fue denominada "**unidad de membrana**".

En la actualidad el modelo más aceptado para explicar la estructura de las membranas es el llamado "**mosaico fluido**". Su base estructural es una capa bimolecular de fosfolípidos; las moléculas son lineares y se asocian débilmente por los lados, permitiendo que las moléculas se desplacen fácilmente en el plano. Además hay proteínas de distinto tipo, algunas de ellas enzimáticas, y además pequeñas cantidades de hidratos de carbono. Las proteínas pueden estar integradas: proteínas transmembrana o en túnel o estar laxamente asociadas: proteínas periféricas o extrínsecas (Fig. 7.4.)

Fig. 7.4. Porción de membrana plasmática

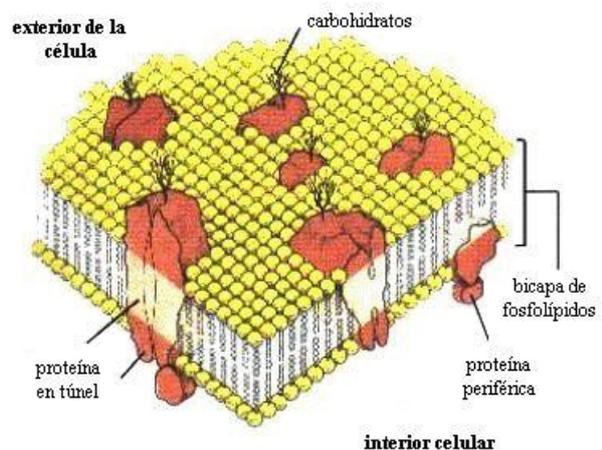
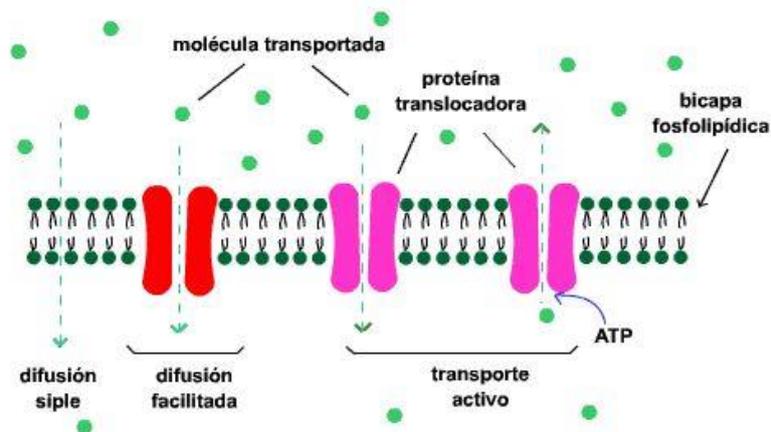


Imagen tomada de Raven *et al.* 1991

El paso de moléculas a través de la membrana plasmática puede ser por :

- **difusión simple**, a favor de un gradiente de concentración.
- **difusión facilitada por proteínas translocadoras**.
- **transporte activo**, con gasto de energía, también a través de proteínas translocadoras (carriers o permeasas); en este grupo están las enzimas ATPasas llamadas bombas moleculares: bombas de protones en vacuolas, cloroplastos, mitocondrias (Fig. 7.5).

Fig. 7.5, Corte de membrana plasmática.



En consecuencia, las biomembranas son selectivamente permeables: a través de ellas pueden pasar moléculas disueltas sólo cuando están presentes sus translocadores específicos, proteínas que reconocen las moléculas y pueden llevarlas a través de la membrana. Los diferentes tipos de membranas presentan conjuntos característicos de glucoproteínas que les confieren su especificidad para el transporte, el reconocimiento y actividades enzimáticas. Otra propiedad de las biomembranas es que no surgen "de novo", sino que proceden de otras existentes, que crecen incorporando moléculas de lípidos y proteínas sintetizadas principalmente en el retículo endoplasmático.

## Tema 7.2: Pared celular

### PARED CELULAR

Es un componente típico de las células eucarióticas vegetales y fúngicas. Entre las Embriófitas, las únicas células que no la tienen son los gametos masculinos y a veces los gametos femeninos. En las células vivas las paredes tienen un papel importante en actividades como absorción, transpiración, traslocación, secreción y reacciones de reconocimiento, como en los casos de germinación de tubos polínicos y defensa contra bacterias u otros patógenos. Son persistentes y se preservan bien, por lo cual se pueden estudiar fácilmente en plantas secas y también en los fósiles.

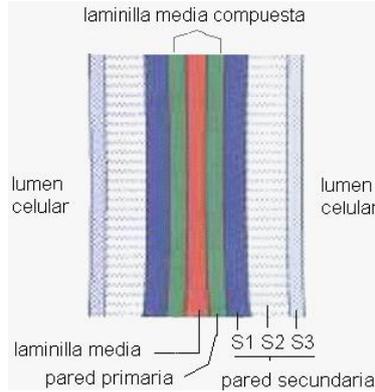
Inclusive en células muertas son funcionales las paredes celulares: en los árboles, la mayor parte de la madera y la corteza está formada sólo de paredes celulares, ya que el protoplasto muere y degenera.

En la corteza las paredes celulares contienen materiales que protegen las células subyacentes de la desecación. En la madera las paredes celulares son gruesas y rígidas y sirven como soporte mecánico de los órganos vegetales.

### CAPAS DE LA PARED CELULAR

La pared celular tiene tres partes fundamentales: 1) la sustancia intercelular o **lámina media**, 2) la **pared primaria** y 3) la **pared secundaria** (Fig. 7.6). La pared es secretada por la célula viva, de manera que la capa más vieja está hacia afuera, y la capa más joven hacia adentro junto al protoplasma, demarcando el lumen o cavidad celular.

