

Tema 30. Niveles de organización de los seres vivos. La diferenciación celular. Tejidos animales y vegetales.

1º E.S.O. Bloque 3. 1º Bach. Bloque 6.

SUMARIO

30.1. Los niveles de organización de los seres vivos.

30.2. Diferenciación celular

30.3. Los tejidos animales

30.3.1. Tejidos epiteliales

30.3.2. Tejidos conectivos

II. CARTILAGINOSO

III. TEJIDO ÓSEO

30.3.3. Tejidos musculares

TEJIDO MUSCULAR DE FIBRA LISA

TEJIDO MUSCULAR DE FIBRA ESTRIADA O ESQUELÉTICO

TEJIDO MUSCULAR CARDÍACO

30.3.4. Tejido nervioso

30.4. Los tejidos vegetales

30.4.1. El Talo y el Cormo como proceso filogenético de diferenciación. (OPCIONAL)

30.4.2. Concepto de tejido. Clases

30.4.3. Tejidos meristemáticos

☐ MERISTEMOS PRIMARIOS O APICALES

☐ MERISTEMOS SECUNDARIOS. Cambium vascular

30.4.4. Tejidos definitivos o adultos

☐ Los vasos liberianos o floema

PROTECTORES: Tejido epidérmico, Tejido suberoso

MECANICOS O DE SOSTÉN: Clénquima y esclerénquima.

SECRETORES

30.1. Los niveles de organización de los seres vivos.

Dentro de la jerarquía de los niveles de organización de la materia, y por encima del nivel molecular, está el **nivel celular**, donde las estructuras alcanzan el grado de complejidad necesario para manifestar propiedades vitales. Un organismo no es simplemente un mosaico de estructuras independientes, sino un sistema integrado y autorregulado, en el que la estructura y la función son inseparables.

Según el grado de complejidad se pueden considerar dos tipos de organización celular: la **célula procariota** y la **eucariota**. Además de estos dos niveles de organización celular se considera un tercer tipo de organización, formado por los virus, cuya extraordinaria simplicidad estructural y la carencia de metabolismo propio los convierte en organismos que se sitúan entre lo vivo y lo inerte.

Los **procariotas** son el conjunto de organismos unicelulares que constituyen el grupo de las **Moneras**, en el que se incluyen las bacterias, las algas cianofíceas y los micoplasmas. Carecen de verdadero núcleo aislado por una membrana nuclear; su material cromosómico está formado por ADN desnudo. El protoplasma está poco diferenciado y con escaso grado de compartimentización.

La célula eucariota es objeto de desarrollo en otro tema específico (contienen verdadero núcleo y alta compartimentación celular). Todos los demás seres vivos tienen células de este tipo.

Los individuos pluricelulares presentan una gran ventaja, su alto grado de coordinación funcional les permite responder a los más variados estímulos y aumentar su capacidad de respuesta; su principal inconveniente es la pérdida de independencia celular.

Las ventajas evolutivas que representa la división del trabajo fisiológico lleva a la selección de formas pluricelulares, en las que grupos de células más o menos numerosos, se agrupan para realizar funciones específicas y concretas; pudiendo sufrir alteraciones tanto estructurales como funcionales, que las lleva a un proceso de especiación.

A estas agrupaciones celulares morfológica y funcionalmente especializadas se las da el nombre de **Tejidos**; y a la parte de la Biología que los estudia **Histología**.

Un tejido no es una agrupación de células, sino el resultado de la actividad conjunta y coordinada de todas ellas.

La propuesta de **Whittaker** (1959) considera cinco reinos:

- **Reino de los Moneras:** agrupa a los organismos procariotas, lo constituyen las bacterias y las cianobacterias.
- **Reino de los Protoctistas:** agrupa a los seres vivos unicelulares o pluricelulares, pero de estructura muy simple y sin tejidos; lo constituyen las Algas y los Protozoos. Son ya organismos aerobios
- **Reino de los Hongos:** engloba a las levaduras, los mohos y los hongos superiores. Tienen apariencia vegetal, pero nutrición heterótrofa mediante la absorción de alimento previamente digerido en el exterior de las células gracias a la secreción de potentes enzimas.
- **Reino Metáfitas:** agrupa a los vegetales pluricelulares con tejidos, es decir a Briófitos y Traqueófitos (Pteridófitos y Espermatófitos). Tienen diferentes grados de diferenciación celular.
- **Reino Metazoos** agrupa a los animales pluricelulares, es decir Doblásticos y Triblásticos [Protostomas (Acelomados, pseudocelomados y celomados) y Deuterostomas]. Son heterótrofos. A partir de la célula huevo o cigoto, los metazoos adquieren la definitiva forma corporal a través del desarrollo embrionario. Sin embargo, no todos llevan a cabo las diferentes fases de este desarrollo. Un grupo bastante reducido detiene su desarrollo en la fase de gástrula (doblásticos); los demás poseen las tres hojas embrionarias (triblásticos).

Los cuatro últimos reinos incluyen la totalidad de individuos eucariotas.

30.2. Diferenciación celular

La diferenciación celular es uno de los temas frontera del conocimiento biológico. Establecer las causas por las que células dotadas de la misma información genética se transforman en células tan diferentes como una neurona o un glóbulo rojo constituye un enigma, cuya resolución se ha convertido en una de las principales inquietudes de la embriología moderna.

En los primeros estados de los procesos embrionarios, las células son totipotentes, es decir, que tienen capacidad para originar cualquier estirpe celular de este organismo.

El seguimiento de los cambios que van ocurriendo en el cigoto hasta que el nuevo individuo nace, se realiza por medio de diversas técnicas que manipulan embriones y modifican su curso normal. De ello se pueden deducir conclusiones acerca de los mecanismos implicados. Las técnicas empleadas son:

- destrucción de un trozo de embrión;
- trasplante de una porción de una zona a otra;
- explante o cultivo, en el laboratorio, de partes del embrión;
- tinción de un territorio y observación de su evolución;
- investigación de la acción de la t^a , las radiaciones, las hormonas y diversos productos químicos sobre el embrión;
- estudio de mutaciones homeóticas (ciertas mutaciones que afectan al desarrollo del embrión).

De estas investigaciones se ha averiguado que, en algunos animales (anélidos, moluscos e insectos) cada célula tiene marcado su destino precozmente en el conjunto del organismo, independientemente de los demás.

Hace tiempo se pensaba que cada hoja embrionaria originaba siempre el mismo tipo de tejido u órgano. Sin embargo, estudios más recientes demuestran que pueden ocurrir muchas alteraciones en el destino de las células de una capa embrionaria. Las células ectodérmicas de la rana (destinadas a dar el tubo neural), si son trasplantadas a un medio de cultivo idóneo en los primeros estadios de gastrulación, no se diferencian en tubo neural. Si repite la experiencia al final de la gastrulación, sí lo producirá. Asimismo, si un tejido embrionario encefálico, destinado a formar las capas oculares en el embrión de anfibios, se trasplanta a una región distinta de otro embrión, puede desarrollarse en ese lugar un ojo estructuralmente perfecto.

Otras experiencias llevadas a cabo por Spemann en vertebrados, nos permiten concluir que la diferenciación en las células ectodérmicas es estimulada por ciertas células vecinas (organizadores embrionarios) del embrión; o sea, un tejido embrionario interacciona con otro adyacente e induce a este a diferenciarse; éste, a su vez, estimula al siguiente y así sucesivamente. El trasplante de un organizador primario, de un embrión a otro, produce el desarrollo de dos individuos unidos.

En 1920, Spemann y sus colaboradores lograron demostrar que la región mesodérmica del labio dorsal de la gástrula es la responsable, en el embrión de rana, de la inducción de las células superiores ectodérmicas para formar el tubo neural. A esta estructura la denominaron organizador primario. La naturaleza del estímulo inductor y su mecanismo de acción todavía no se conocen. Las pruebas experimentales apuntan hacia un **inductor químico**. Sustancias tan diversas como iones inorgánicos, esteroides, proteínas y nucleoproteínas, producidos por los tejidos embrionarios, inducen la diferenciación incluso en tejidos de distintas especies. Una hipótesis acerca del mecanismo de acción sugiere que estos inductores activarían bloques de genes en las células inducidas, provocando en éstas una respuesta ya programada.

Resulta evidente que existe un bloqueo de algunos genes, mientras otros permanecen activados. Los diferentes tipos de células tienen diferentes genes bloqueados y activados. Las histonas parecen desempeñar un destacado papel en esta regulación génica.

La **heterocromatina facultativa** (ver tema 29) comprende zonas distintas en las diferentes células. Representa el conjunto de genes que, de manera específica, se inactivan a lo largo de la diferenciación celular. Es escasa en tejidos embrionarios, y aumenta cuando se especializan las células.

30.3. Los tejidos animales

Aunque siempre proceden de una misma célula inicial, las múltiples células del cuerpo de un animal pluricelular pueden llegar a diferir unas de otras mucho más que en las plantas. Las células animales

alcanzan mayor grado de diferenciación que las vegetales. Por tanto también están más diferenciados los tejidos y órganos formados; por esto son más complejos y variados en los animales que en los vegetales. Sin embargo el grado de modificación de las distintas células no es el mismo. Atendiendo a este carácter y a su aspecto fisiológico, se pueden dividir los tejidos animales en:

- **Tejidos con células poco modificadas:** tejidos de revestimiento, protección y secreción (epitelial, glandular) y tejidos de sostén o conectivos (conjuntivo, adiposo, cartilaginoso y óseo).
- **Tejidos con células muy modificadas:** muscular y nervioso, especializados para las funciones de relación.

Además de las células debe considerarse en los tejidos la sustancia intercelular, que puede ser líquida, semilíquida y sólida. Hay autores que consideran como sustancia intercelular la líquida y entonces consideran la sangre y la linfa como tejidos. Nosotros, sin oponernos a esta idea, no los estudiaremos por formar parte del tema 55 del Temario Oficial.

30.3.1. Tejidos epiteliales

Están formados exclusivamente por células que recubren y protegen la parte exterior del cuerpo y tapizan todas las cavidades internas.

Sus células tienen forma geométrica más o menos regular, poliédrica o prismática, y están poco modificadas, yuxtapuestas y sin sustancia intercelular.

