



FISIOLOGIA VEGETAL

PARTE I

**Introducción a la Fisiología Vegetal Estructura y Función
Vegetal: Células, Tejidos y Órganos Relaciones Hídricas:
Absorción, Transporte y Pérdida de agua Transporte de
sustancias orgánicas**

Elaborado por: Fernando Pérez Leal

2017

INTRODUCCIÓN A LA FISIOLOGÍA VEGETAL

La fisiología vegetal es una disciplina que se refugia en el laboratorio para su estudio, manipula las condiciones de crecimiento del individuo y mide la respuesta de un determinado proceso.

De Wikiedia, la enciclopedia libre.- La fisiología vegetal estudia los fenómenos vitales que conciernen a las plantas. Estos fenómenos pueden referirse al metabolismo vegetal al desarrollo vegetal; al movimiento vegetal o a la reproducción vegetal. Los fenómenos relativos a la herencia constituyen un parte tan importante de la fisiología que ha llegado a formar una disciplina independiente, la genética; así como la ecofisiología, estudia los fenómenos fisiológicos fuera del laboratorio, en su medio ambiente natural, el cual está sujeto a cambios y alteraciones, como resultado de actualizar y sistematizar la información relacionados a los diversos aspectos.

La asignatura servirá para explicar y aplicar el fundamento básico, teórico y conceptual de las funciones y procesos vitales de los vegetales sobre organización, morfogénesis, crecimiento, desarrollo, regularización metabólica, nutricional, hormonal y ambiental, en la solución de problemas de crecimiento, desarrollo y producción de los vegetales. Una guía para establecer por medio del método científico las leyes que rigen su actividad mediante la observación, la experimentación y el examen científico de la información obtenida.

El nombre de Fisiología deriva del griego *physis* que significa *función* y *logos* que *significa ciencia*.

Sir Francis Bacon publicó uno de los primeros experimentos sobre fisiología vegetal en 1627, en el libro *Sylva Sylvarum*. Bacon cultivó varias especies terrestres, incluido un rosal en agua, y llegó a la conclusión de que se necesitaba el sustrato para mantener las plantas erguidas. Jan Baptist Van Helmont publicó lo que se considera el primer experimento cuantitativo en esta materia en 1648. Durante cinco años, cultivó un sauce en una maceta que contenía 90,718 Kg de sustrato desecado en un horno. Este sustrato perdió solamente 900 gramos de su peso y dedujo que las plantas obtienen todo su peso del agua, no del suelo. Lo que posteriormente se comprobaría que su deducción era errónea.

En 1699, John Woward publicó experimentos sobre el crecimiento de la menta verde en diferentes tipos de aguas y averiguó que crecía mucho mejor en agua con sustrato añadido en lugar de en agua destilada.

A Stephen Hales se le considera el padre de la fisiología vegetal debido a los muchos experimentos realizados y recogidos en su libro; si bien Julius von Sachs unificó las diferentes partes de la fisiología vegetal reuniéndolas como disciplina. Su *Lehrbuch der Botanik* fue como la biblia de esta materia en sus tiempos. Durante la década de 1800, los investigadores descubrieron que las plantas absorben los nutrientes minerales esenciales como iones inorgánicos del agua. En condiciones naturales, el suelo actúa como almacén de nutrientes minerales, pero este suelo, en sí mismo, no es esencial para su crecimiento. Cuando los minerales, del sustrato se disuelven en el agua las raíces de la planta los absorben rápidamente, el suelo ya no es necesario para que esta prospere. Esta observación es la base de la hidroponía, el crecimiento en una solución líquida en lugar de sustrato, lo que se ha convertido en una técnica estándar de investigación biológica, ejercicios educativos en laboratorios o producción de cultivos como pasatiempo.

La Fisiología Vegetal empezó a tomar cuerpo en 1800 cuando Frenchman J. Senebier editó su primera monografía en cinco volúmenes titulada "Plant Physiology", en la que incluyó no solo sus propios resultados experimentales, sino también los de otros científicos en este campo, tales como M. Malpighi, que describió el flujo de sustancias en la planta (1775); Stephen Hales, que propuso que el agua y las sales minerales se transportaban por el xilema, mientras que otras sustancias lo hacían por el floema (1727); J. Priestley, que sentó las bases para el descubrimiento de la fotosíntesis (1771), entre otros.

Según Ana Maria Ortuño Tomás, et al Evolución de la Fisiología Vegetal en los últimos 100 años. Departamento de Biología Vegetal (Fisiología Vegetal), Universidad de Murcia. Revista Eubacteria. Cien años de avances en ciencias de la vida. Nº 34. 2015. ISSN 1697-0071 74. En el siglo XX, en los últimos 100 años se ha producido un vertiginoso aumento en la investigación sobre diversos aspectos de la Fisiología Vegetal, gracias al desarrollo de diversas técnicas analíticas como la cromatografía de gases y la líquida, la espectrometría de masas, la resonancia magnético nuclear (RMN), la microscopía óptica y electrónica, los cultivos in vitro de plantas, órganos y células, y las técnicas moleculares. Todo ello ha permitido profundizar en el conocimiento de las diversas ramas de esta ciencia. Los conocimientos adquiridos en los últimos años han facilitado el desarrollo de nuevas estrategias para aumentar la producción y mejorar la calidad de los productos agrícolas.

Relación de la Fisiología Vegetal con otras ciencias. Ciencias básicas: Física, Biología Molecular, Biología Celular, Genética, Taxonomía, Filogenia, Ecología. La Física en la base de la Ciencia moderna y su reflejo en la Fisiología. El método científico y sus aplicaciones en: Agricultura, Floricultura, Horticultura, Fisiología post-cosecha, Producción de fármacos, Producción forestal, Acuicultura, Impacto ambiental.

Importancia de las plantas: El 95% de toda la biomasa terrestre es vegetal. La actividad biosintética de las plantas mantiene, además de a ellas mismas, a, esencialmente, todas las otras formas de vida sobre la Tierra. La especie humana depende de las plantas como fuente de alimentos y de materias primas para la industria. La mayor parte de los combustibles proceden de la actividad fotosintética (pasada y actual) de las plantas. El hombre descubrió que a través de la fotosíntesis vegetal se origina y renueva el oxígeno atmosférico del que dependen muchos organismos.

Esta obra tiene la finalidad de presentar de forma objetiva los principales tópicos de la fisiología vegetal, y el texto podrá ser utilizado por académicos de las siguientes áreas: Ciencias Agropecuaria, agroindustriales y ambientales, está dividida en cuatro partes teóricas fundamentales para el entendimiento del funcionamiento de las plantas, abordando en la primera parte temas como: estructura y función vegetal, relaciones hídricas, transporte de sustancias orgánicas.

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN VEGETAL: CÉLULAS, TEJIDOS Y ÓRGANOS

El reino vegetal puede considerarse como la cuna de toda la evolución posterior y la gran diversidad de especies que pueblan y han existido en otras eras. Sin los vegetales la vida sería imposible en la tierra, existe cientos de miles de especies que pueblan la tierra, desde una simple hierba, un frutal nativo a una majestuosa especie forestal como la lupuna amazónica peruana (*Chorisia insignis* HBK, Familia: Bombacaceae), (*Ceiba pentandra* (L) Gaertner).

El siglo XVII, con el descubrimiento del microscopio, marca el inicio del desarrollo de la anatomía y fisiología vegetal, íntimamente ligado al italiano Marcelo Malpighi (1628-1624).

Las células vegetales pueden distinguirse por la forma, espesor y constitución de la pared como también por el contenido. El ser humano utiliza la diversidad celular; consumimos los almidones y proteínas almacenados en sus tejidos de reserva, usamos los pelos de la semilla del algodón (*Gossipium hirsutum*) así como las fibras del tallo del lino (*Linum ussitisimum*) para vestirnos; aun cuando las células están muertas, como en el leño, lo utilizamos para construcciones y para hacer papel. Se destaca la fotosíntesis como fuente de energía y producción de oxígeno que respiramos. En las plantas las flores, semillas, hojas y tallos como alimento para los animales y humanos, también como materia prima para los vestidos, medicina, madera, además de protección del medio ambiente, entre otros beneficios.

Las células en las plantas al igual que cualquier ser vivo, crecen, y desarrollan distintas estructuras, e interactúan influenciadas por factores genéticos, nutricionales, hormonales y ambientales.

LA CÉLULA VEGETAL

La célula es la unidad anatómica y fisiológica componente fundamental de todo ser vivo animal o vegetal (Concepto clásico).

Concepto moderno: a) microscopia óptica, pequeños sacos o compartimientos rodeados de membranas y llenos de una solución acuosa, que contiene en su interior el núcleo y otros organoides, los cuales se encuentran suspendidos en una fase dispersante, líquida, más o menos viscosa que es el citoplasma; b) microscopia electrónica, saco que contienen en su interior un intrincado laberinto de membranas, formado por el retículo endoplasmático y el aparato de Golgi, más organoides de definida individualidad y estructura, como las mitocondrias, pastos, centríolos, etc., los cuales poseen un dinamismo propio dentro del trabajo armónico que cada célula realiza.

Todos los organismos vivos están compuestos por células. El inglés, Robert Hooke en 1665, realizó cortes finos de una muestra de corcho y observó usando un microscopio rudimentario unos pequeños compartimentos, que no eran más que las paredes celulares de esas células muertas y las llamó células (del latín *cellula*, que significa *habitación pequeña*); ya que éste tejido le recordaba las celdas pequeñas que habitaban los monjes de aquella época. No

fue sino hasta el siglo XIX, que dos científicos alemanes el botánico Matthias Jakob Schleiden y el zoólogo Theodor Schwann, enunciaron en 1839 la primera teoría celular: " Todas las plantas y animales están compuestos por grupos de células y éstas son la unidad básica de todos los organismos vivos". Esta teoría fue completada en 1855, por Rudolph Virchow, quien estableció que las células nuevas se formaban a partir de células preexistentes (omni cellula e cellula). En otras palabras las células no se pueden formar por generación espontánea a partir de materia inerte.

En la frontera de lo viviente, se han descubierto seres aún más pequeños: los virus, que crecen y se reproducen solamente cuando parasitan otra célula. Podemos afirmar que, no hay vida sin célula. Al igual que un edificio, las células son los bloques de construcción de un organismo. La célula es la unidad más pequeña de materia viva, capaz de llevar a cabo todas las actividades necesarias para el mantenimiento de la vida.

La teoría celular actualmente se puede resumir de la siguiente forma:

1. Todos los organismos vivos están formados por células y productos celulares.
2. Sólo se forman células nuevas a partir de células preexistentes.
3. La información genética que se necesita durante la vida de las células y la que se requiere para la producción de nuevas células se transmite de una generación a la siguiente.
4. Las reacciones químicas de un organismo, esto es su metabolismo, tienen lugar en las células.

CÉLULAS EUCARIOTICAS Y PROCARIÓTICAS

En el mundo viviente se encuentran básicamente dos tipos de células: las procarióticas y las eucarióticas. Las células procarióticas (del griego pro, antes de; karyon, núcleo) carecen de un núcleo bien definido. Todas las otras células del mundo animal y vegetal, contienen un núcleo rodeado por una doble membrana y se conocen como eucarióticas (del griego eu, verdadero y karyon, núcleo). En las células eucarióticas, el material genético ADN, está incluido en un núcleo distinto, rodeado por una membrana nuclear. Estas células presentan también varios organelos limitados por membranas que dividen el citoplasma celular en varios compartimientos, como son los cloroplastos, las mitocondrias, el retículo endoplasmático, el aparato de Golgi, vacuolas, etc.