Fig. 7.6. Capas de la pared celular en dos células contiguas



En tejidos leñosos generalmente la laminilla media está lignificada. En los tejidos adultos la laminilla media es difícil de identificar porque se vuelve extremadamente tenue. En consecuencia, las paredes primarias de dos células contiguas y la laminilla media que se halla entre ambas con microscopio óptico se observan como una unidad que se denomina lámina media compuesta (Fig. 7.6).

### Pared primaria

Se forma inmediatamente después de la división celular, antes de que la célula complete su crecimiento. Está asociada a protoplastos vivos, por lo tanto los cambios que experimenta son reversibles. Usualmente es delgada, (Fig. 7.7) pero puede alcanzar considerable grosor. Cuando las paredes son gruesas pueden mostrar una clara laminación debida a las variaciones en la composición de los sucesivos incrementos

Fig. 7.7. Célula vegetal con pared primaria y granos de almidón

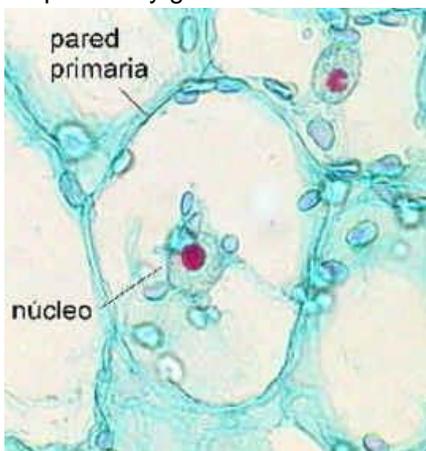
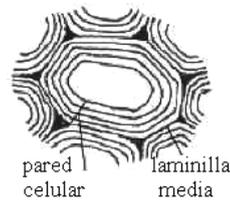
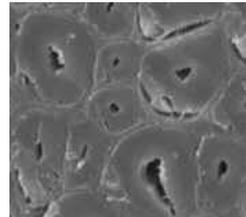


Fig. 7.8, a. Fibras en transcorte



7.8, b. Fibras en transcorte de *Turnera* (Foto MEB)



### Pared secundaria

Sigue a la pared primaria en orden de aparición. Es fuertemente refringente al microscopio debido a la alta proporción de celulosa. La pared secundaria de traqueidas y fibras (Fig. 7.8) generalmente consta de tres capas con características físicas y químicas diferentes, que se denominan de afuera hacia adentro S1 (capa externa), S2 (capa medial o central) y S3 (capa interna). Algunos consideran que la última capa puede ser considerada como una pared terciaria, que presenta internamente una capa verrucosa, los restos de protoplasto (Fig. 7.6). En algunas células el depósito de pared no es uniforme, sino que los engrosamientos ocurren en zonas determinadas. En la pared primaria, por ejemplo en células del colénquima y en los pedúnculos de cistolitos. En la pared secundaria constituyen prominencias situadas por dentro o fuera de la célula: anillos de los elementos traqueales, apéndices y escultura de las esporas y granos de polen.

## Tema 7.3: Subestructura de la pared

### PARED CELULAR, ESTRUCTURA SUBMICROSCÓPICA

La estructura de la pared ha sido intensamente estudiada por su importancia para la industria del papel y la industria textil.

La pared está constituida por dos fases:

- fase fibrilar o esqueleto, y
- fase amorfa o matriz.

■ **Fase fibrilar.** Formada por celulosa, polisacárido cuyas moléculas son cadenas lineales de glucosa (unidas por enlaces  $\beta$  1-4) que pueden alcanzar 4  $\mu\text{m}$  de longitud.

Fig. 7.9. Composición de la pared celular

Éstas se combinan en una disposición muy ordenada (mediante puentes de hidrógeno) que le otorga propiedades cristalinas, formando fibrillas elementales que se reúnen en microfibrillas visibles con microscopio electrónico (Fig. 7.9).

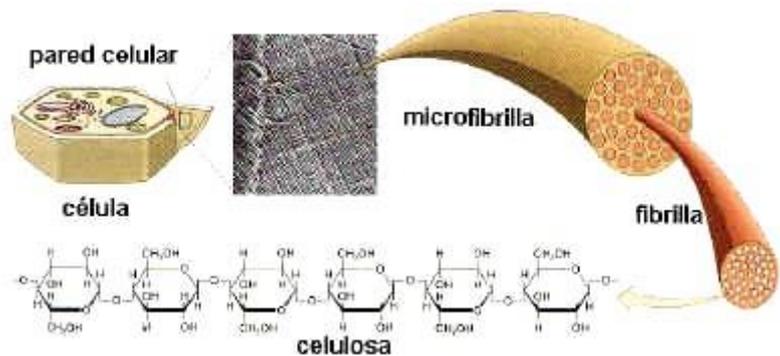


Imagen tomada de Moore *et al.* 1995

Los diseños formados por las microfibrillas son muy variables. En la pared primaria las fibrillas están entrelazadas, dispuestas aparentemente al azar (Fig. 7.10a); en la pared secundaria están dispuestas paralelamente (Fig. 7.10b).

Fig 7.10 a. Pared primaria (foto MEB)

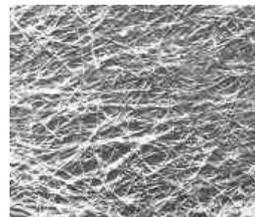


Imagen tomada de Fahn. 1978

Fig. 7.10 b. Pared secundaria (foto MEB)

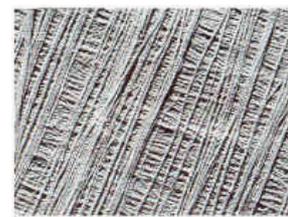


Imagen tomada de Berg. 1997

Fig. 7.11. Diagrama de las capas de la pared celular de una fibra de algodón

La separación de la pared secundaria en capas resulta principalmente de la orientación de las fibrillas: en una casi horizontal, en la siguiente casi vertical, y en la tercera nuevamente casi horizontal. En las fibras de algodón la mayor parte de la pared secundaria consiste de microfibrillas dispuestas helicoidalmente en un ángulo de 45 grados con respecto al eje mayor de la célula (Fig. 7.11). En las fibras de lino, la orientación de las microfibrillas en cada una de las numerosas capas superpuestas es opuesta a la de la capa siguiente.