La estrecha unión entre sus células impide por una parte la entrada de bacterias y otros microorganismos y por otra la pérdida de líquidos internos del organismo. Debido a esta disposición, una lámina de células epiteliales está en contacto con el aire o con los líquidos internos y la otra se encuentra unida al tejido conjuntivo. El tejido epitelial, al carecer de vasos sanguíneos, se nutre intercambiando sustancias a través del tejido conjuntivo que, en cambio, si suele estar muy vascularizado. Entre el tejido epitelial y el conjuntivo se sitúa una fina capa llamada lámina basal.

Distinguiremos el tejido epitelial propiamente dicho y el glandular, de especial función secretora.

I. TEJIDO EPITELIAL

Se puede clasificar según la forma de sus células y según el nº de éstas que posea. Atendiendo a la forma de sus células se clasifica en: pavimentoso (células planas), y cilíndrico (células prismáticas). Atendiendo al nº de capas: monoestratificado, de una sola capa, y pluriestratificado, de varias capas.

I.1. Pavimentoso o de células planas

- a) **Monoestratificado.** De células planas de contorno poligonal sinuoso, forma la pared interna de los vasos sanguíneos y de numerosos órganos internos (corazón, intestino, pulmones); se les llama **endotelios**. Las cavidades derivadas del celoma: peritoneal, pericárdica y pleural, están recubiertas por un endotelio particular llamado mesotelio.

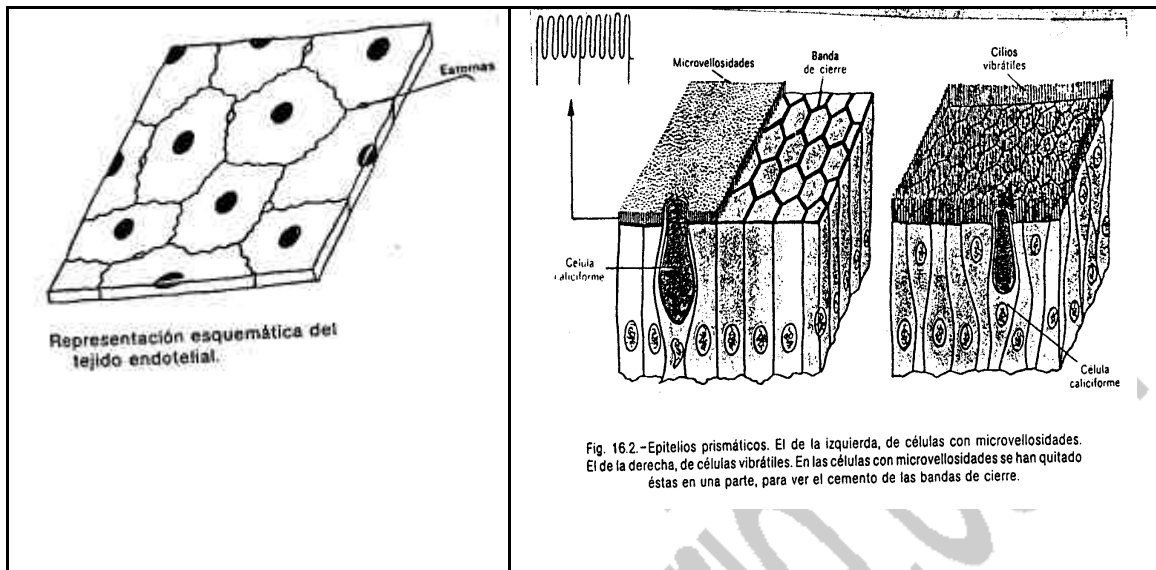
- b) **Pluriestratificado.** Para algunos su nombre es el de tejido epitelial tegumentario o epidérmico. Recubre la superficie externa de la mayoría de los animales terrestres, aunque variando la composición y distribución de sus distintas capas.

En el hombre la epidermis es un tejido que, por término medio, se renueva cada 28 días, sus células se forman continuamente por un proceso de diferenciación celular a partir de unas células cúbicas unidas a la membrana basal (**queratinocitos**).

Conforme se desprenden de ésta y emigran a la superficie, se van aplanando y cargando de gránulos de queratina, formando, primero, la **capa de Malpighi** y, después, la **capa granulosa**. Todas las células se encuentran unidas mediante desmosomas y bandas de cierre que aseguran su coherencia.

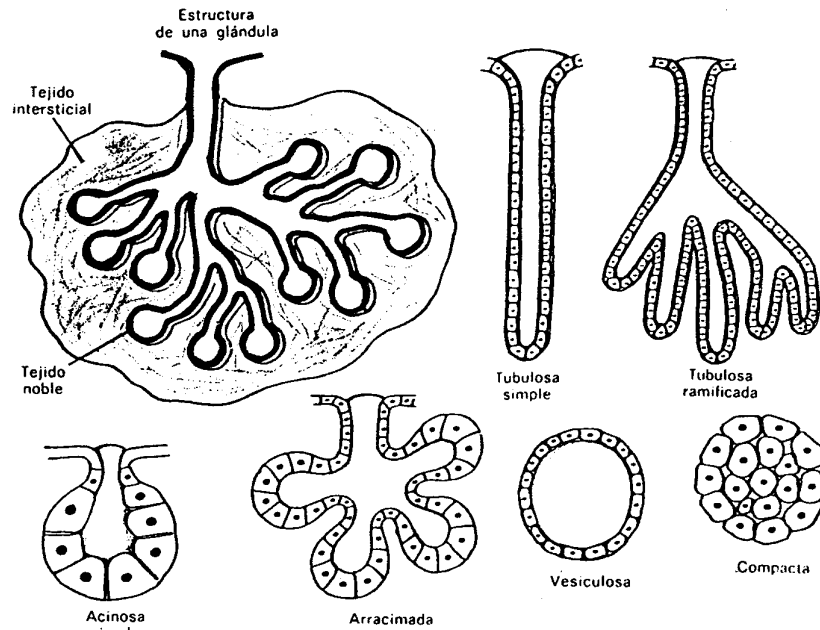
Por último, los **queratinocitos** pierden el núcleo y se transforman en corneocitos, que son células aplanadas, muertas, cargadas de queratina: Forman la **capa córnea** que impermeabiliza la piel y que está en permanente proceso de descamación.

Los tegumentos también recubren las aberturas naturales (boca, fosas nasales, ano, etc.). En la epidermis se encuentran también los anexos: uñas, glándulas sudoríparas, pelos y glándulas sebáceas, etc.



I. Cilíndrico

- Monoestratificado.** Las células se disponen sobre una **membrana basal**. Tapiza el tubo digestivo desde el píloro hasta el ano; antes se le denominaba epitelio con chapa debido al aspecto que tenía observado con el microscopio óptico. Al ME se ve que la supuesta "chapa" no son sino numerosos y finísimos repliegues de la membrana citoplasmática (**microvellosidades**), con lo que en ésta aumenta considerablemente la superficie de absorción..
Intercaladas entre estas células prismáticas, se hallan unas células con forma de copa que segregan sustancias lubricantes (mucus) que facilitan la progresión del alimento por el tubo digestivo; son las **células caliciformes**.
- Pseudoestratificado.** Se denomina así porque los núcleos de sus células se sitúan a distinta altura, dando una falsa impresión de varias capas. Es característico de los conductos respiratorios (fosas nasales, faringe, tráquea y gruesos bronquios), donde, por los numerosos cilios que tienen sus células, se les da también el nombre de **epitelio vibrátil**, entre el que también se intercalan células caliciformes..
- Pluriestratificado.** Células cilíndricas dispuestas en varias capas. En los vertebrados superiores sólo se encuentra en el acceso a las fosas nasales; en los inferiores, el intestino e incluso parte de la boca y el esófago presentan este tipo de tejido.



Estructura general de las glándulas y diferentes tipos de ellas.

II. GLANDULAR

Es una variedad del tejido epitelial formada por células cúbicas o prismáticas, capaces de elaborar productos útiles al organismo o de eliminar de éste las sustancias inútiles o perjudiciales. Las células secretoras pueden estar aisladas o intercaladas entre las vibrátiles y de chapa (las ya citadas células caliciformes), o bien agrupadas en órganos especiales llamados glándulas.

Se forman a partir de un epitelio, mediante un cordón de células que crecen hacia dentro, manteniendo o no un cordón de conexión con el citado epitelio. Según el medio al que vierten su contenido, las glándulas se clasifican:

- **Glándulas exocrinas**, de secreción externa o abiertas. Vierten su contenido al exterior del cuerpo (sudoríparas, sebáceas) o al tubo digestivo (salivares, gástricas, hígado, etc.) por medio de un conducto secretor. Se disponen en una sola capa limitando tubos (simples o ramificados) o acinis (simples o arracimados). Por su forma pueden ser tubulosas (sudoríparas), arracimadas, acinosas (salivares), simples y ramificadas, etc.
Otro criterio de clasificación es el de glándulas excretoras (sudoríparas) y secretoras (salivares).
- **Glándulas endocrinas**, cerradas o de secreción interna. Carecen de tubo secretor y vierten su producto a la sangre ya que pierden su conexión con el tejido epitelial. Son endocrinas las glándulas productoras de hormonas, tales como el tiroides, la hipófisis, etc.
Se reúnen limitando cavidades esféricas cerradas (vesículas); o bien se agrupan en masas compactas sin cavidad. Ambos tipos dan lugar a las llamadas glándulas endocrinas vesiculares y macizas.
- **Glándulas mixtas**. Actúan simultáneamente como exocrinas y endocrinas. Ejemplo: páncreas y glándulas sexuales.

30.3.2. Tejidos conectivos

Son los tejidos más abundantes del cuerpo humano. Sus principales funciones son las de servir de elementos de sostén formando el esqueleto y rellenar los huecos que dejan entre sí otros tejidos o los diversos órganos.

Todas sus células proceden del **mesénquima embrionario** (Mesodermo), al igual que las células sanguíneas. Su característica primordial es la de poseer entre sus células gran cantidad de **sustancia intercelular**, constituida entre otros por **fibras**, con lo que aquellas están muy separadas unas de otras.