CÉLULAS PROCARIÓTICAS

Los organismos procariotes son unicelulares y pertenecen al grupo de las Moneras, que incluyen las bacterias y cianobacterias (algas verde-azules). El ADN de las células procarióticas está confinado a una o más regiones nucleares, que se denominan nucleoides, que se encuentran rodeados por citoplasma, pero carecen de membrana. En las bacterias, el nucleoide está formado por un pedazo de ADN circular de aproximadamente 1mm de largo,

torcido en espiral, que constituye el material genético esencial. Las células procarióticas son las más primitivas de la tierra, hicieron su aparición en los océanos hace aproximadamente 3,5 millones de años; mientras que las células eucarióticas fósiles tienen menos de un millar de años.

Las células procarióticas son relativamente pequeñas, nunca tienen más de algunas micras de largo y no más de una micra de grosor. Las algas verde-azules son generalmente más grandes que las células bacterianas. Así mismo, todas las algas verde-azules realizan la fotosíntesis con la clorofila a, que no se encuentra en las bacterias, y mediante vías metabólicas comunes a las plantas y algas, pero no a las bacterias.

Un gran número de células procarióticas, están rodeadas por paredes celulares, que carecen de celulosa, lo que las hace diferentes de las paredes celulares de las plantas superiores.

En la parte interna de la pared celular, se encuentra la membrana plasmática o plasmalemma, la cual puede ser lisa o puede tener invaginaciones, llamados mesosomas, donde se llevan a cabo las reacciones de transformación de energía (fotosíntesis y respiración). En el citoplasma, se encuentran cuerpos pequeños, esféricos, los ribosomas, donde se realiza la síntesis de proteínas. Así mismo, el citoplasma de las células procarióticas más complejas puede contener también vacuolas (estructuras en forma de saco), vesículas (pequeñas vacuolas) y depósitos de reserva de azúcares complejos o materiales inorgánicos. En algunas algas verde-azules las vacuolas están llenas con nitrógeno gaseoso.

Muchas bacterias son capaces de moverse rápidamente gracias a la presencia de flagelos.

CÉLULAS EUCARIOTICAS: CÉLULAS VEGETALES Y ANIMALES

Tanto las células de las plantas como las de los animales son eucarióticas, sin embargo presentan algunas diferencias:

1. Las células vegetales presentan una pared celular celulósica, rígida que evita cambios de forma y posición. Y los animales no poseen pared celular.
2. Las células vegetales contienen plastidios, estructuras rodeadas por membrana, que sintetizan y almacenan alimentos. Los más comunes son los cloroplastos. Las células animales carecen de cloroplasto.
3. Casi todas las células vegetales poseen vacuolas, que tienen la función de transportar y almacenar nutrientes, agua y productos de desecho. También los hay en las células animales.
4. Las células vegetales complejas, carecen de ciertos organelos, como los centriolos y los lisosomas que poseen las células animales.

Las plantas son organismos multicelulares formados por millones de células con funciones especializadas. Sin embargo, todas las células poseen una

organización común: tienen un núcleo, un citoplasma y organelos subcelulares; los cuales se encuentran rodeados por una membrana que establece sus límites. Así como una pared celular que rodea el protoplasto (núcleo + citoplasma con sus inclusiones).

LAS CÉLULAS VEGETALES

Una serie de características diferencian a las células vegetales:

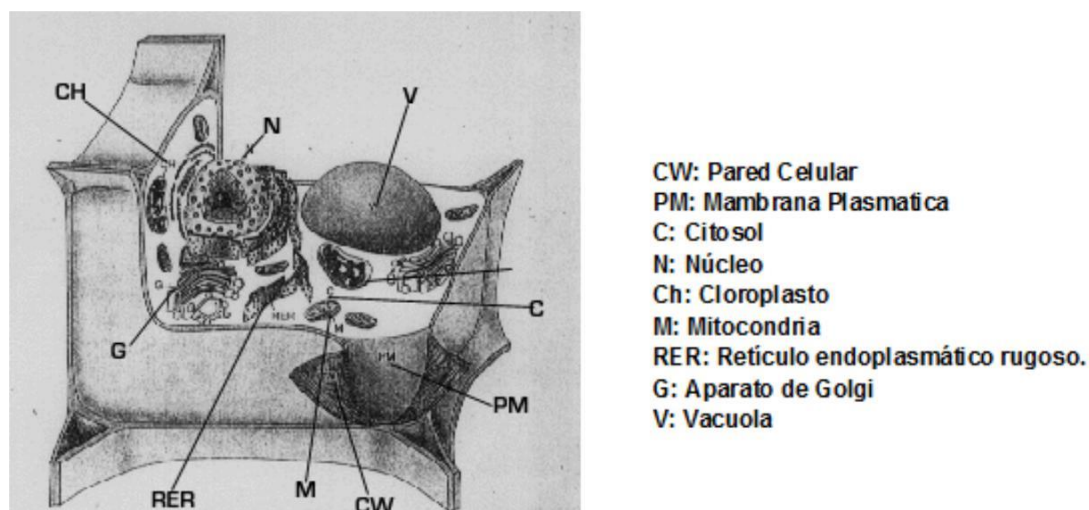


Figura 1.- tomada de Northington & Schneider (1996).

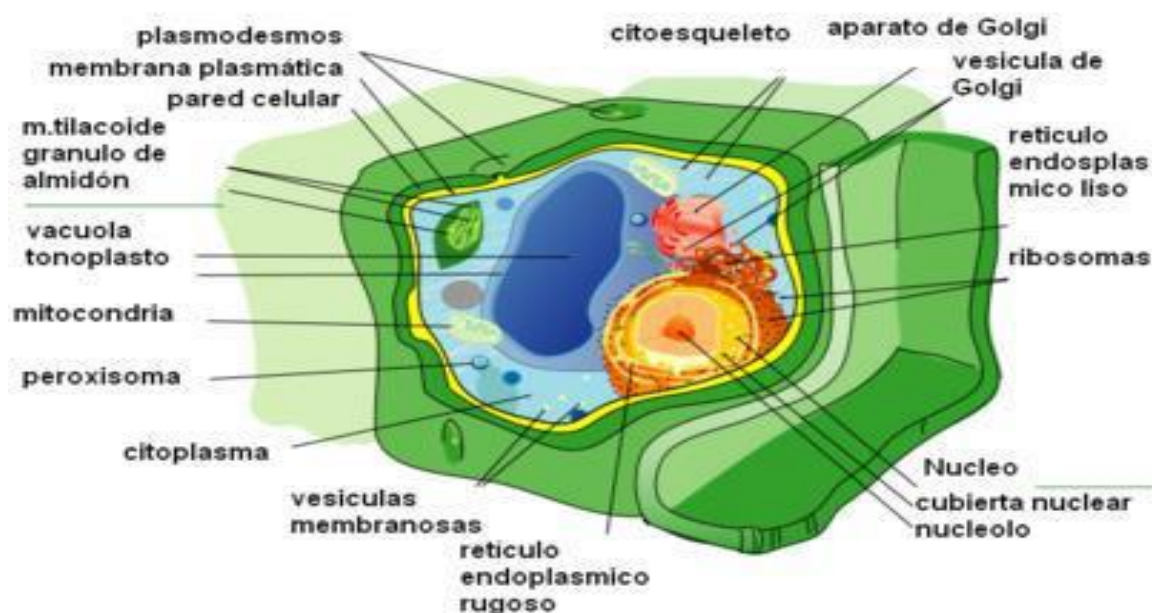


Figura 2.- Célula vegetal y sus partes

Membrana Plasmática.- La membrana celular o plasmática o plasmalemma es una estructura laminar que engloba a las células, define sus límites y contribuye a mantener el equilibrio entre el interior y el exterior de éstas. La principal característica de esta barrera es su permeabilidad selectiva, lo que le permite seleccionar las moléculas que deben entrar y salir de la célula. De esta forma se mantiene estable el medio intracelular.

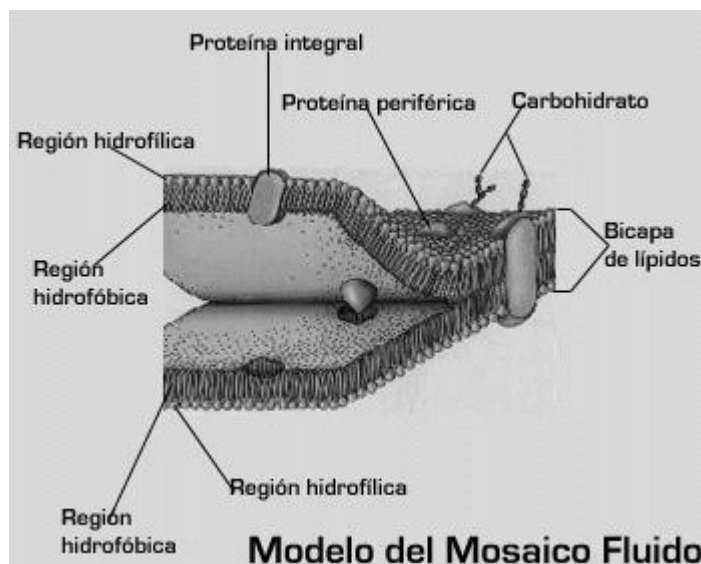


Figura 3.- tomada de Northington & Schneider (1996)

La membrana plasmática de las células vegetales consiste de proteínas inmersas en una bicapa de lípidos.

La membrana plasmática, tanto de las células procarióticas como eucarióticas, son básicamente similares. En ambos casos, regula el flujo de sustancias disueltas hacia adentro y hacia afuera de la célula. La ósmosis, que funciona debido a que el agua pasa a través de las membranas más rápido que los solutos, regula el flujo de agua.

Las membranas plasmáticas tienen aproximadamente 50% de fosfolípidos y 50% de proteínas. La estructura en tres capas de las membranas celulares, consiste de una doble capa de fosfolípidos, con los grupos hidrófobos (no afines al agua) mirando hacia el centro y los grupos hidrofílicos (afines al agua) orientados hacia las partes externas de la bicapa lipídica. Las moléculas de proteínas, flotan en la bicapa lipídica, con sus terminaciones hidrofílicas penetrando en ambas superficies de la membrana, lo que se conoce como el modelo de mosaico fluido, propuesto por Singer y Nicolson (1972). Se sabe que en las membranas existen dos tipos de proteínas: las proteínas integrales (intrínsecas) y las proteínas periféricas (extrínsecas).

Cuando se estudia la membrana plasmática mediante el microscopio electrónico, después de haber sido apropiadamente fijada con tetróxido de osmio, las capas de proteínas se observan como dos líneas densas (oscuras), con un espacio claro entre ellas. Las líneas oscuras tienen un espesor de

aproximadamente 2,5 a 3,5 nm y la línea clara tiene aproximadamente 3,5 nm, para un grosor de aproximadamente 10 nm o 100 Å la que se conoce como la unidad de membrana. Esto no significa que todas las membranas sean iguales; ya que ellas pueden presentar diferentes características de permeabilidad. El hecho de que una sustancia pueda atravesar la membrana de un cloroplasto, no significa que lo pueda hacer también a través de una membrana mitocondrial. Las membranas poseen la propiedad de ser selectivas, lo que indica que cada tipo de membrana tiene características moleculares particulares, que les permite funcionar bajo sus propias condiciones. Todas las membranas biológicas que rodean las células, núcleos, vacuolas, mitocondrias, cloroplastos y otros organelos celulares son selectivamente permeables. Las membranas son muy permeables a las moléculas de agua y ciertos gases, incluyendo el oxígeno y el dióxido de carbono; mientras que otras moléculas pueden tener problemas para atravesar las membranas, debido a su tamaño, polaridad y solubilidad en lípidos. Los iones y las moléculas polares (con carga eléctrica), tienden a moverse a través de la parte proteica de la membrana. Muchas sustancias se mueven mediante difusión simple, por un proceso de transporte pasivo, de zonas de mayor a menor concentración. Sin embargo, en los seres bióticos muchas sustancias atraviesan la membrana mediante transporte activo, moviéndose en contra de un gradiente de concentración, y con la utilización de energía metabólica por la célula, en forma de ATP (adenosin trifosfato), el cual es aportado por la respiración.