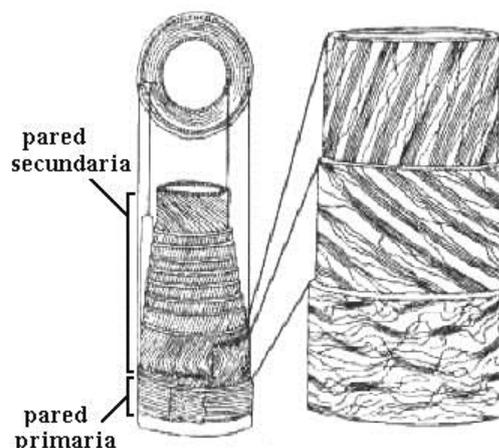


Imagen de Esau 1972

**Fase amorfa.** Formada por hemicelulosas, polisacáridos no celulósicos [xilana, glucana, galactana, manana, fructana], compuestos pécticos y glucoproteínas. Puede lignificarse. Las hemicelulosas revisten las fibrillas de celulosa y cristalizan con ella, uniéndolas. Los mucílagos de la pared celular (por ejemplo del episperma de *Linum*) son especialmente ricos en polisacáridos no celulósicos. Los compuestos pécticos están formados por moléculas de ácido péctico unidas entre sí mediante puentes de  $\text{Ca}^{++}$ . Las proteínas de la pared son ricas en los aminoácidos serina e hidroxiprolina, y están ligadas con azúcares como arabinosa, glucosa y galactosa. Se cree que dichas glucoproteínas actúan como elementos estructurales, porque forman cadenas que pueden ligar entre sí otros componentes. (Fig. 7.12).

Hay una gran semejanza en la secuencia de aminoácidos de la glucoproteínas ricas en hidroxiprolina y la del colágeno, la proteína estructural más importante de la sustancia intercelular en células animales. En la pared primaria es dominante la matriz amorfa, formada por hemicelulosas y polisacáridos no celulósicos. La fase fibrilar está reducida al 8-25%. En la pared secundaria domina la fase fibrilar (celulosa, 60%) y la matriz amorfa está formada por hemicelulosas y lignina (30%), los compuestos pécticos y las proteínas prácticamente desaparecen.

Fig. 7.12. Componentes de la pared celular

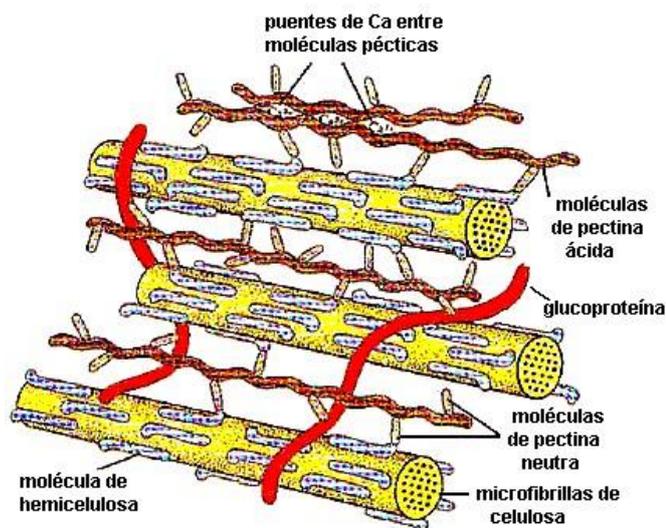


Imagen tomada de Raven et al. 1991

## CRECIMIENTO DE LA PARED CELULAR

### Crecimiento en espesor

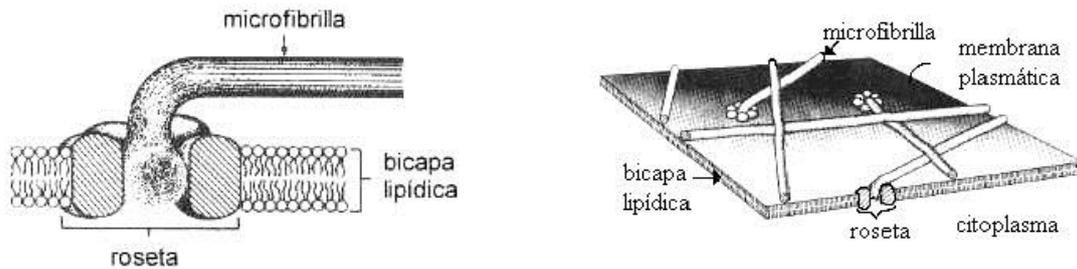
Los materiales de la fase amorfa (sustancias pécticas, hemicelulosas y proteínas) son transportados por orgánulos celulares denominados dictiosomas.

La celulosa es producida por complejos de enzimas sintetizadoras: celulosa-sintasas incluidas en la membrana plasmática en forma de rosetas. Las rosetas de enzimas se extienden de un lado al otro de la membrana plasmática, reciben las moléculas de glucosa sobre el lado citoplasmático de la membrana, y las unen formando las moléculas de celulosa que se depositan sobre el lado externo.

A causa de que las celulosa-sintasas están reunidas en una roseta, las moléculas de celulosa formadas quedan automáticamente alineadas y cristalizan inmediatamente formando microfibrillas. A medida que las microfibrillas crecen, las rosetas se desplazan en el plasmalema, gracias a su estructura en mosaico fluido. Las microfibrillas se depositan al azar, y quedan entrelazadas (Fig. 7.13).

Cuando se deposita la pared secundaria, las rosetas se agregan en grupos más o menos hexagonales, que tienen hasta 16 filas de rosetas dispuestas geoméricamente. El grupo se mueve en la membrana plasmática como una unidad, depositando filas paralelas de microfibrillas.