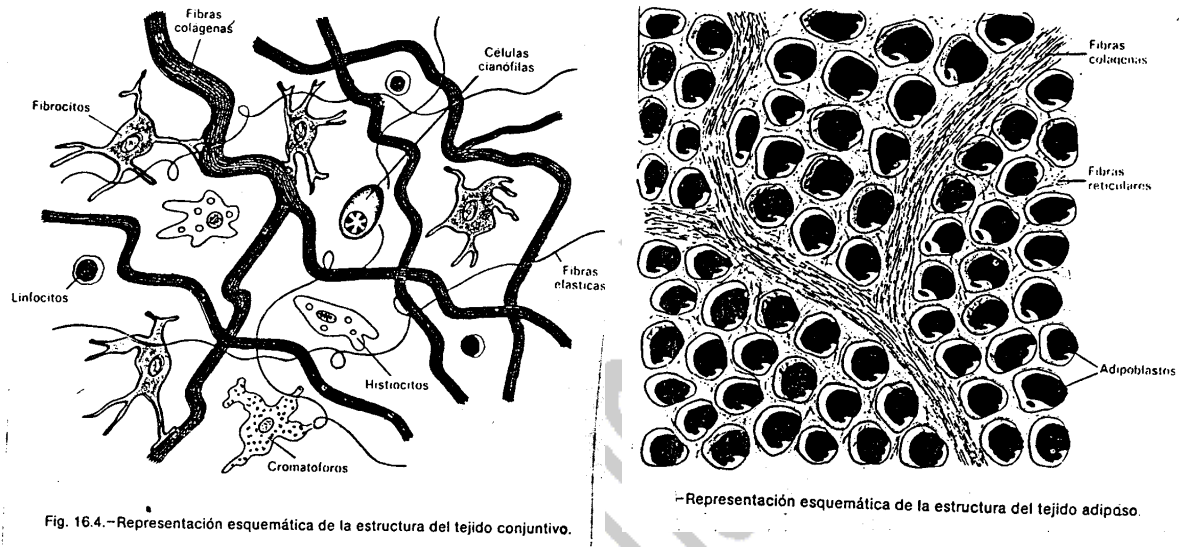
De acuerdo con esto, en todo tejido conectivo deben considerarse los siguientes componentes: células y sustancia intercelular (amorfa o interfibrilar y fibras).

A este grupo pertenecen los tejidos conjuntivo, adiposo, cartilaginoso y óseo.

I. CONJUNTIVO

Se caracteriza porque en su sustancia intercelular abundan las fibras de naturaleza proteica, y por presentar varios tipos celulares distintos. Desempeña la misión de unir órganos entre sí; forma cubiertas protectoras en torno a ellos y rellena los huecos que quedan entre unos y otros. Se extiende además en una capa continua bajo la epidermis, constituyendo la dermis de la piel.

Hay diversas variantes de tejido conjuntivo, que podemos resumir en las tres siguientes: Conjuntivo laxo, conjuntivo fibroso y adiposo.



a) CONJUNTIVO LAXO

Se puede considerar como modelo de tejido conjuntivo, del cual derivan los demás tipos por proliferación de alguno de sus componentes. Es un tejido de relleno, está recorrido por capilares sanguíneos y linfáticos, resultando como el intermediario entre el aparato circulatorio y las células del cuerpo.

Su **sustancia intercelular** está formada por agua abundante en cuyo seno se encuentran disueltas las sustancias que las células del organismo necesitan o los productos de desecho. Se le llama también plasma intersticial.

Entre las **fibras de la sustancia intercelular** destacan las de:

- **Colágeno**, son las más gruesas y le dan consistencia al tejido. El colágeno es una escleroproteína que por ebullición se transforma en gelatina. Se agrupan en haces, describiendo cursos sinuosos en la sustancia intercelular. Son muy flexibles y resistentes a la tracción.
- **Elásticas**, le dan elasticidad al tejido, son más finas y abundantes que las anteriores. Están compuesta de la proteína elastina, que se entrecruza con los haces de colágeno formando círculos. Resisten la ebullición, y a los ácidos y álcalis diluidos, pudiéndose separar del colágeno.
- **Reticulares**, son las más finas. Forman un entramado tridimensional que contribuye a dar consistencia al tejido.

En cuanto a los **tipos celulares**, podemos destacar:

- **Fibroцитos** (células fijas), grandes, alargadas, de forma estrellada; son las formadoras de las fibras del tejido. Permanecen unidas entre sí por largos y tenues filamentos.

- **Macrófagos** (histiocitos), de aspecto fusiforme o discoidal, con capacidad de desplazamiento y cuya principal característica es la de poseer función fagocitaria, especialmente frente a gérmenes infecciosos (forman parte del Sistema Retículo Endotelial). Son deformables, y se corresponden con los macrófagos o monocitos de las células sanguíneas.
- **Melanocitos** (cromatóforos), grandes células cargadas de gránulos de pigmentos (melanina en el caso del hombre). Abunda en la dermis de la piel, siendo la causa de su pigmentación (se acumulan en pecas y lunares).
- **Mastocitos** (células cebadas), grandes y redondeadas, con el citoplasma cargado de gránulos de heparina (impide la coagulación sanguínea), regula la permeabilidad de los capilares sanguíneos; intervienen en los procesos inflamatorios.
- **Células plasmáticas** (cianófilas), algo menores que las anteriores, redondeadas; son productoras de anticuerpos; están relacionadas con los linfocitos de la sangre y linfa.
- **Adipoblastos**, células grandes, redondeadas, cargadas de gotas de grasa que ocupan casi todo el citoplasma; tienen función, entre otras, de reserva alimenticia.

En sentido estricto sólo los tres primeros tipos de células son exclusivos del tejido conjuntivo que, por el contenido en sustancia intercelular, podemos distinguir varios tipos: **Embrionario** (poca sustancia intercelular y fibras), **gelatinoso** (cordón umbilical), con mucha sustancia intercelular; **elástico** (respiratorio), con abundantes fibras elásticas; **reticular** (médula ósea), abundante en fibras reticulares.

b) CONJUNTIVO FIBROSO

En este tejido conjuntivo predominan las **fibras de colágeno**, y como tipo celular los fibroцитos. Es el tejido formador de los tendones y otras formaciones fibrilares, caracterizadas por su elasticidad y resistencia a la rotura.

c) ADIPOSEO

En él predominan los **adipocitos y las fibras de colágeno** forman una red muy fina; como el tejido conjuntivo laxo posee abundantes vasos sanguíneos. Los adipocitos tienen una forma más o menos esférica cuyo citoplasma está casi totalmente ocupado por grasa, desplazando al núcleo hacia la periferia. Al perder la grasa las células recobran su aspecto primitivo de fibroцитos.

Este tejido se dispone en la parte profunda de la dermis de la piel, donde puede formar el **panículo adiposo**, que en las personas obesas puede constituir una capa de varios centímetros. La distribución del panículo adiposo es diferente en el hombre y en la mujer, constituye un carácter sexual secundario.

También se encuentra envolviendo vísceras (riñones, pulmones, hígado, corazón) y forma, así mismo, la **médula amarilla o tuétano** que ocupa la diáfisis de los huesos largos.

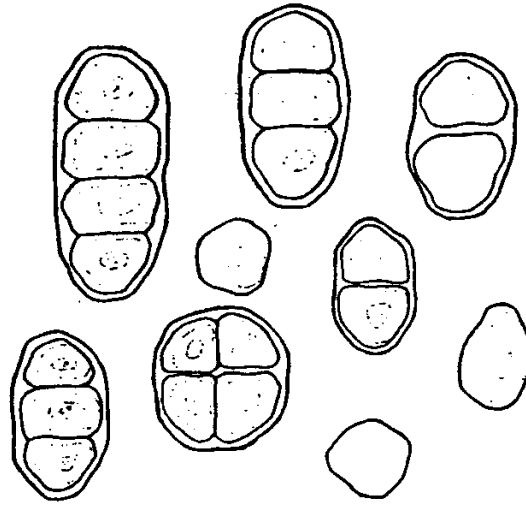
Este tejido es fundamentalmente una **reserva** de materias nutrientes (grasa de reserva y de constitución). El panículo adiposo subcutáneo protege el cuerpo contra la irradiación de calor, al tiempo que desempeña también una función mecánica, sirviendo como cojinete elástico, por lo que abunda en el lado flexor de las articulaciones y en la planta de los pies.

II. CARTILAGINOSO

Forma parte del **esqueleto** de los vertebrados. También se encuentran formaciones cartilaginosas en la oreja de los mamíferos, laringe, tráquea, etc. Se trata, por consiguiente, de un tejido de sostén dotado de una cierta elasticidad pese a su gran resistencia.

Una de sus características es la de no poseer vasos sanguíneos, por tanto, las sustancias alimenticias necesarias para el mantenimiento de la vida de sus células llegan por difusión a partir de una envuelta de tejido conectivo especial (**pericondrio**), tejido fibroso ricamente vascularizado. Sus células (**condroblastos o condrocitos**) se agrupan en nº de dos, tres o cuatro alojadas en huecos excavados entre la sustancia intercelular (cápsula) formando los llamados **grupos isógenos**, quedando, por tanto, inmovilizadas. Esta

sustancia intercelular es sólida y elástica por estar impregnada de la proteína **condrina**. Según las características de la sustancia intercelular distinguimos:



-Representación esquemática del tejido cartilaginoso

- **Cartílago hialino.** La sustancia intercelular es muy homogénea y está formada por una trama de delgadas fibrillas, unidas por un cemento homogéneo que enmascara la estructura fibrilar. Forma los cartílagos articulares, costales, nasales, traqueales y bronquiales.
En el embrión forma la matriz de la mayoría de los huesos (**huesos de cartílago**), que posteriormente será sustituido por tejido óseo (**osificación endocondral**). Con la edad este cartílago envejece y presenta síntomas de calcificación.
- **Cartílago fibroso.** Forma los discos intervertebrales y la sínfisis púbica. La sustancia intercelular es muy escasa y está formada por fibras de colágeno.
- **Cartílago elástico.** Forma parte del pabellón de la oreja, la epiglotis y los anillos bronquiales. Su color es ligeramente amarillento debido a las fibras de elastina que entran en su composición.