Pared Celular.- La pared celular vegetal es un órgano complejo que, aparte de dar soporte y estructura a los tejidos vegetales, tiene la capacidad de condicionar el desarrollo de las células.

Pared celular es tal vez la característica más distintiva de las células vegetales. Le confiere la forma a la célula, cubriéndola a modo de exoesqueleto, le da la textura a cada tejido, siendo el componente que le otorga protección y sostén a la planta.

Aunque las células vegetales y animales son muy parecidas, las células vegetales tienen una pared rígida de celulosa, que le brinda protección, sin impedir la difusión de agua y iones desde el medio ambiente hacia la membrana plasmática, que es la verdadera barrera de permeabilidad de la célula. **Una pared celular primaria típica**, de una dicotiledónea está formada por 25-30% de *celulosa*, 15-25% de *hemicelulosa*, 35% de *pectina* y 5-10% de *proteínas* (*extensinas* y *lectinas*), en base al peso seco. La constitución molecular y estructural precisa de la pared celular, depende del tipo de célula, tejido y especie vegetal.

La pared primaria es delgada (de 1 a 3 micras de grosor) y se forma cuando la célula crece, ejemplo de esta la tenemos en células jóvenes en crecimiento, en el tejido parenquimático, en el clorénquima, epidermis, etc.

La membrana celular está fuertemente adherida a la pared celular, debido a la presión de turgencia provocada por los fluidos intracelulares. Literalmente podemos decir que las células se encuentran abombadas, empujándose entre ellas; en otras palabras se encuentran infladas por una presión hidrostática.

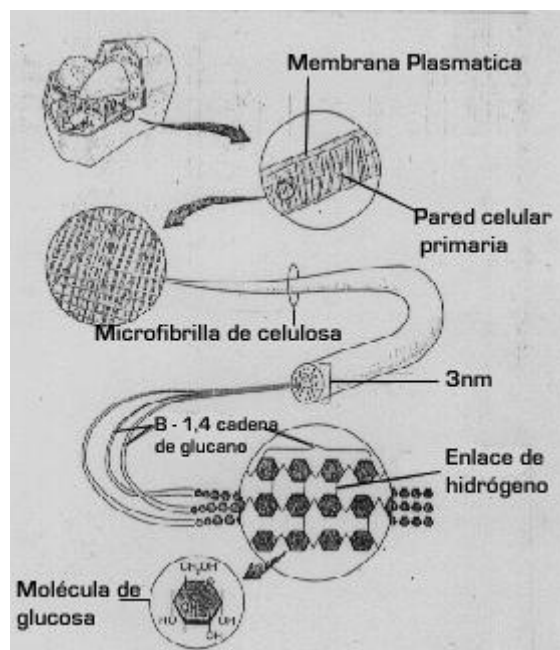


Figura 4.- tomada de Taiz & Zeiger (1991)

Las Microfibrillas de celulosa de la pared celular están compuestas de cadenas cristalinas de B-1,4 cadenas de glucanos, mantenidas unidas por *enlaces de hidrógeno*.

Las macromoléculas de celulosa, en la pared celular está formada por unidades de glucosa (un azúcar de 6 carbonos) enlazadas covalentemente, formando una estructura en forma de cinta aplanada, que puede tener de 0,25 a 5 micras de largo. Entre 40 a 70 de estas cadenas se mantienen unidas mediante enlaces de hidrógeno, entre los grupos OH de los residuos de glucosa, formando una estructura cristalina llamada *microfibrilla*, que tiene aproximadamente 3nm de diámetro. La celulosa es muy estable químicamente e insoluble. **Las microfibrillas** tienen una alta fuerza tensional, que actúa reforzando la pared. Grupos de microfibrillas se disponen como los alambres en un cable, formando macrofibrillas. **Las macrofibrillas** son los componentes más importantes de la pared celular y se mantienen unidas mediante otros componentes de la pared celular, como son las macromoléculas de hemicelulosa y pectina. Estas sustancias pegan toda la estructura, en capas de fibras. Las primeras microfibrillas que se depositan en la pared celular, forman una red con disposición transversal. Pero, cuando la presión de turgencia produce la extensión celular y la pared crece en área superficial, la otra capa de microfibrillas se deposita paralelamente, al eje longitudinal de la célula. El efecto final es una apariencia entramada de varias capas.

Dos células adyacentes se mantienen unidas mediante **la lámina media**, la que se encuentra formada principalmente por *sustancias pecticas*, que cementan las paredes primarias, a ambos lados de la lámina media. Nosotros

podemos extraer la pectina de frutos verdes, como por Ej. el mango y hacer jalea.

En muchas plantas posteriormente se puede depositar una pared celular secundaria, que imparte rigidez y fortaleza al tejido, sí se deposita *lignina*. Por ejemplo los troncos de los árboles, tienen células con gruesas paredes celulares secundarias.

Las plantas multicelulares, se conectan a través de pequeñas perforaciones que comunican las células adyacentes, denominadas *campos de punteaduras primarias*, a través de los cuales pasan cordones citoplasmáticos denominados plasmodesmos. Apesar de que son muy pequeños para que lo atraviesen organelos celulares, sin embargo las conexiones citoplasmáticas permiten la transferencia de sustancias de una célula a otra. La membrana plasmática es continua y se extiende de una célula a la otra a través de los plasmodesmos, constituyendo lo que se conoce como simplasto; mientras que el conjunto de las paredes celulares de un tejido, más los espacios intercelulares, se denomina apoplasto. La pared celular es muy permeable a diferentes sustancias, permitiendo el paso de agua y solutos; aunque la verdadera barrera que controla la permeabilidad, al igual que en las células animales, es la membrana plasmática o plasmalemma.

Su principal componente estructural es la celulosa, entre un 20-40%. La celulosa es el compuesto orgánico más abundante en la tierra, está formado por monómeros de glucosa unidos de manera lineal. Miles de moléculas de glucosa dispuesta de manera lineal se disponen paralelas entre sí y se unen por puentes hidrógeno formando microfibrillas, de 10 a 25 mμ de espesor. Este tipo de unión (β 1-4) entre las unidades de glucosa es lo que hace que la celulosa sea muy difícil de hidrolizar.

Solamente algunas bacterias, hongos y protozoos pueden degradarla, ya que tienen el sistema de enzimas necesario. Los herbívoros, rumiantes (vaca), e insectos como termitas, cucarachas y el pez de plata (*Lepisma sachharina*) la utilizan como fuente de energía solamente porque tienen en su tracto digestivo los microorganismos que sí pueden degradarla. Para nosotros (los seres humanos) los vegetales al comerlos solo "pasan" por nuestro tracto digestivo como "fibra", sin modificaciones.

Las microfibrillas se combinan con las hemicelulosas, compuestos producidos por los *dictiosomas*, estas se unen químicamente a la celulosa formando una estructura llamada macrofibrillas de hasta medio millón de moléculas de celulosa en corte transversal. Esta estructura es tan sólida como la del concreto reforzado. La hemicelulosa y la pectina contribuyen a unir las microfibrillas de celulosa, al ser altamente hidrófilas, **contribuyen a mantener la hidratación de las paredes jóvenes**. Entre las sustancias que se incrustan en la pared se encuentra la lignina, molécula compleja que le **otorga rigidez**. Otras sustancias incrustantes como la cutina y suberina **tornan impermeables** las *paredes celulares*, especialmente aquellas expuestas al aire y la banda de *Caspary de la raíz*.

En la pared celular se puede reconocer como pared primaria y pared secundaria, difieren en la ordenación de las fibrillas de celulosa y en la proporción de sus constituyentes.

Durante la división celular las dos células hijas quedan unidas por la lámina media, a partir de la cual se forma inicialmente la pared primaria, cuyas microfibrillas se depositan de manera desordenada.

La pared primaria se encuentra en células jóvenes y áreas en activo crecimiento, por ser relativamente fina y flexible, en parte por presencia de sustancias pépticas y por la disposición desordenada de las microfibrillas de celulosa. *Las células que poseen este tipo de pared tienen la capacidad de volver a dividirse por mitosis.* Ciertas zonas de la pared son más delgadas formando campos primarios de puntuaciones donde plasmodesmos comunican dos células contiguas.

La pared secundaria aparece sobre las paredes primarias, hacia el interior de la célula, se forma cuando la célula ha detenido su crecimiento y elongación. Se la encuentra en células asociadas al sostén y conducción, el protoplasma de estas células generalmente muere a la madurez.

La laminilla media está formada por sustancias pépticas y es difícil de observar con microscopio óptico, es la capa que mantiene unidas las células. Algunos tejidos, como el parénquima de algunos frutos (manzana) son particularmente ricos en sustancias pépticas, por lo que son usadas como espesantes para preparar jaleas y mermeladas.

Comunicaciones Intercelulares: otra característica de las células vegetales es la presencia de puentes citoplasmáticos denominados plasmodesmos, usualmente de 40 mμ de diámetro. Éstos permiten la circulación del agua y solutos entre las células.

Plasmodesmo.- Se llama plasmodesmo a cada una de las unidades continuas de citoplasma que pueden atravesar las paredes celulares, manteniendo interconectadas las células continuas en organismos pluricelulares en los que existe pared celular, como las plantas o los hongos. Permiten la circulación directa de las sustancias del citoplasma entre célula y célula comunicándolas, atravesando las dos paredes adyacentes a través de perforaciones acopladas, que se denominan *poros* cuando sólo hay pared primaria, y *punteaduras* si además se ha desarrollado la pared secundaria.

El protoplasto.- El contenido del protoplasto, se puede dividir en tres partes fundamentales: citoplasma, núcleo y vacuola(s); así mismo se encuentran sustancias ergásticas y órganos de locomoción.

Todas las células eucarióticas, al menos cuando jóvenes pose en un núcleo; el cual puede desaparecer en los tubos cribosos y en otras células vegetales, en la medida que maduran. El protoplasto se encuentra ausente en los elementos xilemáticos maduros (vasos y traqueidas). La presencia de vacuolas y sustancias ergásticas, es una característica de las células de hongos y de las plantas.

El citoplasma (plasma fundamental), tiene una consistencia viscosa y está compuesto de una mezcla heterogénea de proteínas (enzimas) y es el lugar donde ocurren importantes reacciones metabólicas, como la glucólisis. Debido a su naturaleza coloidal, el citoplasma sufre cambios de estado, puede pasar de sol (fluido) a gel (parecido a la gelatina). **El citosol**, es la matriz fluida en la que los organelos se encuentran suspendidos, está organizado en una red tridimensional de proteínas fibrosas, llamadas citoesqueleto. El citoesqueleto es mucho más organizado, que la sopa clara que nos podemos imaginar.

Del citoplasma su función es albergar los orgánulos celulares y contribuir al movimiento de los mismos.

Los elementos del **citoesqueleto** son: los microtúbulos y los microfilamentos. Los microtúbulos son filamentos cilíndricos, huecos que tienen un diámetro externo de 25nm y varias micras de longitud. Las paredes de los microtúbulos, están formadas por filamentos protéicos lineares o en espiral de aproximadamente 5nm de diámetro y estos están compuestas de 13 subunidades. En el centro de un microtúbulo se encuentra un lumen (área vacía); sin embargo se pueden observar bastones o puntos. Los microtúbulos están compuestos por moléculas esféricas de una proteína llamada tubulina. Los microtúbulos pueden formarse o descomponerse rápidamente a conveniencia, y se encuentran formando parte de estructuras celulares que facilitan el movimiento, como el huso mitótico y los flagelos. La colquicina, un alcaloide del cólquico (*Colchicum autumnale*), destruye la organización de los microtúbulos, impidiendo la formación del huso acromático durante la mitosis celular. Por lo que la colquicina se ha utilizado en genética, en la obtención de células poliploides.