Fig. 7.13, Diagramas de porciones de membrana plasmática en corte y en vista superficial.



Imágenes de Mauseth. (1988)

La orientación de las fibrillas de celulosa está controlada por los microtúbulos, y su desplazamiento podría ser guiado por ellos. Numerosos estudios han mostrado que los microtúbulos y las microfibrillas están alineados.

La fase fibrilar se deposita únicamente por **aposition** (=adcrustación), es decir por deposición de nuevo material sobre el anterior. La fase amorfa se deposita por **intususcepción** (=incrustación), es decir por intercalación de moléculas en la estructura existente; así se depositan la lignina, la cutina y los taninos.

### Crecimiento en extensión

En células que crecen más o menos uniformemente en todas las direcciones (células isodiamétricas) las microfibrillas se depositan formando una red irregular. La pared aparece como una sucesión de redes de microfibrillas, interpretación llamada "teoría de la red múltiple o multinet".

En células alargadas las microfibrillas se depositan en las paredes laterales perpendicularmente al eje de crecimiento de la célula.

A medida que la célula crece, las microfibrillas muestran cambios en su orientación: de una orientación casi horizontal pasan a otra casi vertical cuando terminó el alargamiento. Al mismo tiempo se van depositando por dentro otras capas de microfibrillas con diferente orientación (Fig. 7.14).

Para que las células puedan aumentar de tamaño se requiere un aflojamiento de la estructura que es producido por una proteína enzimática llamada extensina. Esta descompone los polisacáridos de la matriz amorfa permitiendo los cambios de posición de las microfibrillas. La actividad de la extensina está regulada por hormonas llamadas auxinas

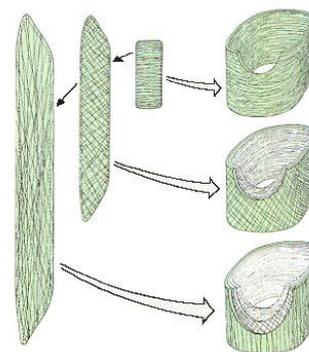


Fig. 7.14. Diagrama de capas sucesivas de microfibrillas y su cambio de orientación con el alargamiento celular.

Imagen tomada de Rost *et al.* (1979)

## Tema 7.4: Comunicaciones intercelulares

Los protoplastos de las células vegetales al estar rodeados de pared celular tendrían dificultad para intercambiar material y para funcionar armónicamente, si no fuera por la existencia de comunicaciones intercelulares:

- plasmodesmos, campo primario de puntuación
- puntuaciones
  - simples
  - ramificadas
  - areoladas: sin toro y con toro.
- perforaciones.

### Plasmodesmos

Son conexiones citoplasmáticas que atraviesan la pared celular entre células contiguas. Al hallarse unidos entre sí los protoplastos de las células vivas por medio de **plasmodesmos**, constituyen un **simplasto** único. El movimiento de sustancias a través de los plasmodesmos se denomina **transporte simplástico**. Las paredes celulares, los lúmenes de las células muertas y los espacios intercelulares que rodean al simplasto formando también un continuo, se contraponen bajo el nombre de **apoplasto**; el movimiento de sustancias en él se conoce como **transporte apoplástico**.

Si se observa un plasmodesmo en sección transversal con MET (microscopio electrónico de transmisión), se ve una doble membrana: la externa es la membrana plasmática, rodeada por una delgada capa de calosa, la interna corresponde al desmotúbulo, que es un túbulo del retículo endoplasmático, entre ambas hay una manga citoplasmática. Los componentes de la cara interna de la biomembrana que forma el desmotúbulo se fusionan entre sí, de manera que el desmotúbulo no tiene lumen. El transporte entre célula y célula está limitado a la "manga citoplasmática" que rodea al desmotúbulo (Fig. 7.15 y 7.16).

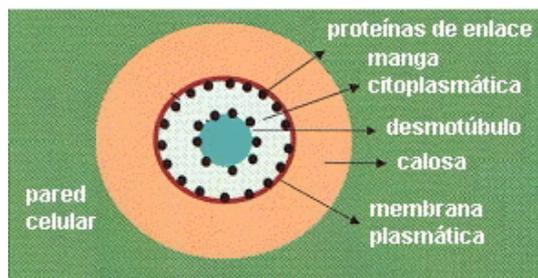


Fig. 7.15, Diagrama de plasmodesmo en transcorste

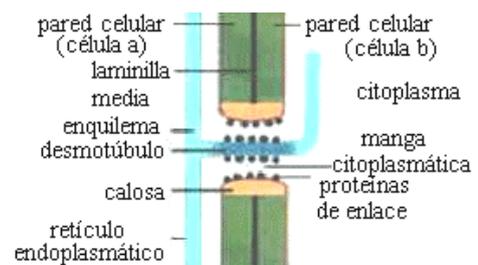


Fig.7.16, Diagrama de plasmodesmo entre dos células

Estudios con microscopía electrónica de alta resolución han demostrado que hay proteínas globulares de enlace ("linking proteins") incrustadas en la membrana plasmática que rodea al plasmodesmo, y en la cara externa del desmotúbulo. Estas proteínas dividen la manga citoplasmática en microcanales que determinan el tamaño máximo de las moléculas que pueden desplazarse por difusión al mismo tiempo que establecen el tráfico selectivo de macromoléculas, que parece ocurrir por un proceso análogo al transporte núcleo-citoplasmático.

Los **plasmodesmos** primarios se forman durante la citocinesis al mismo tiempo que la pared celular. En casos especiales como los injertos, tejidos cicatriciales, interfase parásito-huésped, se forman plasmodesmos secundarios en lugares donde antes no existían o por modificación de plasmodesmos primarios. No se forman en paredes que al otro lado no tienen células vivas.

Cuando una célula muere engruesa rápidamente la cubierta de calosa en la célula vecina y se oblitera el plasmodesmo. Ocasionalmente los plasmodesmos se ramifican a uno o ambos lados de la laminilla media; en ese caso se forma una cavidad.