III. TEJIDO ÓSEO

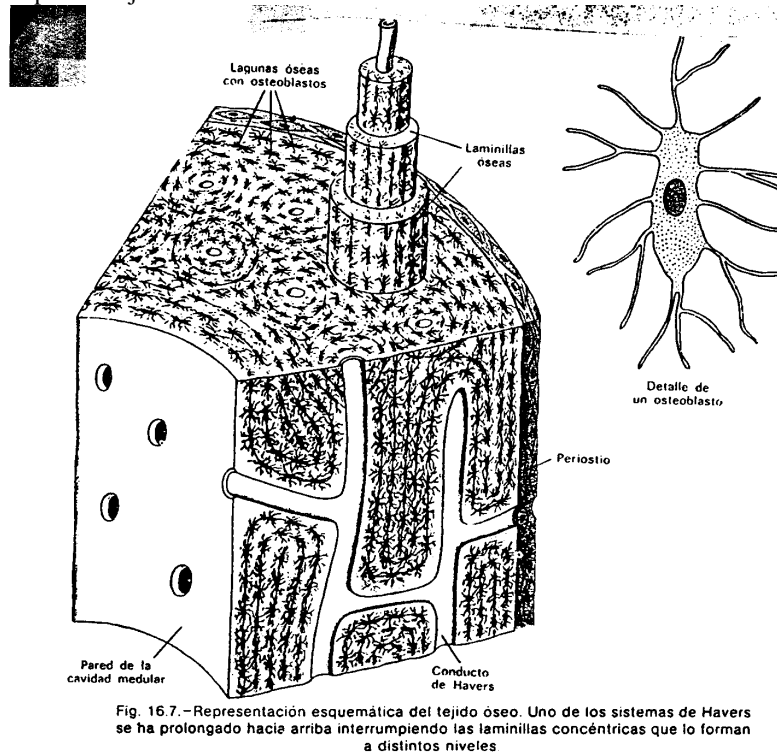
Constituye las piezas óseas del **esqueleto de los vertebrados** (excepto en los Elasmobranquios) y está dotado de gran resistencia a la presión y a la tracción. como tejido conectivo que es, tiene células y sustancia intercelular.

Las células óseas son los **osteocitos (osteoblastos)** de aspecto estrellado. Se trata de células conjuntivas o cartilaginosas transformadas en óseas por impregnación de sales cálcicas (fosfatos y carbonatos cálcicos). Los osteocitos aparecen alojados en unas **cavidades o lagunas óseas**, comunicadas entre sí por una red de finos **conductos calcóforos**. Como consecuencia de su actividad se forma la sustancia intercelular.

La mayor parte del tejido está ocupado por la sustancia intercelular, comprende una porción orgánica (**osteína**) con abundantes fibras de colágeno que dota de elasticidad al hueso y una porción inorgánica impregnada de **sales cálcicas** (fosfatos, carbonatos, fluoruros) que proporciona dureza y fragilidad al hueso. La proporción de ambas va variando a lo largo de la vida del hombre, con la edad va aumentando la cantidad de sales minerales y disminuyendo la proporción de materia orgánica, lo que supone que a la vejez los huesos son más quebradizos.

La parte orgánica, en huesos frescos, se puede eliminar por calcinación, mientras que los ácidos atacan la parte mineral, quedando el hueso en idéntica forma, pero flexible.

Según la disposición que adopta el tejido conjuntivo fibrilar en la sustancia fundamental ósea, distinguimos dos tipos de tejido óseo:



Tejido óseo compacto.

Está formado por diversos sistemas de láminas concéntricas, recorridas longitudinalmente por numerosos canalículos, llamados **conductos de Havers**, por los que discurren los vasos sanguíneos y nervios que dan vida al hueso. Además de éstos, hay en el hueso otros conductos en sentido transversal, llamados **conductos de Volkman**, que arrancan del periostio o de la cavidad medular y desembocan en los conductos de Havers. Las lagunas óseas y los osteocitos se encuentran dispuestos en láminas concéntricas formando parte de los sistemas de Havers u **osteonas**. Los osteocitos comunican entre sí a través de finos conductos.

Esta variedad se localiza en la periferia de los huesos y en la **diáfisis** (parte central) de los huesos largos.

Tejido óseo esponjoso.

Está formado por una trama esponjosa de láminas entrecruzadas y sus huecos están relleno de **médula roja**, con una importante función hematopoyética, puesto que en ella se forman las células de la sangre. Se localiza en la epífisis de los huesos largos (extremos) y en el interior de los cortos y anchos.

El **periostio** es una delgada capa de tejido conjuntivo que recubre el hueso, salvo la zona de cartílagos articulares y origina el crecimiento en grosor, formando capas concéntricas por la parte externa del hueso. En caso de lesión o fractura ósea, el periostio es el que condiciona la unión de las partes rotas o de la cicatrización de la herida.

La mayoría de los huesos del cráneo y de la cara se denominan **huesos de membrana**, porque se desarrollan por osificación de una masa de tejido conjuntivo situado entre dos membranas. Los huesos del resto del esqueleto se denominan **huesos de cartílago**, porque se desarrollan por osificación del cartílago hialino.

30.3.3. Tejidos musculares

Forman los músculos, órganos responsables del movimiento, y se caracterizan por estar constituidos por células muy especializadas para contraerse por imperativos del sistema nervioso. De acuerdo con su

diferenciación anatómica sus células son muy largas (**fibras musculares**) y en su citoplasma se han diferenciado unas proteínas filamentosas contráctiles, denominadas **miofibrillas**.

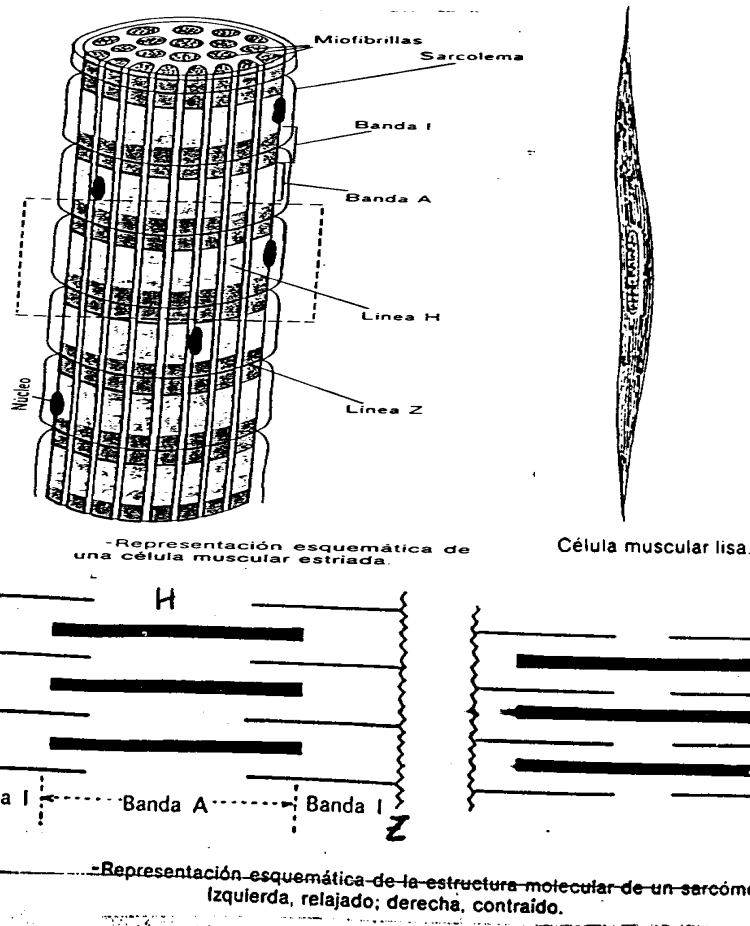
El citoplasma de las fibras musculares recibe el nombre de **sarcoplasma** y su membrana el de **sarcolema**. Poseen abundantes mitocondrias en las que se produce la energía necesaria para la contracción. Un orgánulo muy característico es el **retículo sarcoplásmico**, semejante al R.E.L., que es el responsable de la transmisión contráctil a todos los lugares de la célula. Dentro de los tejidos musculares se distinguen tres variedades:

TEJIDO MUSCULAR DE FIBRA LISA

Sus células son alargadas (de 25 a 100 μm), fusiformes y con un solo núcleo alargado que ocupa una posición central. Sus miofibrillas no forman estriaciones y se disponen longitudinalmente en el citoplasma, ocupando casi todo su contenido, muy apretadas y en disposición paralela.

Este tejido se caracteriza por la **lentitud en su contracción**, que obedece a los impulsos del sistema nervioso autónomo y es, por tanto, **involuntaria**, excepto en el esfínter vesical (vejiga de la orina). Aunque las contracciones son lentas, son de larga duración, pues se trata de un tejido muy resistente a la fatiga.

Constituye la musculatura de los órganos viscerales y vasculares (respiratorio, digestivo, genitourinario, vasos sanguíneos, piel y ojo). En los invertebrados no artrópodos es el único **tejido muscular** existente.



TEJIDO MUSCULAR DE FIBRA ESTRIADA O ESQUELÉTICO

Es el tejido que forman los músculos que se insertan en los huesos, de aquí el nombre de **músculos esqueléticos**; éstos son de **control voluntario**.

Son fibras de **contracción rápida**. Son cilíndricas y de gran longitud (hasta 15 cm). Son células **plurinucleadas**, su retículo sarcoplásmico, origina una red de tubos que rodea a las miofibrillas de **actina** y **miosina** (ambas proteínas contráctiles) y aporta calcio a las células durante la contracción. Además poseen glucógeno y **mioglobina** que les da un color rojo característico. Las miofibrillas se encuentran

ordenadas de forma regular, de manera que el aspecto que ofrecen al microscopio es el de una alternancia de bandas o estrías claras y oscuras.

Las bandas claras se llaman bandas I y presentan en su centro una línea oscura llamada línea Z. Las bandas oscuras se llaman bandas A y en su centro destaca la llamada línea H (línea clara sólo visible si el músculo está relajado). El segmento de miofibrilla comprendido entre dos líneas Z se denomina **sarcómero** y se puede interpretar como una unidad que se va repitiendo a lo largo de la miofibrilla.

Un sarcómero es una estructura cilíndrica, de cuyos extremos parten hacia el interior unas estructuras proteicas llamadas filamentos delgados. En la parte central del sarcómero existe un haz de filamentos gruesos, también de naturaleza proteica, que se intercalan regularmente entre los filamentos delgados, de modo que cada filamento grueso está rodeado por seis filamentos delgados, y cada filamento delgado separa dos o tres filamentos gruesos.

El filamento delgado tiene aspecto de cuerda de nudos: el equivalente de la "cuerda" es un polímero de la proteína actina, y los "nudos", dispuestos a intervalos regulares, están constituidos por la proteína globular **troponina**.

El filamento grueso consta fundamentalmente de unas 400 moléculas de miosina, formando un haz compacto. La miosina es una proteína en forma de "palo de golf", cuya cabeza puede apartarse elásticamente del haz de miosina que forman el filamento grueso.