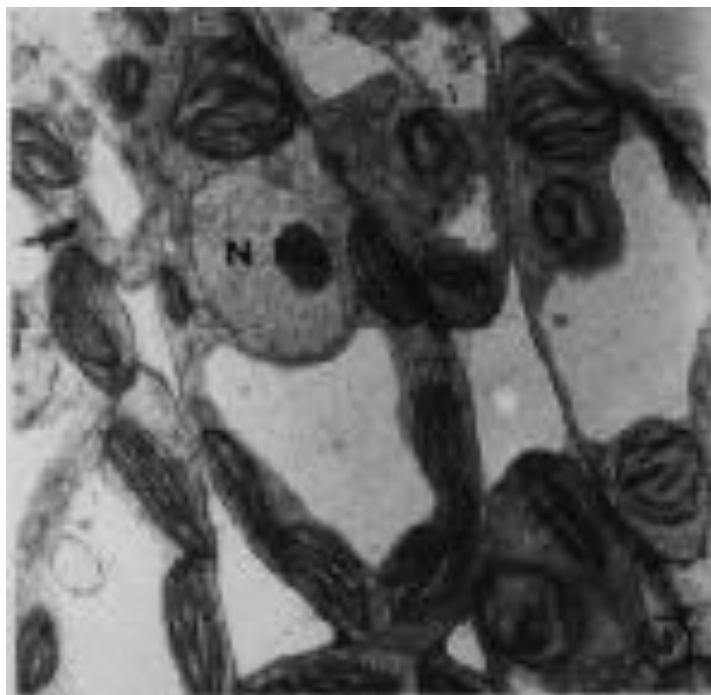
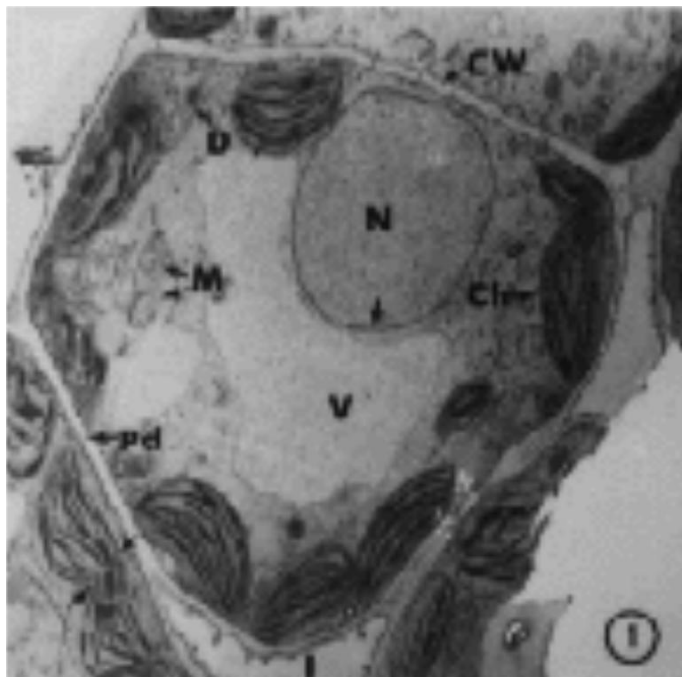


Figura 5.- Célula fijada con MnO_4



D: Golgi
 pd: Plasmodesmos
 CW: Pared Celular
 N: Núcleo
 V: Vacuola
 Ch: Cloroplasto
 M: Mitocondria
 I: Espacio Intercelular
 Nu: Nucléolo

Figura 6.- Célula fijada con OsO_4

Plastos.- Los plastos, plástidos o plastidios son orgánulos celulares eucarióticos, propios de las plantas y algas. Su principal función es la producción y almacenamiento de importantes compuestos químicos usados por la célula. Usualmente, contienen pigmentos utilizados en la fotosíntesis, aunque el tipo de pigmento y la proporción presente pueden variar, determinando el color de la célula.

Además del núcleo y las vacuolas, los plastidios constituyen los organelos más conspicuos de una célula vegetal. Los plastidios están rodeados por una doble membrana, con una estructura interna constituida por un sistema de membranas, separadas por una matriz de naturaleza proteíca llamada estroma. Los plastidios tienen ADN (DNA) con una estructura similar al encontrado en células procarióticas, así como ribosomas, embebidos en el estroma.

Todos los plastidios se desarrollan a partir de proplastidios, que son cuerpos pequeños encontrados en plantas que crecen tanto en la luz como en la oscuridad. **Se dividen por fisión o bipartición**, como lo hacen las mitocondrias y los organismos procariotes. Los plastidios incoloros se conocen como leucoplastos, contienen enzimas responsables de la síntesis del almidón. Los leucoplastos mejor conocidos son los amiloplastos, que almacenan granos de almidón, como los encontrados en la raíz de la yuca, el tubérculo de la papa, en granos de cereales, etc. Otros leucoplastos pueden almacenar proteínas, se conocen como proteinoplastos. Los cromoplastos son organelos coloreados, especializados en sintetizar y almacenar pigmentos carotenoides (rojo, anaranjado y amarillo), estos son el origen de los colores de muchos frutos, flores y hojas, por ej. la piel del tomate, la raíz de zanahoria, etc. Los

cromoplastos se originan a partir de cloroplastos jóvenes o de cloroplastos maduros, por división.

Cloroplasto.- son orgánulos en los organismos eucariontes rodeados por dos membranas, contienen vesículas, los *tilacoides*, donde se encuentran organizados los pigmentos y demás moléculas que atrapan la energía electromagnética derivada de la luz solar y la convierten en energía química mediante la fotosíntesis, utilizando después dicha energía para sintetizar azúcares a partir del CO₂ atmosférico.

Los cloroplastos son plastidios que contienen los pigmentos verdes clorofila a y b, así como carotenoides de color anaranjado y xantofilas amarillas, son característicos de los seres fotoautótrofos, que poseen la maquinaria enzimática para transformar la energía solar en energía química, a través de la fotosíntesis. Los cloroplastos son característicos de las células del mesófilo foliar, poseen una doble membrana que los asemeja a las mitocondrias.

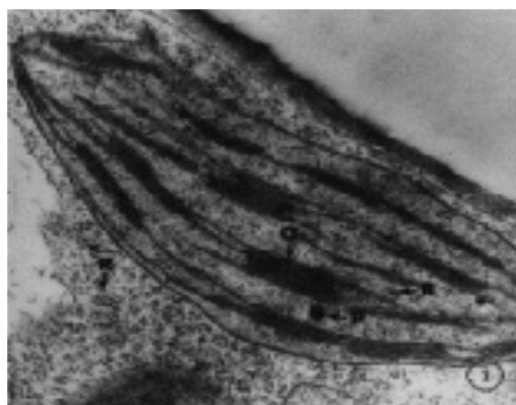
Tienen una membrana externa y otra interna, el espacio delimitado por la membrana interna está ocupado por un material amorfo, parecido a un gel, rico en enzimas, denominado estroma. Contiene las enzimas que realizan la fijación o reducción del CO₂, convirtiéndolo en carbohidratos, como el almidón.

La membrana interna de los cloroplastos también engloba un tercer sistema de membranas, que consta de sacos planos llamados tilacoides, en los cuales la energía luminosa se utiliza para oxidar el agua y formar ATP (compuesto rico en energía) y NADPH (poder reductor), usados en el estroma para convertir el CO₂ en carbohidratos. En ciertas partes de los cloroplastos, los tilacoides se disponen como monedas apiladas, denominados *grana*, pero en el estroma permanecen aislados.

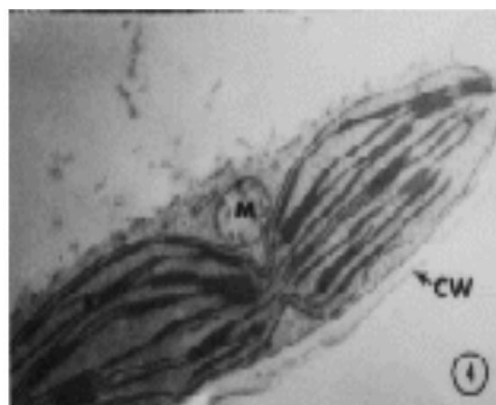
Los cloroplastos tienen forma elíptica, con un diámetro de 5 a 10 µm y su número puede variar de 20 a 100 por célula vegetal. Durante la ciclosis se mueven libremente en el citoplasma. Ellos responden directamente a la energía solar, para llevar a cabo la fotosíntesis, orientándose perpendicularmente a los rayos de luz; sin embargo sí la energía lumínica es muy fuerte, se disponen de tal forma que la radiación incida oblicuamente, recibiendo menos luz.

Los cloroplastos se originan a partir de proplastidios, reacción ésta que es disparada por la luz, que provoca la diferenciación del plastidio, apareciendo los pigmentos y la proliferación de membranas, que origina los tilacoides y grana. Así mismo, en el estroma del cloroplasto se encuentran pequeños pedazos circulares de ADN, dispuestos en doble hélice; parecidos al ADN de las mitocondrias y bacterias.

El ADN del cloroplasto regula la síntesis del ARN ribosomal, del ARN de transferencia y de la Ribulosa 1,5 difosfato carboxilasa-oxigenasa (RUBISCO), enzima que cataliza la fijación del CO₂ en la fotosíntesis. Sin embargo, la mayoría de las proteínas del cloroplasto, son sintetizadas en el citosol y transportadas al cloroplasto.

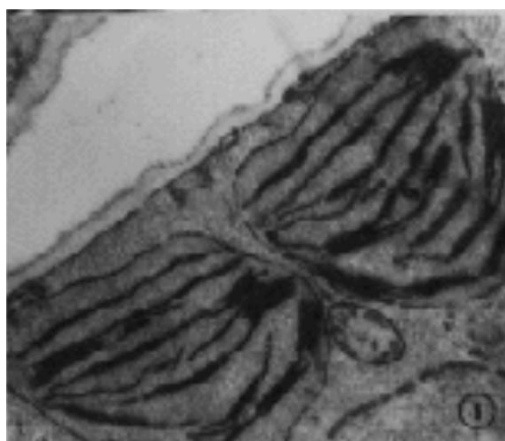


G: grana
P: Glóbulo de grasa



CW: Pared celular
M: Mitocondria

Fig. 7.- Cloroplasto con abundante grana Fig. 8.- Cloroplasto en división



S: Almidón

Fig. 9.- Cloroplasto después de división Fig. 10.- Cloroplasto con almidón

Leucoplasto.- son plastidios que almacenan sustancias incoloras o poco coloreadas. De acuerdo a la principal sustancia de reserva son clasificados en amiloplastos, oleoplastos, y proteinoplastos.

Estos plastos son incoloros y se localizan en las células vegetales de órganos no expuestos a la luz, tales como raíces, tubérculos, semillas y órganos que almacenan almidón.

Cromoplasto.- son un tipo de plastos, orgánulos propios de la célula vegetal, que almacenan los pigmentos a los que se deben los colores, anaranjados o rojos, de flores, raíces o frutos. Cuando son rojos se denominan rodoplastos. Los cromoplastos que sintetizan la clorofila reciben el nombre de *cloroplastos*. Las plantas terrestres son básicamente verdes; en las Angiospermas aparece un cambio evolutivo llamativo, la aparición de los cromoplastos, con la propiedad de almacenar grandes cantidades de pigmentos *carotenoides*, los

pigmentos como *carotina* (amarillo o anaranjado), *licopina* (rojo), *xantofila* (amarillento).