Raramente se presentan esparcidos en las paredes primarias, a veces en las que son bastante gruesas, como en las células del endosperma de ciertas semillas como las de *Diospyros*.

Comúnmente están agrupados en zonas adelgazadas, deprimidas de las paredes primarias, constituyendo un **campo primario de puntuación** o puntuación primordial. En el límite del campo primario de puntuación, las microfibrillas se disponen paralelamente, formando un círculo u óvalo (Fig. 7.17).

Los campos primarios de puntuaciones o de punteaduras, también llamadas puntuaciones primordiales, pueden ser tan abundantes que la pared primaria en corte presenta aspecto arrosariado (Fig. 7.18). Sucede especialmente cuando las células adyacentes cooperan estrechamente, como las células del mesófilo y la vaina. En células fisiológicamente aisladas (estomas) el número de plasmodesmos es bajo.

Fig. 7.17, Campo primario de puntuación en vista superficial (foto MEB, microscopio electrónico de barrido)

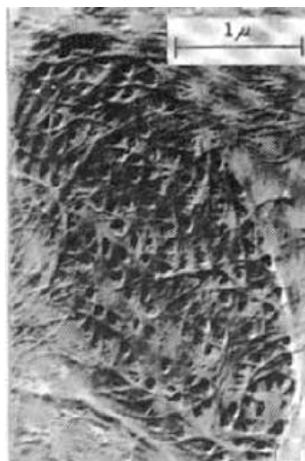


Imagen tomada de Esau

Fig. 7.18, Diagrama de célula en transcorte

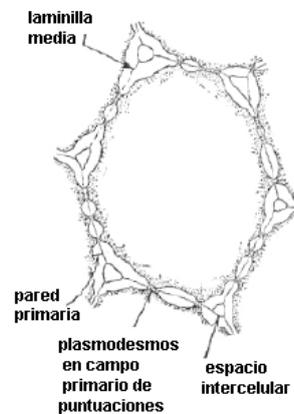


Imagen tomada de Esau

## Puntuaciones (punteaduras o alvéolos)

Las puntuaciones son discontinuidades en la deposición de la pared secundaria a nivel de un campo primario de puntuación, aunque también pueden diferenciarse en zonas donde no había campos primarios. Se distinguen dos tipos principales de puntuaciones:

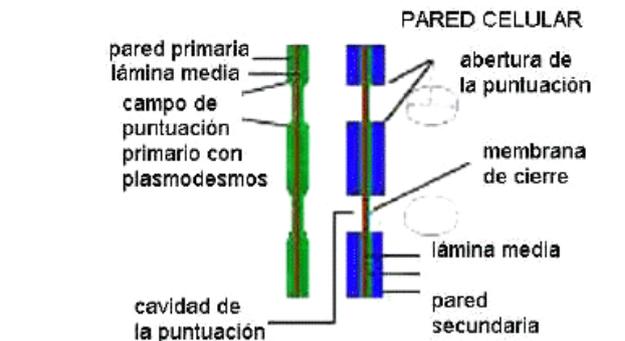
### **Puntuación simple**

La pared secundaria se interrumpe abruptamente. Se presenta en células parenquimáticas, fibras y esclereidas (Fig. 7.19).

**Partes:** la membrana de cierre o membrana alveolar formada por la laminilla media y pared primaria adelgazada; la cavidad de la puntuación formada por la discontinuidad en la deposición de la pared secundaria, a veces tapizada por una capa verrucosa.

Si la pared secundaria es muy gruesa, la cavidad forma el canal de la puntuación, que va desde el lumen hasta la membrana de cierre. Como el tamaño del lumen se va reduciendo con el incremento en grosor de la pared, pueden fusionarse los canales de dos o más puntuaciones vecinas constituyendo entonces las llamadas **puntuaciones ramificadas** (Fig. 7.20).

Fig. 7.19, Diagrama de campo primario (izq.) y puntuación simple (der.)



Braquiesclereidas en *Pyrus communis*, pera

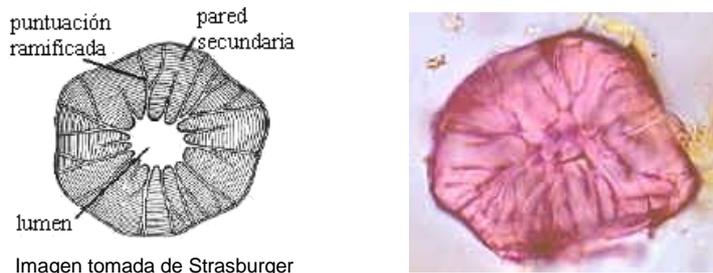
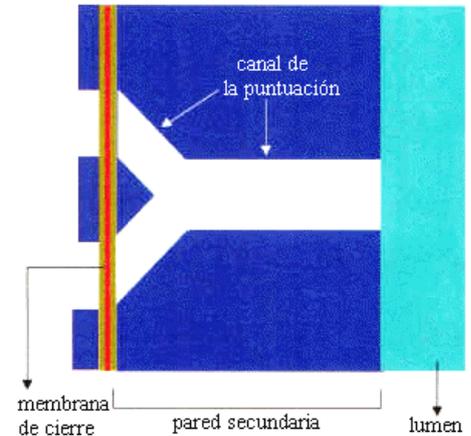


Imagen tomada de Strasburger

Fig. 7.20, Diagrama de puntuación ramificada



### ■ Puntuaciones areoladas o rebordeadas

Son aquellas en las que la pared secundaria, al depositarse, hace un reborde o **aréola** formando la **cámara de la puntuación** que se abre al lumen celular a través de la abertura de la puntuación. La forma de la última puede concordar o no con el contorno de la aréola. Son de estructura más compleja y más variada que las simples. Se presentan principalmente en fibrotraqueidas y elementos conductores del xilema (Fig. 7.21).