La contracción en el músculo estriado se desencadena cuando las neuronas motoras descargan acetilcolina en sus terminaciones (**placa motriz**), produciendo un cambio en la permeabilidad del retículo sarcoplásmico y originando la salida de Ca^{++} que, en presencia de ATP, dan lugar al desplazamiento entre los filamentos de actina y miosina; se acortan todos los sarcómeros y, por tanto, el músculo se contrae.

Las fibras se organizan formando los músculos, el sistema de unión de unas fibras con otras está a cargo del tejido conjuntivo, ricamente vascularizado e innervado, que posee varias envueltas:

- El **endomisio** que recubre directamente cada fibra muscular.
- El **perimisio** que envuelve un haz de células musculares.
- El **epimisio** que es la capa más externa y que rodea al músculo en su conjunto.

En los animales vertebrados forma la musculatura del cuerpo, conocida vulgarmente como "carne". Los invertebrados de movimientos rápidos (artrópodos) también presentan este tipo de musculatura.

TEJIDO MUSCULAR CARDÍACO

Como su nombre indica, es el tejido que forma la masa muscular del corazón (miocardio). Pese a tener una contracción rápida, ésta es involuntaria. Observado al microscopio presenta gran semejanza con el tejido muscular estriado, sus células poseen un único núcleo en posición central, presenta estriaciones transversales y se encuentra bifurcado lo que permite a sus células entrar en contacto entre sí.

30.3.4. Tejido nervioso

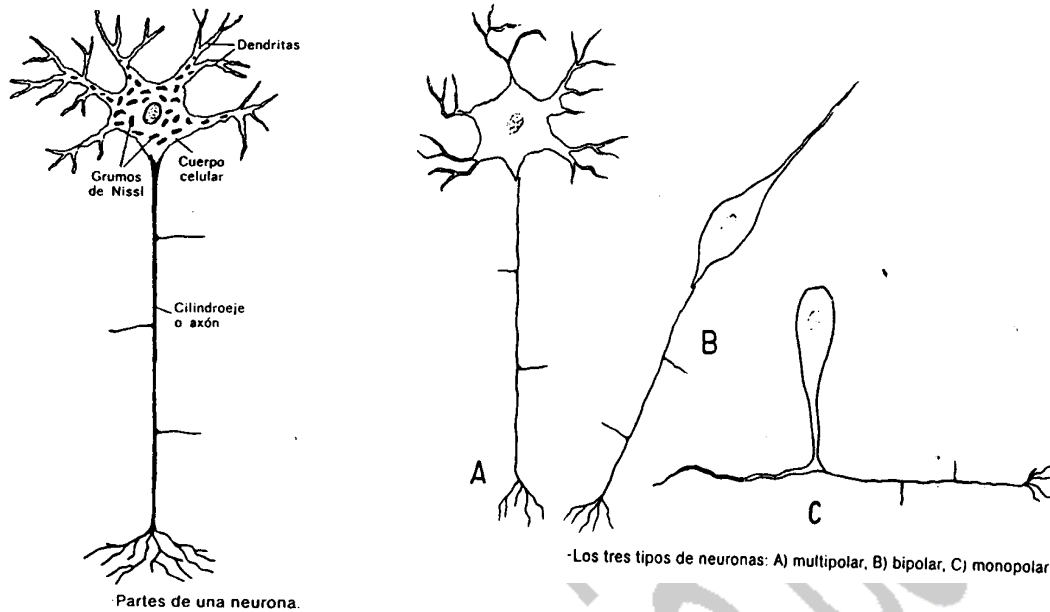
Se trata de un tejido altamente especializado para la conducción de estímulos entre las distintas partes del organismo. Constituye los órganos del sistema nervioso (encéfalo, médula espinal, nervios, etc.). Está formado por las células nerviosas o **neuronas**, que son su componente esencial y básico, y varios tipos de **células de la glía**, cuya función es subsidiaria a la de las neuronas.

a) NEURONAS

Constituyen la unidad estructural y funcional del tejido nervioso. Estas células están muy ramificadas, aunque parece que forman amplias redes celulares, son unidades independientes; o sea, que las relaciones que establecen entre sí son de simple contacto, pero sin que exista soldadura entre ellas: Los pequeños espacios que separan las conexiones de unas neuronas con otras se denominan **sinapsis**.

Son células de cuerpo estrellado, de tamaño y forma diferentes, pero todas poseen un cuerpo celular llamado **soma** o pericarion, del que surgen dos tipos de ramificaciones: las **dendritas**, más cortas y muy

ramificadas, y el **axón o cilindroeje**, más largo y sólo ramificado en su extremo final. A los largos axones y a las dendritas se les llama fibras nerviosas.



El soma o cuerpo celular, tiene todos los elementos característicos de las células muy activas: R.E., mitocondrias, núcleo, ribosomas (**antiguos grumos de Nissl**), etc. Unas de las más notables formaciones del citoplasma son las **neurofibrillas**, que se disponen formando una complicada red. Carecen de centrosoma (no se dividen). Si no se destruye el cuerpo celular y sólo se ha seccionado el axón, éste puede volver a unirse si mantenemos los extremos yuxtapuestos durante tiempo.

La pérdida de la capacidad mitótica es consecuencia del proceso de diferenciación celular. El alto grado de especialización que alcanzan las neuronas en la captación y transmisión del impulso nervioso requiere gran cantidad de aporte energético y gran capacidad de síntesis de diferentes moléculas; la pérdida de la capacidad mitótica supone un ahorro energético y ahorro de materiales; lo que va en mejora de funciones tales como la conductibilidad y la excitabilidad.

El **axón** puede alcanzar varios cm de longitud, puede estar o no rodeado de una cubierta formada por las **células de Schwann**, dispuestas de manera enrollada a su alrededor. Éste conjunto, que recibe el nombre de **vaina de mielina** (por contener estas células una sustancia grasa con ese nombre, que actúa como aislante), no forma un recubrimiento continuo, sino que entre vaina y vaina queda una zona del axón desnuda (**nódulo de Ranvier**).

Las neuronas con vaina de mielina conducen los impulsos nerviosos a mayor velocidad que las neuronas desnudas, cuyos axones carecen de mielina (la velocidad también depende del diámetro de la fibra: a mayor diámetro mayor velocidad).

Los axones y sus vainas envolventes constituyen las fibras nerviosas, que al agruparse en haces, forman los nervios. Por tanto las fibras nerviosas pueden ser mielínicas (blancas) o amielínicas (grises). Éstas están formadas por agrupaciones de varios axones rodeados por una única célula de Schwann que no posee mielina.

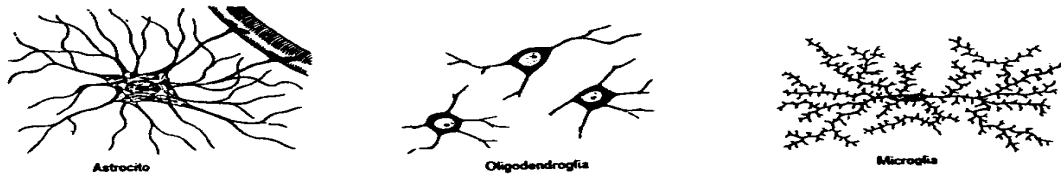
El tipo general de neurona que acabamos de describir presenta tres modalidades, según el nº y disposición de las expansiones que parten del cuerpo celular:

- **Neuronas multipolares.** De cuerpo celular salen un axón y varias dendritas.
- **Neuronas bipolares.** Con sólo dos expansiones, una dendrita y un axón.
- **Neuronas monopolares.** Provista de una sola prolongación en forma de T, una de cuyas ramas tiene la significación de las dendritas y la otra del axón, son las llamadas pseudomonopolares, presentes en los ganglios raquídeos. Las monopolares, que poseen una única prolongación que es el axón, son poco frecuentes.

La transmisión del impulso nervioso está polarizada, de manera que se efectúa siempre en un sentido, yendo de un polo a otro de la célula, transmitiéndose desde la dendrita al cuerpo neuronal y alejándose desde éste hasta la terminación del axón.

b) CÉLULAS DE LA GLÍA O GLIALES

Constituyen el elemento intersticial de los centros nerviosos y de los nervios. Se dividen en dos grupos:



-Tipos de células de neuroglia. (Según Junqueira.)

b₁) Neuroglía.

Formada por un conjunto de células de aspecto estrellado: **astrocitos** (presentan numerosas ramificaciones lisas) y **oligodendrocitos** (menores que los anteriores y con escasas y cortas prolongaciones). Estas células se encuentran dispersas por el sistema nervioso y cumplen las siguientes funciones:

- Estructural, como soporte de unión entre células nerviosas y formando una cubierta aislante sobre las ramificaciones de las neuronas (mielina).
- Reparadora. Dado que, al contrario que las neuronas, mantienen su capacidad de división para ocupar el espacio libre dejado por una neurona muerta.
- De nutrición del tejido, mediante la emisión de prolongaciones hasta los vasos sanguíneos para extraer los nutrientes.

b₂) Microglía.

Son células pequeñas con capacidad fagocitaria. Tienen un cuerpo alargado, con núcleo de la misma forma. Presentan un gran nº de prolongaciones ramificadas, de contorno espinoso. Poseen función defensiva y de limpieza de los productos de desintegración del tejido nervioso.

OPCIONAL. Pueden clasificarse las neuronas atendiendo a criterios fisiológicos:

- **Neuronas o fibras aferentes o sensitivas:** van del receptor al S.N.C. y transportan información procedente de cualquier cambio ya sea externo o interno.
- **Neuronas o fibras eferentes:** transmiten las respuestas elaboradas en el S.N.C. hasta los órganos efectores. Se dividen en: **Vegetativas**, cuando inervan glándulas o músculos de contracción involuntaria; y **Motoras**, si inervan músculos esqueléticos responsables de contracciones voluntarias.
- **Interneuronas o neuronas de asociación:** que conectan neuronas entre sí. En el caso más simple conectan una sensitiva con una efectora. Comienzan y terminan en el **S.N.C.** y suponen el 97 % del total de neuronas.

Los cuerpos de las neuronas suelen estar alojados en el interior del S.N.C., agrupados en núcleos (encéfalo, médula espinal); a veces están en la periferia agrupados en ganglios.

Las fibras nerviosas (prolongaciones de las neuronas) constituyen el **S. N. Periférico**; tienen tendencia a agruparse en haces, se rodean de tejido conjuntivo y forman los nervios (sensitivos, motores o mixtos).