Las mitocondrias y plastidios se encuentran rodeados por una doble membrana, que se parece al sistema de endomembranas; aunque estos organelos se autoduplican, por lo que no están relacionados al sistema de endomembranas. Así mismo, los ribosomas, los microtúbulos y los microfilamentos, no forman parte del sistema de endomembranas.

Vacuola.- son compartimentos cerrados que contienen diferentes fluidos, tales como agua o enzimas, aunque en algunos casos puede contener sólidos. Las vacuolas que se encuentran en las células vegetales son regiones rodeadas de una membrana **tonoplasto** o "membrana vacuolar" y llenas de un líquido muy particular llamado "jugo celular". Satisface el consumo de nitrógeno del citoplasma, consigue una gran superficie de contacto entre la fina capa del citoplasma y su entorno.

Vacuola central: es una gran vacuola en la región central, es exclusiva de los vegetales, constituye el depósito de agua y de varias sustancias químicas, tanto de desecho como de almacenamiento. La presión ejercida por el agua de la vacuola se denomina presión de turgencia y contribuye a mantener la rigidez de la célula, por lo que el citoplasma y núcleo de una célula vegetal adulta se presentan adosados a las paredes celulares. La pérdida del agua resulta en el fenómeno denominado plasmólisis, por el cual la membrana plasmática se separa de la pared y condensa en citoplasma en centro del lumen celular.

Son organelos característicos de las células vegetales, rodeados por una membrana denominada **tonoplasto**, que controla el transporte de solutos hacia adentro y hacia afuera de la vacuola; regulando el potencial hídrico de la célula a través de la osmosis. La vacuola contiene iones inorgánicos, ácidos orgánicos, azúcares, enzimas, cristales de oxalato de calcio, y una variedad de metabolitos secundarios (alcaloides, taninos), que frecuentemente juegan un papel en la defensa de las plantas. Algunas vacuolas tienen altas concentraciones de pigmentos, hidrosolubles, que le dan la coloración a muchas flores, hojas y a la raíz de remolacha.

Los colorantes vacuolares, de hojas y flores *sirven para atraer los insectos que transportan el polen y, en parte funcionan como pigmentos protectores del exceso de radiación*. Las vacuolas pueden almacenar proteínas, especialmente en legumbres y cereales, es importante señalar los granos de aleurona, en las células de la capa de aleurona de los cereales (trigo, cebada) o en los cotiledones de semillas de leguminosas (caraota, arveja, lenteja). Al germinar las semillas, las proteínas son hidrolizadas y los aminoácidos transferidos al embrión en crecimiento.

Algunas vacuolas almacenan grasas como oleosomas o cuerpos grasos, p.ej. el endosperma del *Ricinus communis* (aceite de ricino). Las vacuolas son ricas en enzimas hidrolíticas, como proteasas, ribonucleasas, y glicosidasas, que cuando se liberan en el citosol, participan en la degradación celular durante la senescencia. Las vacuolas tienen un pH más ácido que el citosol, cualquier exceso de iones de hidrógeno en el citosol es bombeado hacia la vacuola,

manteniéndose la constancia del pH citosólico. En vista de la cantidad de sustancias que se acumulan en la vacuola, se ha pensado de ellas por mucho tiempo, que son como el botadero de productos de desechos celulares (sustancias ergásticas).

Las vacuolas se originan a partir de pequeñas vacuolas en células, jóvenes, meristemáticas del ápice del tallo o de la raíz, las que crecen con la célula, absorbiendo agua por osmosis y uniéndose unas con otras, hasta que se forman grandes vacuolas. Las pequeñas vacuolas o provacuolas parecen formarse a partir del aparato de Golgi o del retículo endoplasmático.

Aparato de Golgi.- es un organelo (orgánulo) presente en todas las células eucariotas excepto las células epidérmicas. Pertenece al sistema de endomembranas del citoplasma celular, cuya función es completar la fabricación de algunas proteínas.

En el citoplasma se encuentra un sistema de endomembranas, que incluye al retículo endoplasmático, **el aparato de Golgi,** la envoltura nuclear y otros organelos celulares y membranas (tales como los microcuerpos, esferosomas y membrana vacuolar), que tienen sus orígenes en el retículo endoplasmático o en el aparato de Golgi. La membrana celular que ya la hemos estudiado, se considera como una entidad separada; aunque su crecimiento se debe a la adición de vesículas por el aparato de Golgi.

Complejos de Golgi o aparato de Golgi está relacionado con el RE; éste sistema de membranas está compuesto por conjuntos de sacos de Golgi, aplanados y llenos de fluido. Se observan como membranas aplanadas, parecidas a una pila de cachapas (torta de maíz). En los extremos de estas membranas aplanadas o cisternas, se pueden observar vesículas que contienen las macromoléculas que se usan para la construcción de las membranas y la pared celular. Tanto los polisacáridos hemicelulosa y pectina, como la proteína de la pared celular (extensina) son sintetizados y procesados en el interior de las vesículas de secreción del aparato de Golgi o dictiosoma. Cada aparato de Golgi tiene 4 a 6 cisternas con una separación de 10nm; no obstante algunas algas pueden tener de 20 a 30. El aparato de Golgi puede tener otras funciones además de contribuir al crecimiento del plasmalema y transporte de material a la pared celular, como es la de segregar mucilago en la parte externa de la punta de la raíz, que actúa como un lubricante permitiendo su movimiento entre las partículas del suelo. El aparato de Golgi es abundante en muchas células secretoras. Los dictiosomas no son estructuras permanentes y en caso de necesidad se forman de novo por el retículo endoplasmático.

Ribosomas.- son complejos supramoleculares encargados de sintetizar proteínas a partir de la información genética que les llega del ADN transcrita en forma de ARN mensajero.

Los ribosomas, observados en una micrografía electrónica a bajo aumento, aparecen como puntos negros, redondos sobre el RE, pero a altos aumentos se observa que están formados por un cuerpo pequeño esférico y un cuerpo concavo grande, tienen de 20 a 30 nm de grosor. Frecuentemente aparecen

formando agregados característicos que reciben el nombre de *polisomas*. Los ribosomas son partículas de ribonucleoproteínas (contienen proteínas y ácido ribonucleico), donde se produce la síntesis de proteínas a partir de aminoácidos, mediante el mecanismo de la traducción, de la información genética contenida en el ácido ribonucleico mensajero (ARNm). En una célula pueden existir miles de ribosomas, con una capacidad de síntesis prodigiosa, ya que cada ribosoma puede producir una molécula de proteína por minuto.

Mitocondria.- En la mitocondria se produce la respiración celular, una función que permite que se libere la energía contenida en los hidratos de carbono o azúcares.

El retículo endoplasmático (RE o ER, del inglés endoplasmic reticulum) es un sistema multirramificado de sacos membranosos planos, denominados cisternas, que presentan la típica estructura de unidad de membrana comunicados entre sí, que intervienen en funciones relacionadas con la síntesis proteica, metabolismo de lípidos y algunos esteroides, así como el transporte intracelular.

El RE es continuo con la membrana externa de la envoltura nuclear, a la que se une en las cercanías del núcleo. El RE puede tener ribosomas, que se encuentran unidos como lo hacen los botones a un pedazo de tela, y se conoce como RE rugoso o puede carecer de ribosomas y se llama RE liso. El RE rugoso sintetiza lípidos de membrana y proteínas de secreción; mientras que el RE liso está implicado también en la producción de lípidos y en la modificación y transporte de las proteínas sintetizadas en el RE rugoso.

Se encuentra en la célula animal y vegetal pero no en la célula procariota. Es un orgánulo encargado de la síntesis y el transporte de las proteínas.

Lisosoma.- son orgánulos relativamente grandes, formados por el retículo endoplasmático rugoso (RER) y luego empaquetadas por el complejo de Golgi, que contienen enzimas hidrolíticas y proteolíticas que sirven para digerir los materiales de origen externo (heterofagia) o interno (autofagia) que llegan a ellos. Es decir, se encargan de la digestión celular.

Los microfilamentos son estructuras más pequeñas, pero sólidas de 5 a 7 nm de diámetro, que actúan solos o conjuntamente con los microtúbulos *para producir movimiento celular*. Estos también están formados por proteínas, específicamente la *proteína actina*, la que con la *miosina* son también constituyentes del tejido muscular de los animales. *Los microfilamentos causan el movimiento de corriente citoplasmática o ciclosis*, la que ocurre en muchas células vegetales, como en las *algas Chara y Nitella*, donde se han reportado velocidades de 75µm por segundo. En las hojas de la *Elodea canadensis*, se observa muy bien la ciclosis, que produce un movimiento de los organelos celulares, de una forma helicoidal, de un lado hacia abajo y del otro lado hacia arriba. *Los microfilamentos también juegan un papel importante en el crecimiento del tubo polínico y en el movimiento ameboidal*.

Microcuerpos, peroxisomas , glioxisomas. *Los microcuerpos* son organelos esféricos, rodeados por una sola unidad de membrana. Su diámetro varía de

0,5 a 1,5 μm y tienen un interior granular; algunas veces con inclusiones cristalinas de proteínas. Se originan a partir del RE, formando parte del sistema de endomembranas. *Los peroxisomas* son organelos esféricos, especializados en reacciones de oxidación. La enzima catalasa, constituye casi el 40% de las proteínas totales del peroxisoma, esta enzima descompone el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno. En las plantas se conocen los *peroxisomas foliares*, como organelos de la fotorrespiración. Los *glioxisomas* se encuentran en semillas de oleaginosas, y contienen las enzimas que ayudan a convertir las grasas almacenadas, en carbohidratos que son translocados a la planta joven para su crecimiento. Los glioxisomas contienen las enzimas del ciclo del ácido glicólico.

Mitocondrias. Las células eucarióticas poseen organelos complejos, denominados mitocondrias. Observadas con el microscopio óptico, se ven como pequeñas esferas, bastones o filamentos, que varían en forma y tamaño, comunmente miden de 0,5 a 1,0 μm de diámetro y de 1,0 a 4,0 μm de longitud.

Son más numerosas que los cloroplastos, pudiéndose encontrar hasta 1000 por célula, pero varias algas, incluyendo *Chlorella* tienen una sola por célula. La mitocondria es el organelo responsable de la respiración aeróbica (que utiliza O_2), un proceso en el cual un carbohidrato se oxida por completo en presencia de O_2 , convirtiéndose en CO_2 y H_2O y energía almacenada en forma de ATP. Las mitocondrias se dividen por fisión o bipartición, y todas se originan a partir de las mitocondrias contenidas en el cigoto; de tal forma que sus membranas no se derivan del sistema de endomembranas.

Ellas contienen ADN circular y ribosomas pequeños (15 nm), en la matriz, de tal manera que son capaces de sintetizar algunas de sus propias proteínas. Sin embargo, dependen también de proteínas sintetizadas en el citoplasma que están bajo el control nuclear.