Cuando la pared secundaria es muy gruesa, se puede diferenciar además de la cámara, el **canal de la puntuación**, con la abertura interna hacia el lumen de la célula, y la **abertura externa** hacia la cámara de la puntuación.

El canal puede tener forma de embudo aplanado, y entonces las aberturas interna y externa difieren: la interna es lenticular o lineal y la externa es pequeña y circular. En un par de puntuaciones, las aberturas internas están frecuentemente dispuestas en cruz, en relación con la disposición inclinada de las fibrillas de celulosa en la pared secundaria (Fig. 7.22).

Fig. 7.21, Esquema tridimensional de puntuación areolada Fig. 7.22, Diagrama de puntuación areolada

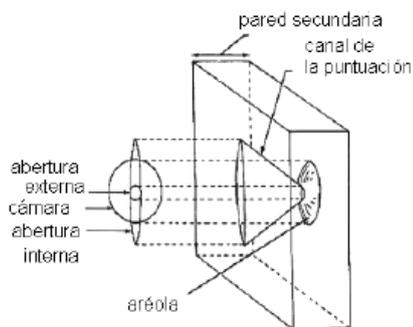
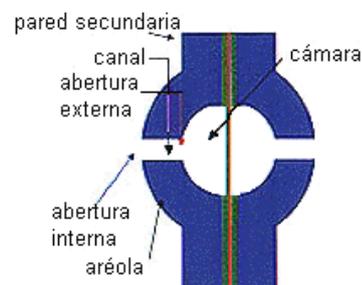


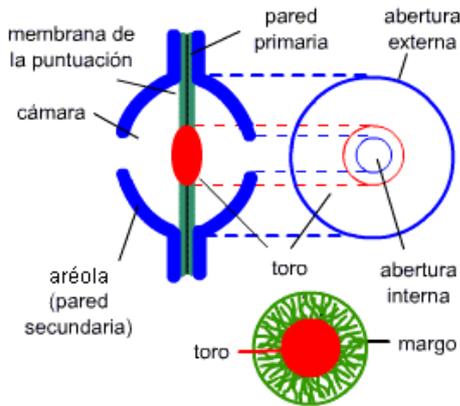
Imagen tomada de Esau



En las coníferas (gimnospermas) y algunas angiospermas (Oleaceae, Ulmaceae, Thymeleaceae) las puntuaciones areoladas presentan **toro**, un engrosamiento central secundario lignificado. La zona periférica llamada **margo** está formada sólo por las fibrillas dispuestas radialmente, ya que la matriz y la laminilla media han desaparecido por acción enzimática. (Fig. 7.23). En las

angiospermas la membrana de cierre no presenta aberturas visibles al microscopio, y ofrece así una resistencia mayor al transporte del agua.

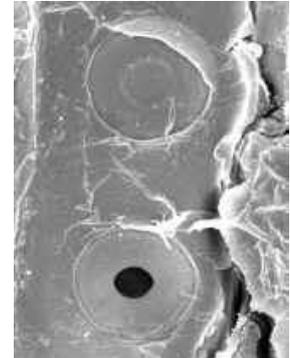
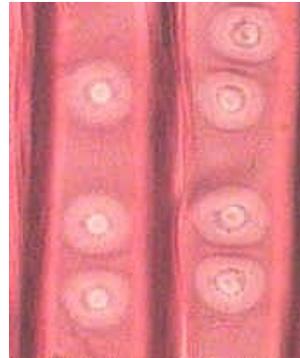
Fig. 7.23, Puntuaciones areoladas con toro en corte y vista superficial



**Leño de pino:** puntuaciones areoladas con toro en vista superficial

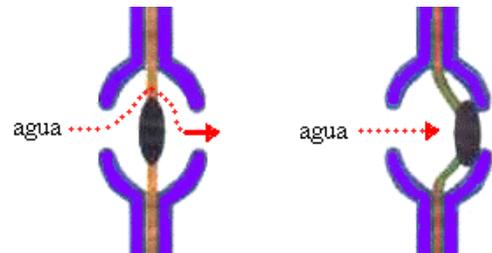
foto: microscopía óptica

foto: MEB



En los elementos conductores, el paso del agua de una célula a otra se realiza a través de la puntuación interviniendo el toro en la regulación de dicho mecanismo. Cuando el toro está en posición media, el agua pasa libremente a través del margo; cuando el toro se halla adosado a una de las aberturas de la puntuación, actúa como obturador impidiendo el paso del líquido (Fig. 7.24).

Fig. 7.24, Puntuación areolada funcional (izq.) y aspirada (der.)



En algunas plantas hay excrescencias muy elaboradas sobre la cara interna de la aréola, y en este caso se habla de puntuación vestida u ornamentada (Fig. 7.25). La superficie interna está cubierta de verrugas o protuberancias ramificadas. Son difíciles de distinguir con microscopio óptico, pero con MEB han sido encontradas en unas 30 familias, entre las que figuran Leguminosas, Mirtáceas, Crucíferas, Litráceas. El incremento de superficie causado por las ornamentaciones mejora la adhesión del agua a las paredes de los vasos, y previene la cavitación (formación de burbujas de aire o embolismos, catastróficos porque interrumpen el flujo de la columna de agua). Las puntuaciones vestidas son comunes en plantas que viven en áreas secas.

Fig. 7.25, Puntuaciones vestidas

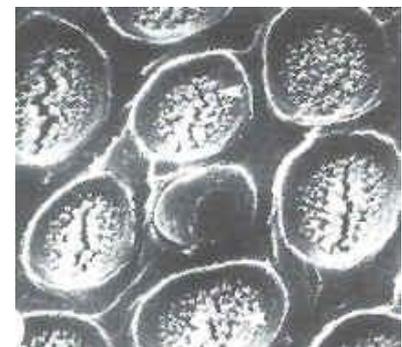
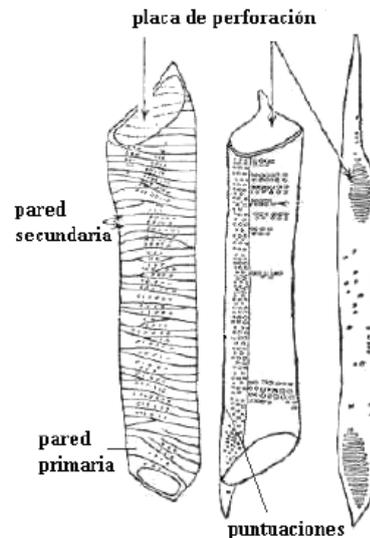


Imagen tomada de Cassens.