30.4. Los tejidos vegetales

30.4.1. El Talo y el Cormo como proceso filogenético de diferenciación. (OPCIONAL)

En el curso de la evolución, la estructura vegetal gana en complejidad y en organización. En función de los datos aportados por la Paleobotánica y los suministrados por el estudio de las especies existentes en la actualidad se puede reconstruir el curso evolutivo de los vegetales.

La primera utilización del término "Talo" (haciendo referencia al cuerpo vegetativo de los líquenes) se debe a Zacharías (1880). Más tarde este concepto fue utilizado para denominar cualquier cuerpo vegetativo no diferenciado en órganos (raíz, tallo y hojas); denominándose Talófitos a los vegetales que presentan Talo, y Cormófitos a aquellos vegetales cuyos tejidos se estructuran formando elementos conductores bien diferenciados, presentando raíz, tallo y hojas.

En sentido amplio, se entiende por tejido celular, a toda asociación íntima de células de características morfológicas y fisiológicas similares. Mientras que los tejidos formados por filamentos tubulosos que se entrecruzan y sueldan entre sí, se denominan pseudotejidos o falsos tejidos.

Las células de los talos son relativamente homogéneas, esféricas o cilíndricas, en las cuales se realizan casi las mismas funciones, con excepción de algunas dedicadas a la reproducción; para denominarlas se suele utilizar el término parénquima.

La evolución ha hecho que algunas Talófitas presenten formas muy adaptadas, análogas a las Cormófitas, pero de vida acuática con órganos análogos (rizoide, taloide), formados por pseudotejidos de células plurinucleadas por lo que resulta difícil una clara división de funciones.

Los talos, como consecuencia del necesario aumento de superficie, se ramifican comenzando por un desarrollo de diferenciación polar del ápice y del pie, éste se fija al sustrato por sustancias mucilaginosas y pécticas. Cuando el talo es alargado, el crecimiento se reduce a zonas específicas (puntos vegetativos) que pueden situarse, en el ápice (crecimiento apical o termina), o en una o varias zonas intermedias (crecimiento intercalar). En los puntos vegetativos están las células encargadas del crecimiento que, según la ramificación (lateral o dicotómica) se tabican transversalmente o longitudinalmente.

La diferenciación funcional de las distintas zonas del Talo, hace que se altere la uniformidad parenquimática, modificándose la forma, contenido y membrana de las células, iniciándose así diversas clases de tejidos: los externos asimiladores, y los internos conjuntivos y de reserva. Dada la vida acuática de las Talófitas no hay diferenciación de tejidos conductores, no obstante en Feofíceas existen análogas modificaciones.

La célula apical de crecimiento se presenta como indicadora filogenética, en el Cormo más antiguo (Arquegoniadas), con algunas excepciones (ciertas Lycopodinas en las que en lugar de la célula apical hay un grupo de ellas, pudiéndose hablar ya de meristemos). Los meristemos se van diferenciando cada vez más, llegándose a distinguir varios sectores, encargados de producir el resto de los tejidos vegetales de las Cormofitas más evolucionadas (Angiospermas), algunas veces un sector meristemático especial es el encargado de la formación de la cofia o piloriza de la raíz. En muchas Cormófitas se forman meristemos secundarios que hacen engrosar el cormo adulto (tallos y raíces). Estos meristemos se inician en la Pteridofitas, y dan carácter a las más antiguas ya que desaparecen en las más modernas, al igual que sucede con las Angiospermas más modernas (Monocotiledóneas).

El Talo y el Cormo no caracterizan de forma absoluta a Talófitas y Cormófitas, ya que algunas de éstas presentan fases de desarrollo alternante que es de morfología y estructura taloide (Gametofito o protalo).

Las Talófitas autótrofas, elaboran proteínas y grasas como productos de reserva al igual de como lo puede hacer una planta superior Cormófitas, lo mismo sucede con el proceso de la respiración en autótrofos y heterótrofos.

No obstante las Talófitas suelen presentar algunas funciones que no poseen las Cormófitas, como la de la fijación del Nitrógeno atmosférico, la realización de fermentaciones, catalizar algunas reacciones inorgánicas, contienen, además, pigmentos similares a la clorofila. Los movimientos de los vegetales (taxias, tropismos y nastias) se presentan en todos los vegetales.

En resumen:

Se denomina **Talo** a una organización del cuerpo de los vegetales en la que todas sus células son aparentemente similares y desempeñan las mismas funciones (excepto las de los aparatos reproductores).

Se trata de vegetales pluricelulares, generalmente acuáticos o ligados a ambientes muy húmedos, con una pared celular celulósica, de quitina o de ambas, con un grado de diferenciación variables y que en la mayoría de los casos no llegan a formar verdaderos tejidos. Responden a la organización tipo Talo tres grupos principales de seres vivos: Algas, Hongos y Líquenes.

Se denomina **Cormo** a una organización del cuerpo de los vegetales según la cual existen varios tipos de células, y cada uno de estos tipos está adaptado a desempeñar una función diferente en la vida de la planta. Sabiendo que se denomina tejido a un conjunto de células de morfología parecida que desempeñan la misma función, podemos decir sencillamente que la organización de tipo Cormo o las Cormófitas se caracterizan por la presencia de diferentes tejidos. Esta compleja estructura interna se refleja externamente en que en el cuerpo de estas plantas se diferencian tres órganos claros: **raíz, tallo y hojas**.

La aparición de los distintos tejidos está directamente relacionada con el cambio evolutivo de un hábitat acuático a otro terrestre.

En las Cormófitas se ha conseguido una estabilidad de la **economía hídrica** merced a la impregnación de las paredes celulósicas de determinados tejidos con sustancias impermeables como la **suberina** y la **cutina**. Se desarrollan de esta forma un tejido superficial protector o epidermis gracias al cual se reduce la transpiración. El intercambio de gases no está impedido debido a la existencia de los estomas de la epidermis. Como consecuencia de esta impermeabilización aparecen en las cormofitas tejidos absorbentes y conductores del agua y de otras sustancias elaboradas en la fotosíntesis. Finalmente aparecen tejidos cuyas células presentan sus paredes esclerificadas y que ejercen un efecto sostén del cuerpo vegetativo, y no una función protectora.

Las plantas que presentan este tipo de organización son las **Fanerógamas o Espermásfitas** (plantas con flores), y las **Cormófitas inferiores (Pteridofita)**. Las Cormófitas se caracterizan porque tienen los órganos vegetativos siempre diploides (esporofíticos), son autótrofas (algunas parásitas). La complejidad de su estructura les ha permitido adaptarse a todos los hábitats, y así encontramos cormófitas en ambientes desérticos y en los húmedos, fríos y cálidos, en tierra firme y en el agua.

30.4.2. Concepto de tejido. Clases

La agrupación y especialización celular conduce a la formación de tejidos, que se pueden definir como un conjunto de células de características morfológicas y fisiológicas semejantes. Los tejidos vegetales podemos dividirlos en dos grandes grupos:

- **Tejidos meristemáticos o meristemas:** son los tejidos embrionarios que persisten en la planta durante toda su vida y están relacionados con el crecimiento. Por multiplicación de sus células dan lugar al resto de tejidos vegetales.
- **Tejidos definitivos o adultos:** son los tejidos que han perdido gradualmente las características embrionarias mediante un proceso de diferenciación de las células que los forman. Proceden de los anteriores por diferenciación celular y presentan características especiales que dependen de la función que van a desarrollar en la planta.
Existen, a su vez, numerosos ejemplos de células diferenciadas que pueden recuperar el carácter meristemático cuando reciben un estímulo adecuado (por ejemplo, una herida).

30.4.3. Tejidos meristemáticos

Son tejidos permanentemente jóvenes y, como ya hemos dicho, son los responsables del crecimiento de las plantas y se dividen de forma continua para formar el resto de tejidos, determinando así el desarrollo de los órganos vegetales.

Los meristemas no sólo dan lugar a un aumento en el nº de células del vegetal, sino que también se perpetúan por sí mismos, ya que algunas de las células que resultan de la división de los meristemas no se diferencian, sino que permanecen meristemáticas (célula iniciales).

Están formados por pequeñas células poliédricas (en el cambium son alargadas), carentes de pared celulósica desarrollada (sólo poseen pared celular primaria), que impediría su ulterior división, con grueso núcleo y fina membrana, citoplasma abundante, sus plastos están en forma de proplastidios y casi sin vacuolas.

Las células meristemáticas pueden sufrir dos tipos de divisiones:

- **División periclinal o tangencial.** El ecuador del huso se dispone paralelo a la superficie del órgano considerado; por tanto da lugar al crecimiento en grosor.
- **División anticlinal o radial.** El ecuador del huso se dispone perpendicularmente a la superficie del órgano. Da lugar al crecimiento en longitud.

A la hora de **clasificar** los meristemos se pueden dar varios tipos. Una de las más habituales se basa en la posición que ocupan los meristemos en la planta: **Apicales** (situados en los ápices de los brotes), **laterales e intercalares** (entre los tejidos adultos, como entrenudos, vainas, etc.).

Para algunos también cabe hablar de meristemos embrionarios, referidos a los tejidos que aparecen en las primeras fases del desarrollo. Sus células poseen gran capacidad de división aunque puedan permanecer mucho tiempo en reposo.

Se puede hacer **otra clasificación** en base a la naturaleza de las células que originan los meristemos: **primarios** (células que proceden de las células embrionarias), y **secundarios** (proceden de tejidos adultos que han recuperado su capacidad de división. Para otros autores la clasificación anterior la aplican basándose en el tiempo de aparición del meristemo en la planta o en alguno de sus órganos.

Relacionando todas las clasificaciones, los meristemos apicales serían primarios, y los laterales, secundarios. La verdad es que algunos meristemos intercalares, como las yemas axilares, también son primarios.

Como ejemplo de meristemo primario vamos a estudiar los meristemos apicales, y después veremos el cambium vascular como ejemplo de meristemo secundario.

❑ **MERISTEMOS PRIMARIOS O APICALES**

Ya hemos dicho que proceden directamente del embrión y se localizan en puntos vegetativos de las plantas, es decir, en el extremo de la raíz, tallo y ramas y en el interior de las yemas. Sus células, isodiamétricas, no dejan espacios entre sí. Pueden presentar forma cónica, más o menos alargada, por lo que se les llama, también, conos vegetativos. En el tallo ocupan posición terminal, mientras que en la raíz subterminal (están protegidos por la cofia).

Pueden presentar distinto grado de diferenciación, por lo que se puede hablar de dos zonas.