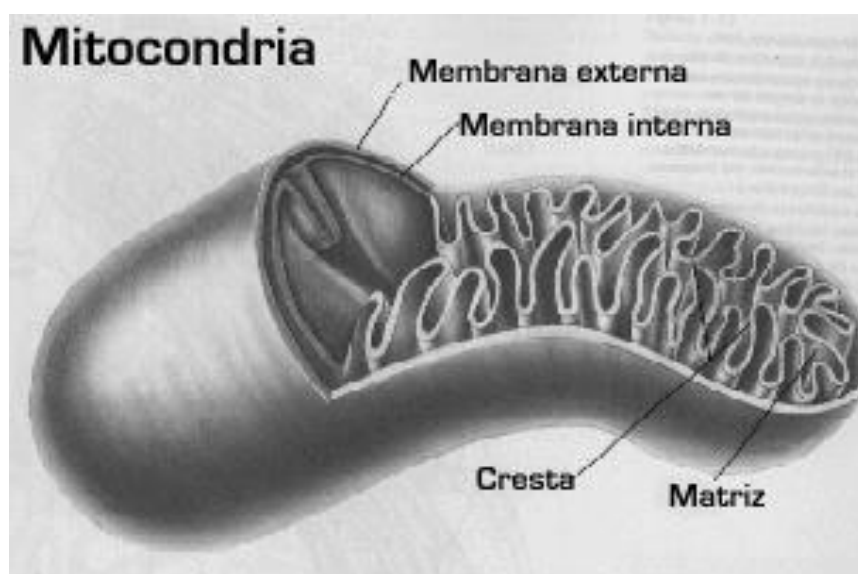


Figura 11.- tomada de Rawn (1989)

Las mitocondrias tienen una doble membrana, la membrana externa es lisa, y actúa como un colador, permitiendo el paso de muchas moléculas pequeñas; mientras que la membrana interna, muestra plegamientos denominados crestas, que aumentan la superficie interna. La membrana interna es selectivamente permeable, regulando el tipo de moléculas que la atraviesan. El compartimiento interno encerrado por la membrana interna es la matriz, de naturaleza coloidal, que contiene las enzimas del ciclo de Krebs o del ácido cítrico. En la membrana interna de las mitocondrias, se encuentran insertos los transportadores de electrones y la ATP sintetasa, realizándose en ella la fosforilación oxidativa o sea la síntesis de ATP, acoplada al consumo de O_2 .

El núcleo es el organelo celular más conspicuo, tiene forma esférica o globular, con un diámetro de 5 a 15 μm . Es el centro de control de la célula; sin embargo no es un organelo independiente, ya que debe obtener sus proteínas del citoplasma. El núcleo contiene la mayor cantidad de ADN, al que se le da el nombre de genoma, está rodeado por una envoltura nuclear, compuesta de dos membranas, que se fusionan en algunos puntos formando poros nucleares, que permiten la comunicación del interior del núcleo con el citoplasma celular. Pueden existir desde pocos a miles de poros en una envoltura nuclear. Algunas macromoléculas del núcleo, incluyendo subunidades ribosomales, son capaces de atravesar los poros nucleares hacia el citosol y viceversa. *El núcleo ejerce su control sobre las funciones celulares vía ARNm(ácido ribonucleico mensajero), determinando las enzimas que se fabrican en la célula y éstas a su vez determinan las reacciones químicas que se llevan a cabo, y por ende la estructura y función celular.*

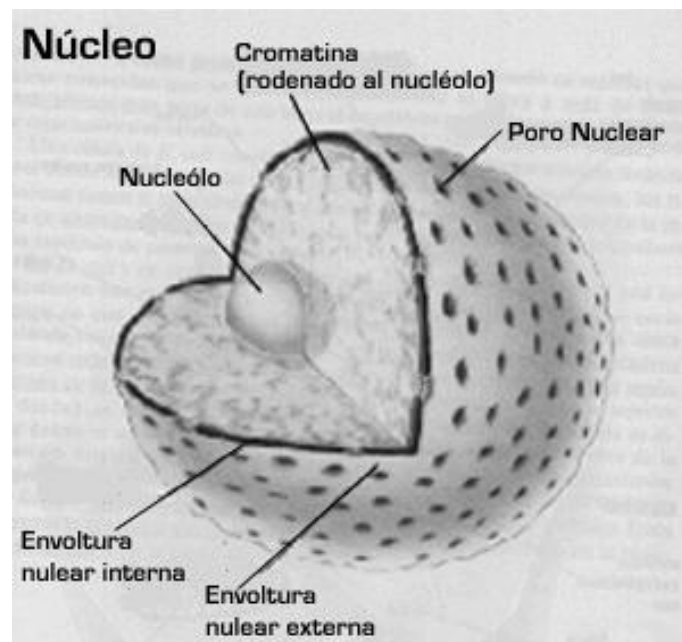


Figura 12.- tomada de Rawn (1989)

El núcleo es el sitio de almacenamiento y replicación de los cromosomas, que están compuestos de ADN y proteínas acompañantes. El complejo ADN-proteína (nucleoproteína), se denomina cromatina, que se observa dispersa

durante la interfase. Aunque la cromatina pareciera estar desordenada, no es así; ya que está organizada en estructuras llamados cromosomas. La longitud de todo el ADN del genoma de una planta es millones de veces mayor que el diámetro del núcleo donde se encuentra, podemos establecer la analogía con una bola de hilo enrollada varios kilómetros de longitud, metida dentro de una pelota de golf.

Cuando una célula se prepara para dividirse, el ADN y las proteínas que forman cada cromosoma se enrollan más estrechamente; los cromosomas se acortan, engruesan y se hacen visibles al microscopio. El núcleo contiene una solución acuosa, repleta de enzimas, el nucleoplasma, en el cual se encuentran suspendidos la cromatina o los cromosomas y los nucléolos. Como ya mencionamos, el ADN almacena información, en forma de genes, que son segmentos o secuencias de ADN que contienen toda la información genética para originar un producto génico determinado -ARN, proteína-.

El núcleo contiene uno o más cuerpos esféricos (pueden ser hasta 4), **los nucléolos**, que pueden tener de 3 a 5 μm de diámetro. Los nucléolos son masas densas de fibras, de forma irregular, se tiñen de oscuro, que se encuentran suspendidos en el nucleoplasma. En ellos se pueden encontrar áreas claras, llamadas vacuolas nucleolares, que son indicativos de un nucléolo muy activo. Las células meristemáticas, generalmente tienen nucléolos más grandes que las células maduras o latentes. En el nucléolo se fabrica el ARN ribosomal, que junto a las proteínas sintetizadas en el citoplasma, forman los ribosomas. El ARN ribosomal es codificado por regiones especiales en los cromosomas denominadas regiones organizadoras del nucléolo. Los nucléolos se observan bien durante la interfase de la mitosis, que es la fase de descanso de la división celular, pero cuando la célula comienza a dividirse, en la profase, desaparecen los nucléolos y la membrana nuclear, que se reabsorbe en el retículo endoplasmático.

La función del núcleo es mantener la integridad de los genes y controlar las actividades celulares a través de la expresión génica.

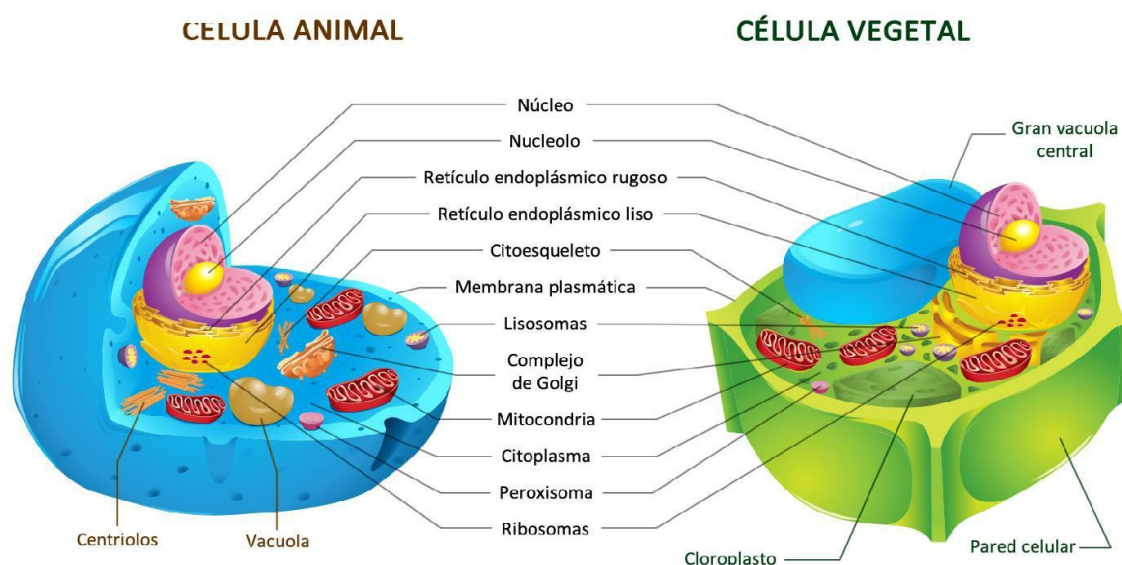


Fig. 13.- Estructura comparativa de una célula animal y vegetal

Aunque las células animales y vegetales son eucarióticas, las células vegetales difieren de las células animales en varios aspectos:

Las células vegetales son membranas rígidas, mientras que las células animales son flexibles y desnudas.

Las células vegetales son inmóviles y las animales son móviles.

Las células vegetales tienen clorofila y las animales no.

Mientras que las células vegetales utilizan directamente la energía solar, las células animales están imposibilitadas de utilizar la energía solar directamente.

Las células vegetales son autótrofas, las células animales son heterótrofas.

Las células vegetales son productoras y las animales son consumidoras.

Las células vegetales tienen un crecimiento ilimitado y en las células animales el crecimiento es limitado.

Las células vegetales poseen membrana de secreción celulósica y membrana plasmática y las células animales tienen sólo membrana plasmática.

En las células vegetales se da el citoplasma con vacuolas grandes y numerosas, mientras que en las células animales el citoplasma es casi sin vacuolas.

Las células vegetales tienen condriosomas y plastos y en las células animales sólo hay condriosomas.

Las células vegetales no tienen centrosomas en la mayoría de los casos y las células animales si poseen centrosoma.

Tanto las células vegetales como las animales están constituidas por un núcleo.

PREGUNTAS:

1. Cite las principales diferencias que presentan las células vegetales con respecto a las animales.
2. La forma de la célula es variable. Dibuje una célula vegetal e indique la lámina media.
3. Indique de que está compuesta la pared celular.
4. Qué es el protoplasma.
5. Una célula vegetal eucariota típica está constituida por tres partes principales. Indique cuales.
6. Que sustancias se encuentran en las vacuolas de las células vegetales.
7. Qué función cumplen los cloroplastos.
8. Indique la función que cumplen las mitocondrias.
9. Qué función cumple el Aparato de Golgi.
10. Que función cumple e núcleo celular.

TEJIDOS VEGETALES

Aspectos generales
 Meristemáticos
 Parenquimáticos
 De resistencia o sostén
 Conductores
 Secretores
 Excretores
 Protectores

ASPECTOS GENERALES

Conceptos de histología: (del griego: *histo*, tejido; *logía*, estudio). Es una parte de la Anatomía que estudia la morfología, anatomía y fisiología de los tejidos que integran los órganos de las plantas. Estudia las células, pero no a la manera de la Citología, sino en su conexión y relaciones para formar los tejidos vegetales.

Concepto de tejido vegetal: reunión de células íntimamente unidas entre sí, semejante en sus paredes celulares y protoplasma, que se originan por división a partir de una célula meristemática apical según las tres direcciones del espacio y que cumplen una misma función específica en el organismo vegetal.

Diferencia entre un tejido animal y vegetal: Conjunto de células que poseen la misma estructura y la misma función. Los principales tejidos animales son: epitelial, conjuntivo, cartilaginoso, óseo, adiposo, muscular, sanguíneo y nervioso. En los vegetales podemos distinguir principalmente los siguientes tejidos: suberoso, conductores, meristemático, epidérmico y parenquimático.

La diferencia entre tejidos animales y vegetales radica en que los componen diferentes células.