Generalmente las puntuaciones en las paredes de células adyacentes se corresponden en posición, es decir que se trata de dos puntuaciones enfrentadas que constituyen un par de puntuaciones. En este caso la membrana de cierre está constituida por la laminilla media compuesta. Si ambas puntuaciones son simples, tenemos un par de puntuaciones simples; si son areoladas, tenemos un par de puntuaciones areoladas. Cuando una puntuación simple se enfrenta con una areolada, tenemos un par de puntuaciones semiareolado.

Fig. 7.26, Vasos del xilema con perforaciones



## Perforaciones

Es otro tipo de comunicación intercelular, en el que hay una interrupción de la pared primaria y laminilla media, además de la discontinuidad de pared secundaria.

Se presenta en células de los tejidos de conducción, en los vasos del xilema, donde constituyen las placas de perforación (Fig. 7.26).

## Tema7.5: Modificaciones de la Pared Celular

Las modificaciones de la pared no afectan la apariencia de las células sino las propiedades físicas y químicas de las paredes. Las sustancias adicionales se depositan por incrustación o por adcrustación.

### INCRUSTACIÓN (= intususcepción)

Es la intercalación de nuevas partículas entre las existentes en la pared.

La celulosa es resistente a la tensión pero no aguanta la compresión. Esto se soluciona en las células de sostén mediante la incrustación de la matriz o fase amorfa con sustancias que la endurecen, por ejemplo: lignina y compuestos minerales.

**Lignina.** Es uno de los componentes más importantes de la pared secundaria, y después de la celulosa, el polímero vegetal más abundante. La pared secundaria tiene 2/3 de celulosa y 1/3 de lignina. Aumenta la resistencia mecánica. Pueden lignificarse paredes secundarias, primarias y laminilla media. Es un polímero de cuerpos fenólicos (monolignoles) que son excitados por dictiosomas. Se entrelaza en una red tridimensional alrededor de las microfibrillas. Se reconocen 3 tipos: en monocotiledóneas (alcohol p-cumarílico), en árboles planifolios, dicotiledóneas (alcohol coniferílico y sinapílico) y en árboles aciculifolios, gimnospermas y pteridófitas (alcohol coniferílico). Además tiene distinta composición en células de diferentes partes de la planta. **Compuestos minerales.** Endurecen las paredes que pierden elasticidad y se vuelven frágiles. Los pelos de Cucurbitaceae y Borraginaceae tienen incrustaciones de Carbonato de Ca; la epidermis de gramíneas, ciperáceas y equisetáceas presentan silicatos.

### ADCRUSTACIÓN (= aposición)

Las sustancias adicionales se depositan por aposición o acumulación de material, sobre la pared celular, capa a capa, por fuera o por dentro.

**Calosa.** Es un hidrato de carbono, beta glucano de molécula helicoidal, que se sintetiza en la membrana plasmática, se deposita o destruye con mucha rapidez siempre que sea necesario aislar temporariamente una o más células. Se encuentra en los plasmodesmos, en las placas cribosas del floema, rodeando las células madres del polen, en los tubos polínicos, en las células heridas.

La calosa-sintasa es activada por el Calcio que penetra en la célula; posiblemente, el elevado nivel intracelular de iones  $Ca^{++}$  provoca una inversión del complejo de celulosa-sintasa en calosa-sintasa.

**Cutina.** Compuesto graso que se deposita sobre la pared externa de las células epidérmicas formando una capa llamada **cutícula**, delgada, continua e impermeable.

**Suberina.** Compuesto graso impermeable, un polímero insoluble, que se deposita por dentro de la pared primaria en finas laminillas que alternan con capas de cera. Se la encuentra en células de la peridermis que constituyen el súber o corcho. Los monómeros se forman en el retículo endoplasmático liso y son secretados por difusión (secreción écrina).

**Ceras.** Asociadas con suberina y cutina (Figs. 7.27 y 7.28). En muchas frutas como uva y ciruela, y hojas como las de repollo se observan depósitos de cera que forman una película gris clara. Consta de cristales de cera bacilares o tubuliformes. En *Copernicia cerifera* la cantidad de cera de la epidermis de las hojas es tal que se comercializa: las hojas se raspan para obtener la cera de Carnaúba.

Fig. 7.27. Epidermis de *Aloe* con ceras Fig. 7.28. Filamentos de cera sobre estoma de caña de azúcar

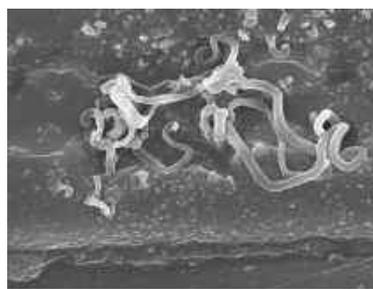
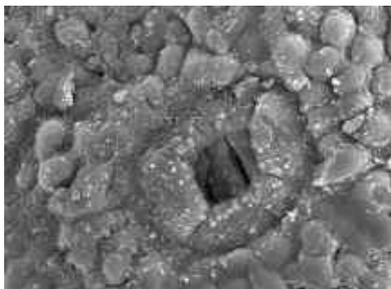
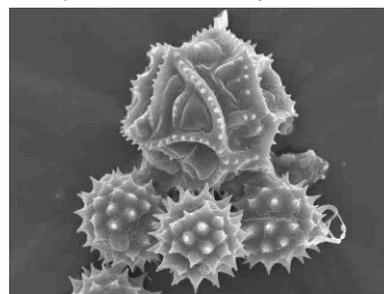


Fig. 7.29. Granos de polen corbicular (de las patas de las abejas melíferas)

**Esporopolenina.** Químicamente muy resistente, sólo degradable por oxidación, protege el contenido de esporas y granos de polen. Está constituida por terpenos, aparentemente originados por polimerización de pigmentos carotenoides o sus ésteres.