- a) **Promeristemo.** Es la parte menos diferenciada presentando células iniciales y derivadas.
- b) **Zona meristemática.** Debajo de la anterior, contiene a su vez tres meristemos: Protodermis (formará tejido epidérmico), Procámbium (formará los tejidos vasculares primarios), y, por último, el meristemo fundamental que dará lugar al resto de tejidos de la planta.

❑ **MERISTEMOS SECUNDARIOS. Cambium vascular**

El cambium vascular es un meristemo lateral, situado entre el **floema** y el **xilema**, cuya actividad provoca la aparición de tejidos vasculares secundarios y, por consiguiente, el crecimiento en grosor. Tiene forma de cilindro hueco que puede ser continuo o discontinuo.

Ni las plantas vasculares pequeñas ni las monocotiledóneas poseen actividad cambial, ya que todas las células del procambium se diferencian dando tejidos vasculares primarios. En Gimnospermas y Dicotiledóneas una porción del **procambium** formará tejido vascular, y la otra porción se mantiene meristemática (cambium vascular) incluso acabado el crecimiento primario.

Atendiendo a su situación podemos referirnos al **cambium fascicular** (se localiza en el interior de los haces vasculares), y **cambium interfascicular** (se localiza fuera, no procede del procambium sino del parénquima situado entre los haces vasculares).

El **cambium vascular**, a diferencia del procambium, posee dos tipos de células: iniciales fusiformes (alargadas, darán las células del floema y del xilema) y células iniciales radiales (isodiamétricas, darán a las células parenquimáticas radiomedulares).

Además del cambium vascular existe otro meristemo secundario llamado **Cambium suberoso o Felógeno**, que se dispone lateralmente al cuerpo de la planta. Su actividad da lugar a la formación de la **Peridermis**, tejido protector que reemplaza a la epidermis cuando el tallo sufre un engrosamiento secundario intenso (árboles).

Sus células, en cuanto a su alto nivel de vacuolización, se asemejan a las del cambium vascular; se diferencian en que todas sus células son iguales.

El felógeno sufre divisiones periclinales, dando lugar a células que se disponen radialmente. Estas células, hacia el exterior, forman el Súber o corcho, y hacia el interior, la **Felodermis** o córtex secundario. Por lo que la peridermis está formada por tres capas: Felógeno, **súber** (células muertas con paredes muy suberificadas de carácter protector) y felodermis (células vivas parenquimáticas dispuestas radialmente).

39.4.4. Tejidos definitivos o adultos

PARENQUIMÁTICOS

El **parénquima** es un tejido formado por células vivas y poco especializadas, pudiendo transformarse en otro tejido. Sus células tienen pared primaria, raramente secundaria. Filogenéticamente se puede considerar que, el parénquima, es el precursor de los restantes tejidos diferenciados (las plantas más primitivas sólo poseen células parenquimáticas).

Los meristemos fundamentales forman el parénquima del córtex, médula, así como el del mesófilo de la hoja y de la flor. A partir del procambium y del cambium vascular se forma el parénquima asociado a los haces vasculares; por último, la felodermis está formada por el parénquima derivado de la actividad del felógeno. La localización de los parénquimas, por tanto, es muy variada.

Sus células presentan estructuras muy variadas (esféricas, elipsoideas, estrelladas, cilíndricas, irregulares, etc.), según la función que desempeñan. Atendiendo a la actividad que desarrollan distinguimos varios tipos de parénquimas:

- **Parénquima clorofílico o fotosintético.** Sus células contienen abundantes cloroplastos, por eso se le llama también clorénquima. El más especializado aparece en el mesófilo foliar, pero también aparece en el córtex de tallos verdes. Normalmente sus células se disponen en forma de empalizada (parénquima en empalizada).
- **Parénquima de reserva.** En el citoplasma celular se pueden almacenar distintas sustancias, bien en forma sólida (granos de almidón, gránulos o cristales de proteínas) o fluida (gotas lipídicas y azúcares disueltos). Muchas semillas, raíces y tallos son órganos de reserva en los que abundan este tipo de parénquima.
- **Parénquima acuífero.** Está especializado en almacenar agua. Propio de plantas xerófitas (cactáceas, crasuláceas, etc.), está formado por células grandes que contienen una gran vacuola con agua.
- **Parénquima aerífero.** En realidad se trata de un parénquima clorofílico que no se dispone en empalizada, sino que desarrolla grandes espacios intercelulares o meatos (sus células presentan aspecto estrellado) por los que circula los gases. Abunda en las plantas acuáticas.

CONDUCTORES

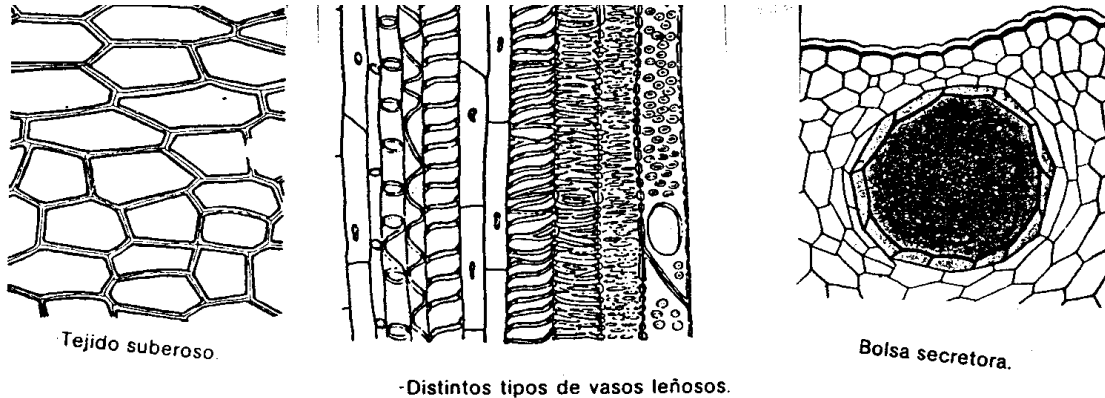
Están destinados a llevar las sustancias nutritivas que componen la savia a las diferentes partes del vegetal. El llamado tejido vascular está compuesto por el Xilema y el Floema, suelen presentarse asociados formando haces vasculares. Precisamente es la presencia del tejido vascular una de las diferencias fundamentales entre las plantas más primitivas y las plantas superiores.

❑ Los vasos leñosos o xilema

Es un tejido muy complejo formado por tres tipos de células: los **elementos traqueales** (no vivos), las fibras (función de sostén) y las **células parenquimáticas** (realizan actividades metabólicas). Los elementos traqueales son filas de células muertas, huecas, cilíndricas, muy alargadas y unidas por sus extremos. Sus tabiques de separación se han reabsorbido para formar tubos muy finos por los que circula la **savia bruta** (agua y solutos) desde la raíz hasta las partes verdes. Al mismo tiempo sirven de sostén, pues su pared celular está reforzada de lignina, por lo que el tejido se le llama leño.

Hay un **xilema primario** que se forma a partir del procambium mientras dura el crecimiento, y un **xilema secundario** que sólo aparece en las plantas con crecimiento secundario y que se forma, como ya dijimos, por la actividad del cambium vascular.

Este tipo de vasos descrito recibe el nombre de **tráqueas**. Hay también **traqueidas** (helechos, gimnospermas, hojas de angiospermas), así llamadas por ser células tubulares estrechas y aisladas por tabiques transversales muy oblicuos provistos de punteaduras o porciones de membrana no lignificadas.

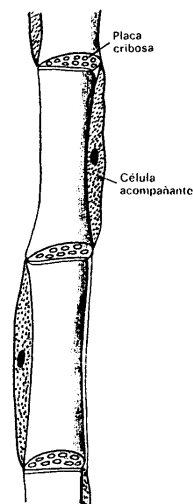


Los engrosamientos laterales de **lignina**, que impiden el aplastamiento de los vasos, pueden tomar diversas formas que vienen indicadas en la denominación que adquieren: anillados, espiralados, reticulados, etc.

❑ Los vasos liberianos o floema

Su función es distribuir la **savia elaborada** desde las hojas y otras zonas verdes a todo el vegetal, y están formados por varios tipos de células:

Elementos cribosos, que son series longitudinales de células vivas con paredes menos endurecidas que el xilema y que carecen de núcleo; **Células acompañantes** (con núcleo, tienen el mismo origen meristemático que los elementos cribosos), **Parénquima** (función metabólica y de reserva, mueren al dejar de funcionar el floema), **Fibras** (forman paredes secundarias después de completar su crecimiento) y **esclereidas**.



Tubo liberiano o criboso con sus células acompañantes.

Se les llama también **vasos cribosos**, porque los tabiques transversales, que separan los elementos cribosos, están perforados por diminutos agujeros a manera de **criba**, lo que favorece el paso de la savia de unas células a otras.

Podemos hablar de un floema primario que se forma a partir del procambium durante el crecimiento de la planta, y el floema secundario derivado del cambium vascular y que sólo aparece en las plantas que tienen crecimiento secundario.

Al final del otoño y en períodos desfavorables para el vegetal, los vasos cribosos van envejeciendo por lo que sus perforaciones se obturan por una sustancia hidrocarbonada (**calosa**), que interrumpe el paso de la savia entre células vecinas. Al llegar de nuevo la primavera o el período favorable, se disuelve la calosa y se reanuda la conducción de la savia elaborada.

PROTECTORES

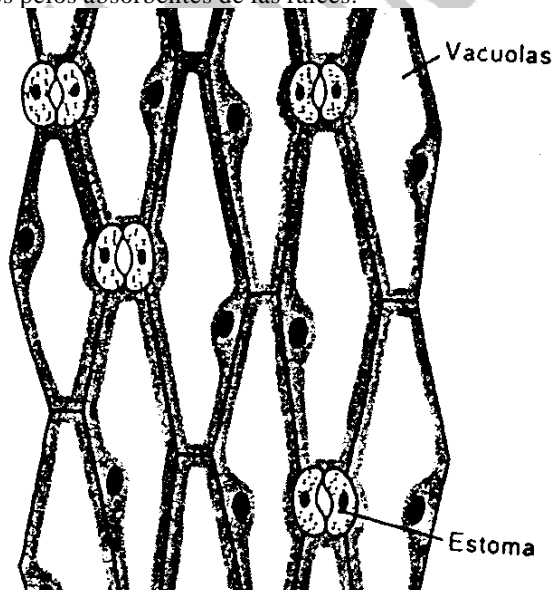
Recubren los órganos vegetales protegiéndolos de los agentes exteriores y evitando la pérdida de agua y sustancias nutritivas difusibles. Son dos: el tejido epidérmico y el suberoso.