Clasificación de los tejidos vegetales: desde el punto de vista ontogénico los tejidos vegetales se dividen en dos grandes grupos: los meristemáticos o de formación (apicales, laterales, intercalares y meristemoides) y los adultos o definitivos (parenquimáticos, absorbentes, mecánicos o de sostén, superficiales o protección, conductores de alimentos, secreción o excreción).

Tejidos meristemáticos o de formación: tejidos que por división, crecimiento y diferenciación de sus células, llegan a formar los tejidos adultos o definitivos del cuerpo de la planta (tejidos de formación); poseen una capacidad de división celular permanente o indefinida (tejidos meristemáticos); la primera célula meristemática, es la célula huevo o cigoto de las plantas superiores, que por divisiones sucesivas forman nuevas células y luego el embrión en el que quedan grupos de células meristemáticas, que a su vez por división de dichas células formaran los órganos de la planta adulta, en la que persisten en sus extremos, tanto del brote como de la raíz, tejidos meristemáticos que se

encuentran en permanente división, determinando el crecimiento de la planta en longitud y grosor (tejidos embrionales).

Sus células son pequeñas, tienen forma poliédrica, con paredes finas y vacuolas pequeñas y abundantes.



Figura 14.- ápice de una raíz con tejido meristemático

Los meristemos son de dos tipos:

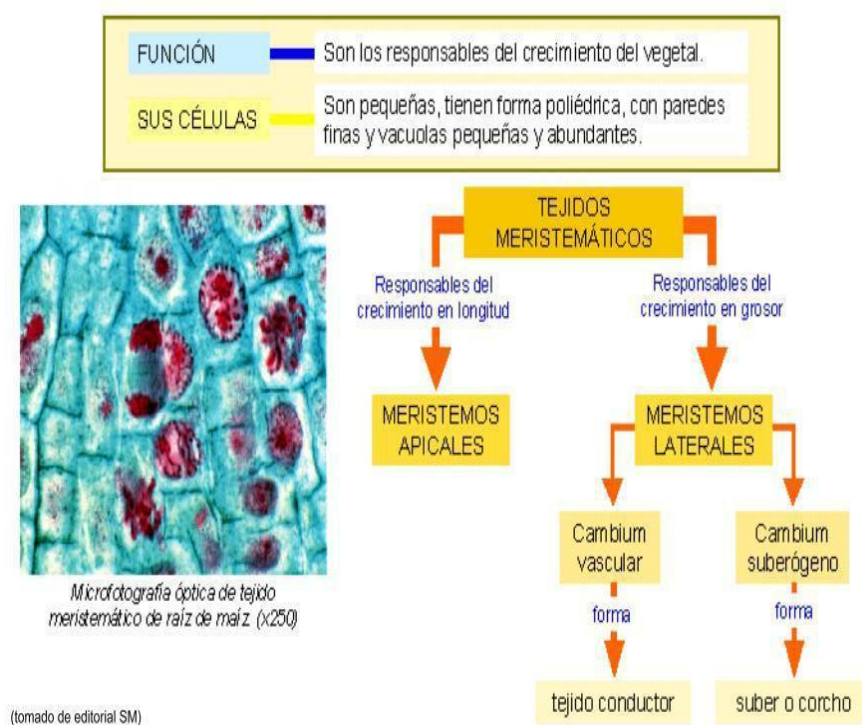


Fig. 15. Células meristemáticas

Tejidos Adultos o definitivos: son originados por los tejidos de formación, que se caracterizan por estar constituidos por células vivas y otras muertas, de tamaño grande, de forma isodiametrales, aplanadas y alargadas, relativamente pobre en protoplasma y presencia de grandes vacuolas de paredes primarias delgadas y paredes secundarias engrosadas, que han perdido su capacidad de división y al contrario han alcanzado un alto grado de diferenciación morfo-anato y fisiológicamente para cumplir funciones específicas en el organismo vegetal.

Clasificación: de acuerdo a las funciones se distinguen:

Tejidos parenquimáticos, mecánicos o de sostén, conductores de alimentos, absorbentes de alimentos, superficiales o de protección y secreción o excreción. De acuerdo con su complejidad en tejidos a) simples, son aquellos que están constituido por células morfo-anato y fisiológicamente semejantes

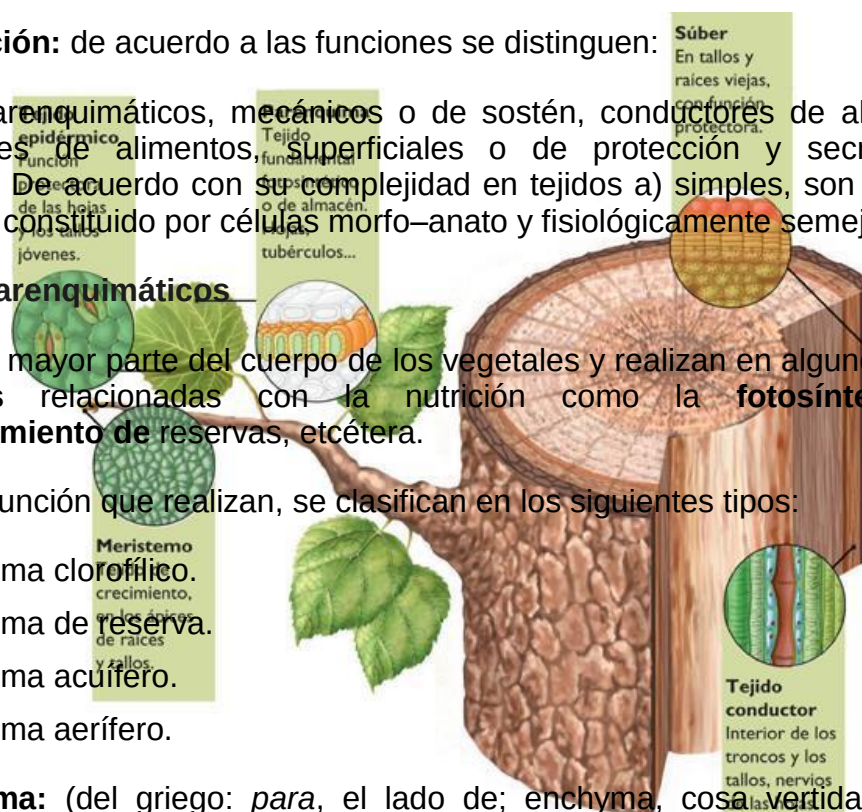
Tejidos parenquimáticos

Forman la mayor parte del cuerpo de los vegetales y realizan en algunos casos **funciones** relacionadas con la nutrición como la **fotosíntesis**, el **almacenamiento de reservas**, etcétera.

Según la función que realizan, se clasifican en los siguientes tipos:

- Parénquima clorofílico.
- Parénquima de reserva.
- Parénquima acuífero.
- Parénquima aerífero.

Parénquima: (del griego: *para*, el lado de; *enchyma*, cosa verda). Tejido constituido de células de forma isodiametrales poliédricas y algunas relativamente alargadas de paredes celulares delgadas (solo paredes primarias), excepcionalmente gruesas, que se originan del meristemo fundamental, el felógeno. Este tejido es asiento de las actividades esenciales de la planta, como son la fotosíntesis, respiración, almacenamiento, secreción, excreción; es decir, de las actividades que requieren de la presencia de protoplasma vivo. Pueden presentarse en masas continuas (la médula y el córtex de tallo y raíces, mesófilo de las hojas, pulpa de los frutos carnosos y el endospermo de la semilla). También puede asociarse con otros tipos de células en tejidos morfológicamente heterogéneos (células parenquimáticas que forman los radios vasculares y las filas verticales de células vivas del floema y xilema).



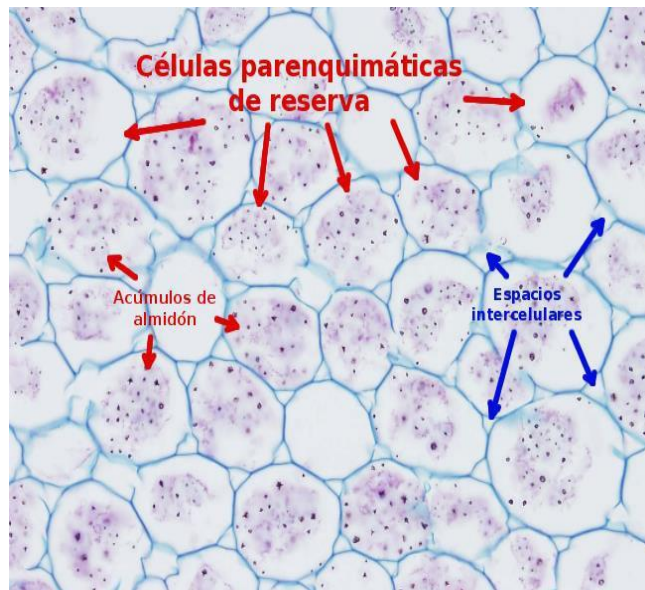


Figura 16.- Tejido parenquimático de reserva



Figura 17.- Tejido parenquimático aerífero

Tejidos mecánicos o de sostén: tejido simple, constituido por células vivas y muertas de forma isodiametrales y alargadas, de paredes engrosadas de celulosa, endurecida por lignificación en forma parcial, o total, sustancias que comunican una notable resistencia mecánica a todo el organismo vegetal y que cumplen la función de sostén de los órganos en crecimiento, desarrollan una considerable de tensión, resistencia frente a diversos excesos, tales como los resultados de estiramientos, torceduras, pesos y presiones.

Su función es proporcionar resistencia y rigidez a la planta. Están formados por células con una pared celular muy gruesa (con mucha celulosa), reforzada en algunos casos con una sustancia llamada **lignina**, que proporciona rigidez y dureza a los tejidos y, además los impermeabiliza.

Los principales tejidos de sostén son:

- Colénquima
- Esclerénquima
- Esclereidas o células pétreas
- Fibras

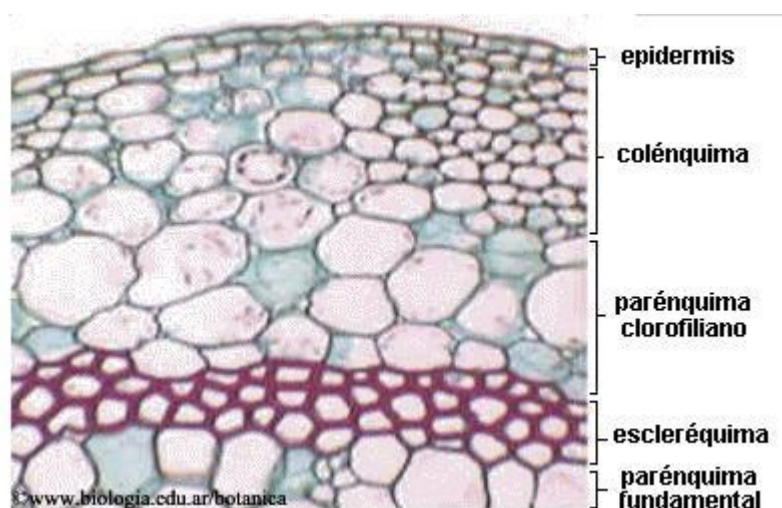


Figura 18.- Tejido tejidos de sostén

Tejidos conductores: llamados también tejidos vasculares, son tejidos compuestos, constituidos por células vivas y muertas, de forma tanto isodiametrales como alargadas, estas últimas se unen por sus extremos formando extensos vasos que se extienden de manera continua por todo el cuerpo de la planta y que tienen por función el transporte de sustancias alimenticias, como la función mecánica de sostén.

Son los encargados de transportar las sustancias nutritivas de unas zonas a otras de la planta.