## Glosario

**ADN:** ácido desoxirribonucleico, portador de la información genética, capaz de autoduplicarse y de determinar la síntesis de ARN.

**Aminoácido:** compuesto orgánico nitrogenado, que constituye las unidades o ladrillos, que forman las moléculas de proteínas.

**Amorfa:** que no tiene forma determinada; también algo anómalo o irregular.

**Degeneración:** pérdida de la función de un órgano que, generalmente, va acompañado de su atrofia.

**Dictiosoma:** orgánulo de células eucarióticas formado por un grupo de vesículas aplanadas.

**Enquilema:** contenido del RE.

**Translocadores:** proteínas de membrana que pueden transportar a través de la misma determinadas moléculas.

**Excrecencia:** protuberancia, prominencia.

**Exocitar:** expulsar al exterior de la célula.

**Fosfolípido:** lípido fosforilado; de estructura similar a una grasa, pero tan sólo de dos ácidos grasos enlazados al radical glicerol, con el tercer espacio ocupado por una molécula que contiene fósforo; importante componente de las membranas celulares.

**Fúngica:** propio de los hongos o relativo a ellos; por ej. células fúngicas.

**Glucoproteína:** en ella hay tanto enlaces O-glucosídicos (sobre los aminoácidos serina, treonina o tirosina), como N-glucosídicos. Ej.: proteínas de membrana integradas y liberadas al exterior por la célula.

**Hemicelulosa:** polisacárido parecido a la celulosa, pero más soluble y menos ordenado; se encuentra sobre todo en las paredes celulares.

**Hormona:** sustancia química producida normalmente en pequeñas cantidades en una parte de la planta, desde donde es transportada a otro lugar en que actúa controlando un proceso de desarrollo específico.

**Lípido:** un grupo de las muchas moléculas orgánicas no polares que son insolubles en agua pero que se disuelven fácilmente en disolventes orgánicos no polares; los lípidos incluyen a las grasas, los aceites, los esteroides, los fosfolípidos y los carotenoides.

**Lumen:** la cavidad celular, limitada por las paredes.

**Membrana plasmática:** membrana que envuelve al protoplasto vivo de todas las células.

**MEB:** microscopio electrónico de barrido.

**Obliterar:** tapar; obstruir.

**Ópticamente inactivo:** es una característica de las sustancias isotrópicas, es decir sustancias que no poseen alto grado de orientación molecular, al ser atravesadas por luz polarizada presentan el mismo índice de refracción; por ej.: la laminilla media es una sustancia isotrópica.

**Parental:** cada uno de los progenitores, masculino y femenino, de un cruzamiento.

**Patógeno:** agente que causa una enfermedad.

**Polipéptido:** molécula compuesta por aminoácidos unidos entre sí por enlaces peptídicos, no tan compleja como una proteína.

**Polisacárido:** polímero compuesto por muchas unidades de monosacáridos unidas en una larga cadena, como el glucógeno, el almidón y la celulosa.

**Refringencia:** capacidad de los cuerpos transparentes para refractar la luz.

**Reversible:** que puede volver atrás.

**Secretar:** elaborar o despedir las células sustancias cualesquiera sin empleo ulterior en los procesos metabólicos del vegetal.

**Secuencial:** procesamiento en el que cada operación precede a otra y sigue a otra, sin que nunca dos de entre ellas sean simultáneas.

**Subcelular:** (del prefijo *sub*: bajo). Estructura inferior al nivel celular.

---

## Bibliografía

- Berg, L. R.** 1997. Introductory Botany, Plants, People and the environment. Saunders College Publishing.
- Cassens D.L.** 1980. Vestured pits in the New World. *Pithecellobium* (sensu lato). *IAWA bULL.* 1(1-2): 59-64.
- De Robertis (h.) E.M.F; J.Hib & R. Ponzio.** 1996. *Biología Celular y Molecular.* Ed. El Ateneo.
- Dyson, R.D.** 1977. *Principios de Biología Celular.* Fondo Educativo Interamericano, S.A.
- Esau, K.** 1972. *Anatomía vegetal.* Ed. Omega, S.A.
- Esau, K.** 1982. *Anatomía de las plantas con semilla.* Editorial Hemisferio Sur.
- Fahn, A.** 1978. *Anatomía Vegetal.* H. Blume Ediciones.
- Mauseth, J.D.** 1988. *Plant Anatomy.* The Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc.
- Mauseth, J.D.** 1991. *Botany. An Introduction to Plant Biology.* Saunders College Publishing.
- Moore, R.; W. Dennis Clark & K.R. Stern.** 1995. *Botany.* Wm. C. Brown Publishers.
- Nultsch, W.** 1966. *Botánica General.* Editorial Norma.
- Raven P.H.; Evert R.F. & S.E.Eichhorn.** 1991. *Biología de las Plantas,* 2 vols. Ed. Reverté, S.A.
- Raven P.H.; Evert R.F. & S.E.Eichhorn.** 1992. *Biology of Plants,* 5th ed. Worth Publishers.
- Rost, T. L., M.G. Barbour, R.M. Thornton, T.E. Weier & C.R. Stocking.** 1979. *Botany. A Brief Introduction To Plant Biology.* John Wiley & Sons.
- Sheeler, P. & D.E. Bianchi.** 1980. *Cell Biology: Structure, Biochemistry, and Function.* John Wiley & Sons.
- Strasburger E. y col.** 1994. *Tratado de Botánica,* 8ª ed. castellana. Ediciones Omega S.A.