□ Tejido epidérmico

Se origina a partir de los meristemos apicales. Está formado por una sola capa de células vivas y aplanadas, íntimamente unidas, con pared celular no muy gruesa y desprovistas de clorofila. Es propia de hojas y tallos jóvenes. En terrenos secos la epidermis suele impermeabilizarse con **cutina**, mientras que en los ambientes húmedos y, más aún, en los órganos subacuáticos y subterráneos, la pared externa suele ser delgada.

Entre las principales formaciones epidérmicas destacamos, la cutícula, los pelos o tricomas y los estomas.

- **Cutícula.** Está compuesta por el revestimiento de cutina y de cera que se depositan en la superficie de la capa de células epidérmicas de los órganos aéreos, impermeabilizándolos.
- **Pelos o tricomas.** Son apéndices epidérmicos de forma, estructura y funciones diversas. Pueden ser unicelulares y pluricelulares, realizando distintas funciones (protección, excreción, absorción, etc.). De especial interés son los pelos absorbentes de las raíces.



· Tejido epidérmico.

- Los **estomas**. Son propios de los órganos aéreos verdes de las plantas superiores. Consisten en perforaciones de la epidermis que se presentan en determinados lugares de la planta y desempeñan un papel regulador en la transpiración vegetal. Estos estomas están formados por dos células arriñonadas y provistas de clorofila (**células ocluidoras**), entre las cuales queda un orificio u **ostíolo** de abertura variable, según la intensidad luminosa del ambiente o según la turgencia de dichas células. En muchas plantas, dos o más células adyacentes a las ocluidoras parecen estar asociadas

funcionalmente a ellas y se distinguen del resto de células epidérmicas (células anexas o acompañantes). El nº de células anexas sirve para clasificar los distintos tipos de estomas.

El ostiolo comunica con una cámara subestomática, espacio intercelular situado inmediatamente debajo del estoma y que lo relaciona con los meatos intercelulares del parénquima. La apertura y cierre de los estomas está condicionada por la luz, el contenido de agua de la hoja, la temperatura y la presencia de CO₂.

□ Tejido suberoso

En el tallo y raíz de vegetales adultos, la epidermis está sustituida por el **súber**, debido, como ya se ha visto, a la actividad del felógeno. Su pared primaria está impregnada de lignina y suberina, y más externamente tienen otra capa de celulosa que puede o no estar impregnada de lignina. Está formado por células muertas, llenas de aire y pluriestratificadas, sin meatos intercelulares, por lo que es más protector que la epidermis; aunque, para impedir que el intercambio gaseoso con el exterior quede interrumpido, de trecho en trecho posee unas perforaciones parecidas a los estomas (**lenticelas**).

MECANICOS O DE SOSTÉN

Constituyen el esqueleto de la planta y están formados por células de paredes gruesas y lignificadas. Proporcionan a la planta solidez, forma determinada, resistencia y las mantiene erguidas, si bien les permite gran elasticidad, como se observa en los cereales mecidos por el viento. Son dos los tejidos: colénquima y esclerénquima. Desde este punto de vista también cabe incluir como tejido de sostén al **leño** ya que, aunque se forma a expensas de los vasos leñosos, sus paredes están muy lignificadas y ha perdido sus propiedades conductoras.

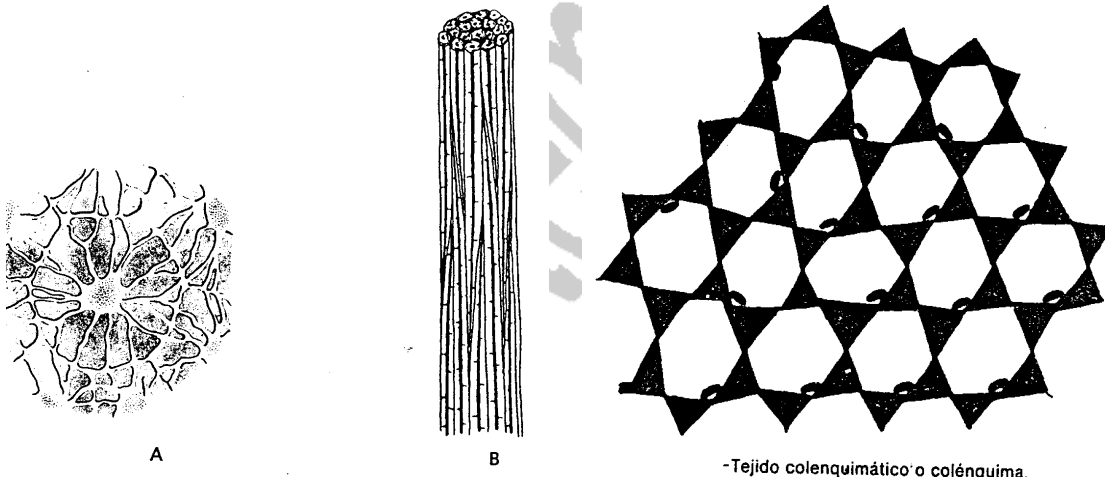


Fig. 15.10 - Esclerénquima. En A, células petrosas. En B, fibras.

□ Colénquima

Está formado por un solo tipo de células vivas, similares a las parenquimáticas, pero con sus paredes celulósicas primarias mucho más engrosadas, aunque no de manera uniforme (el engrosamiento puede ser angular, laminar o lagunar). La pared está formada por celulosa, sustancias peptídicas y abundante cantidad de agua (en algunas especies alternan las capas de celulosa y peptídicas).

Poseen alto grado de extensibilidad, ya que sus paredes celulares no están lignificadas. Las células se disponen paralelas al eje principal del órgano en el cual se encuentran, y pueden recuperar, aún, su actividad meristemática. Sirven de sostén a los órganos en crecimiento, y a los órganos maduros de las plantas herbáceas.

Se localizan en tallos, hojas y en raíces (cuando se exponen a la luz). Falta en monocotiledóneas. No se sabe si se originan a partir del procambium o a partir del meristemo fundamental.

□ Esclerénquima

Es un tejido muy duro, compuesto por dos tipos de células:

- **Células muertas (esclereidas o células pétreas)** de forma poliédrica o redonda, con pared muy gruesa (tienen pared celular secundaria) y lignificadas que suelen presentar poros; aparecen en el parénquima y asociadas al xilema y al floema; abundan en los huesos de la ciruela, melocotón, etc. La estructura de la pared celular confiere a los vegetales una gran resistencia mecánica, siendo el tejido de sostén de algunos órganos adultos.
Las esclereidas se suelen clasificar atendiendo a su forma: Braquiesclereidas (pulpa de pera y membrillo); Macroesclereidas (cubiertas de legumbres), Osteoesclereidas (cubiertas de semillas y algunas hojas), Astroesclereidas (peciolos y limbos de hojas); Tricoesclereidas (hojas del olivo), etc.
- **Fibras.** Más largas que anchas, extremos puntiagudos con un lumen celular muy estrecho, dado el grosor de sus paredes. Se localizan asociadas a otros tejidos en raíces, hojas y frutos. Las fibras de determinadas plantas tienen mucha importancia económica, por ejemplo: lino, algodón, cáñamo, yute, esparto, etc.
Hay distintos tipos de fibras: de xilema o xilares, que forman parte de los tejidos vasculares; extraxilares que son corticales o se sitúan en la periferia del cilindro vascular (fibras perivasculares).

SECRETORES

Tienen la misión de elaborar o almacenar sustancias, algunas de las cuales pueden acumularse en el protoplasma celular en cantidades apreciables (gomas, resinas, taninos, alcaloides, esencias, etc.) y, posteriormente, son eliminadas por la planta. Según su distribución se distinguen:

- A) **Idioblastos glandulares.** Se trata de células que se localizan entre las células parenquimáticas del córtex y que contienen diferentes cristales con contenido diverso: enzima mirosina (crucíferas), aceites (lauráceas), mucílagos (monocotiledóneas, malváceas, etc.).
- B) **Pelos o tricomas.** Se trata de apéndices epidérmicos y subepidérmicos de formas y funciones muy diversas. Los hay glandulares y no glandulares.
 - **No glandulares: hidatodos** (pedúnculos de cabeza pluricelular) que almacenan soluciones ricas en sustancias orgánicas que, cuando aumenta la presión, rompen la cutícula saliendo al exterior (Phaseolus); **tricomas secretores de sal** (Tamarix, Limonium, Atriplex); **tricomas secretores de néctar** (flores de madreselva, de almendro, etc.); y **glándulas secretoras de mucílago** (acedera).
 - **Glandulares:** Glándulas de las plantas carnívoras que contienen enzimas proteolíticos (Drosera); Tricomas secretores de terpenos (aceites esenciales de las labiadas); coléteres (secreción de mucílagos y terpenos por yemas de alisos, castaño de indias y otros), y los **pelos urticantes**, formados por una sola célula larga cuya pared distal está impregnada de sílice que, cuando se rompe, inyecta contenidos celulares venenosos e irritantes (histamina, acetilcolina), ejemplo la ortiga.
- C) **Bolsas secretoras.** Formadas por agrupación de células secretoras con disolución de sus membranas (corteza de naranjas y limones).
- D) **Conductos secretores,** se trata de tubos en los que vierten su contenido las células secretoras (resina de los pinos). Tanto los conductos como las bolsas pueden ser esquizogénicos o lisigénicos. En los primeros, las células se separan formándose una especie de meato interior, donde se vierten los productos. En los segundos, las células disuelven sus paredes y contribuyen a formar la sustancia de secreción en conjunto (bolsas secretoras de los cítricos).
- E) **Tubos laticíferos,** que segregan látex, líquido de aspecto lechoso y de composición muy compleja que contiene gommas, resinas, almidón, etc. Para algunos se trata de un desecho metabólico, para otros se trata de un material de reserva o de un elemento de defensa del vegetal.

Los tubos laticíferos pueden no estar articulados (se forman por células que crecen continuamente mediante mitosis sin tabicación), o ser articulados formados por filas de células con sus tabiques rotos total o parcialmente.

Ejemplos: Lechuga (*Lactuca*), Euphorbias (lechetreznas), morera (*Morus*), higuera (*Ficus*), árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*), amapola (opio), Musa (taninos), etc.

www.eltemario.com