El **tejido vascular** es un tipo de tejido vegetal complejo, formado por varias clases de células y componentes, que se encuentra en las plantas vasculares. Los componentes primarios del tejido vascular son el xilema y el floema.

También se hallan asociados al tejido vascular dos meristemas: el cámbium vascular y el felógeno. Todos los tejidos vasculares dentro de una planta constituyen el **sistema de tejido vascular**.

El **sistema vascular** está formado por el **xilema** y el **floema**.

Ambos son tejidos **complejos**.

Característicos de las plantas superiores: **plantas vasculares**

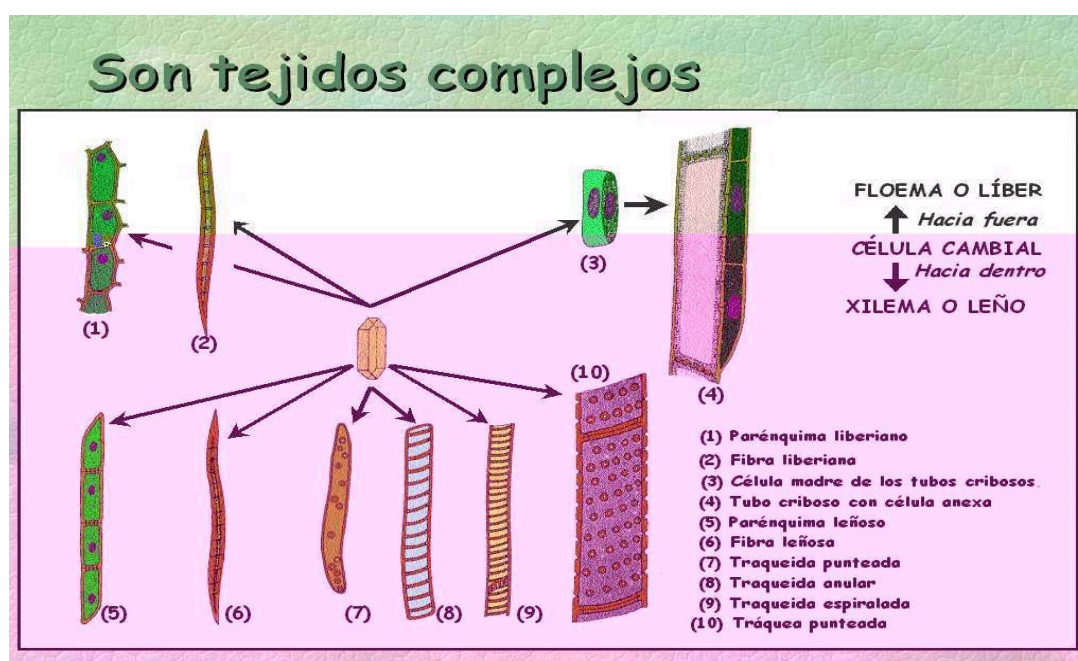


Figura 19.- tejidos conductores vegetales

Tejido leñoso o xilema

Transporta la savia bruta (compuesta por agua y sales minerales) desde las raíces hasta las hojas y está formado por distintos tipos de células: *elementos traqueales, fibras del xilema y células parenquimáticas*.

Tejido liberiano o floema

Transporta la savia elaborada (agua y nutrientes orgánicos sintetizados por la planta) desde las hojas al resto del vegetal. Está formado por distintos tipos de células: *células cribosas, células acompañantes, fibras y células parenquimáticas*.

Origen:

- Los tejidos primarios derivan del **procámbium**.
- Los tejidos secundarios derivan del **cámbium vascular**.

Actividad del procámbium o del cámbium vascular.

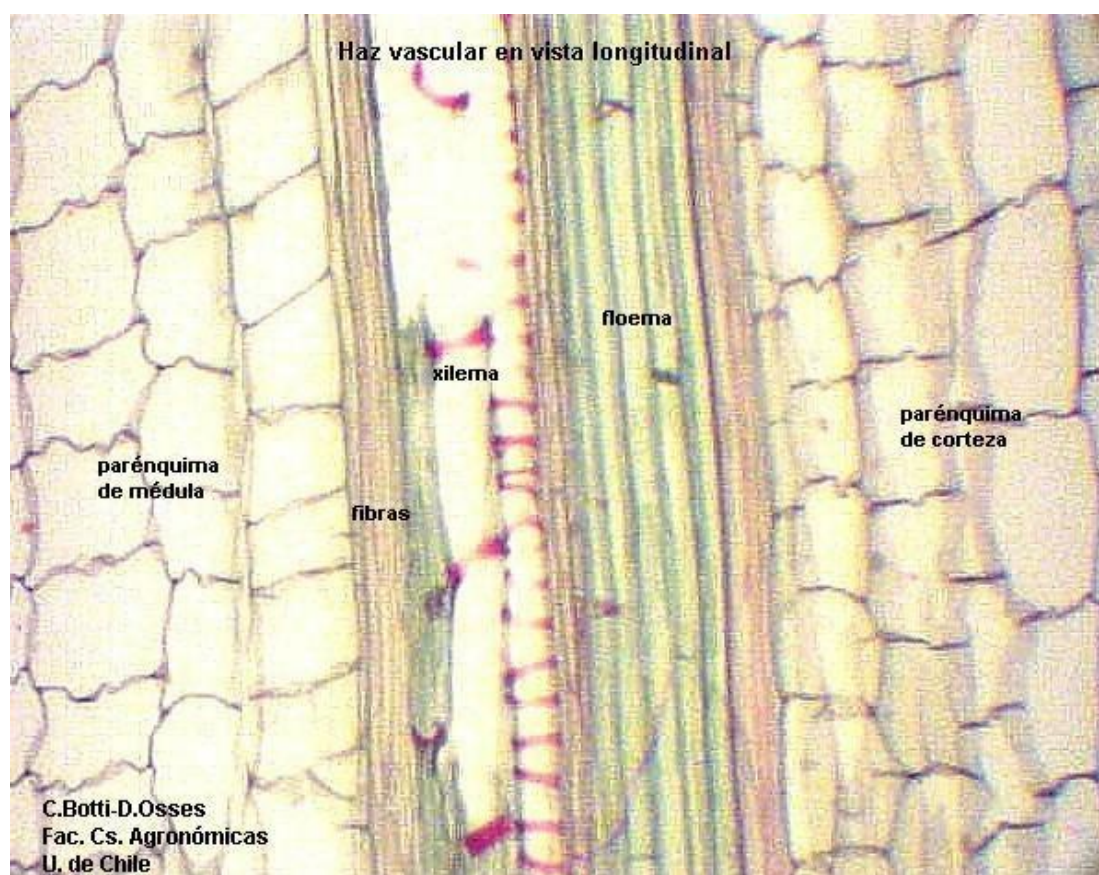


Figura 20.- tejidos conductores, fibras y parénquimas

1.- El Xilema. Caracteres generales.

- El **xilema** o **leño** se encarga del **transporte del agua y de sustancias disueltas** en ella desde la raíz al resto de la planta.
- Etimológicamente deriva de “*xilos*”, madera.
- El xilema forma la parte dura de la planta o madera.
- Macroscópicamente es más visible que el floema.

2.- El Xilema. Origen.

- El **xilema 1^{ro}** (protoxilema y metaxilema) deriva del **procámbium**.
- El **xilema 2^{ro}** deriva del **cámbium vascular** (sólo cuando hay crecimiento secundario).

3.- El Xilema. Tipos celulares vasculares y no vasculares.

3.1- Tipos **vasculares**:

- Los **elementos de los vasos o células traqueales** (forman las Traqueas y los vasos).
- Las traqueidas

3.2 Tipos **no vasculares**:

- Células parenquimáticas (parénquima axial y radiomedular).
- Fibras leñosas (esclerenquimáticas).

a.- Las **Tráqueas**

- Formadas por los llamados **Elementos de los Vasos**.

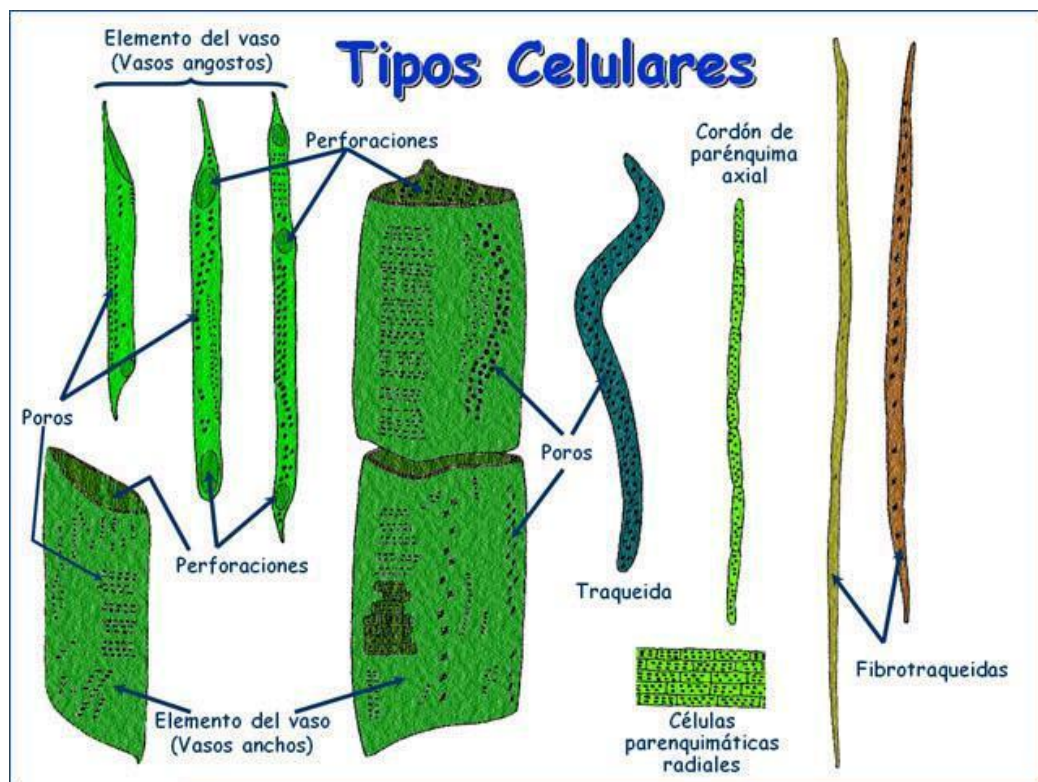


Figura 21.- diversos tipos de tejidos conductores vegetales.

- Se encuentran sólo en angiospermas (mono y dicotiledóneas).
 - ✓ En demás plantas vasculares hay **traqueidas**.

- Misión conductora y de sostén.
- Tamaño muy variable (10 cm longitud y 0,1 mm de espesor es lo corriente).
- Varios elementos de los vasos forman el tubo, vaso o traquea.
- Pueden llegar a medir de 1 a 5m y 0,7 mm de espesor.

a.1 Tipos de Tráqueas:

(Según los engrosamientos de las paredes celulares de los elementos de los vasos que las forman).

1.- En *xilema primario* (favorecen la extensibilidad).

- **Anulares:** engrosamientos en anillo.
- **Helicadas:** engrosamientos en hélice.

2.- En *xilema secundario*.

- **Reticuladas:** formando una red
- **Punteadas:** engrosamiento casi completo con punteaduras (areoladas o no).
- **Escarariformes:** con punteaduras alargadas.



Figura 22.- tipos de elementos de los vasos

➤ Diferenciación

- ✓ Engrosamiento por depósito de pared primaria.
- ✓ Aumento del engrosamiento por depósito, muy lignificado, de pared secundaria.