

Biología y Geología

Unidad 2

La organización celular y pluricelular. Histología

Las células inmortales

Las células humanas no viven indefinidamente, se dividen hasta unas cincuenta veces, según el tipo de célula, y luego sufren un proceso de "muerte programada" (apoptosis) que mantiene los tejidos sanos, el número adecuado de células en ellos y presenta otras ventajas para la economía del organismo. Sin embargo, esto dificulta la investigación sobre los procesos celulares en células vivas al impedir el cultivo de las mismas. No obstante, laboratorios de todo el mundo utilizan en sus investigaciones cultivos de una línea celular aparentemente inmortal que prolifera en cultivo *in vitro* dividiéndose indefinidamente, son las conocidas células **HeLa**. ¿De dónde provienen estas células?

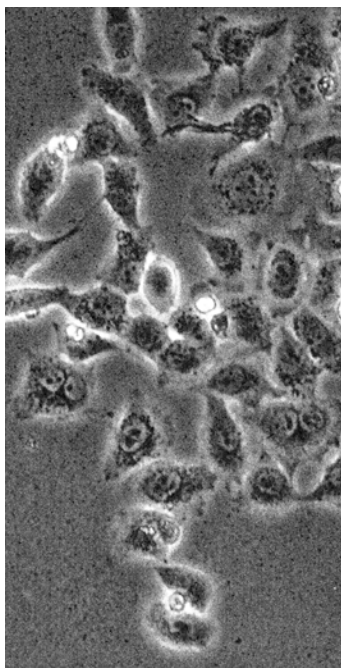


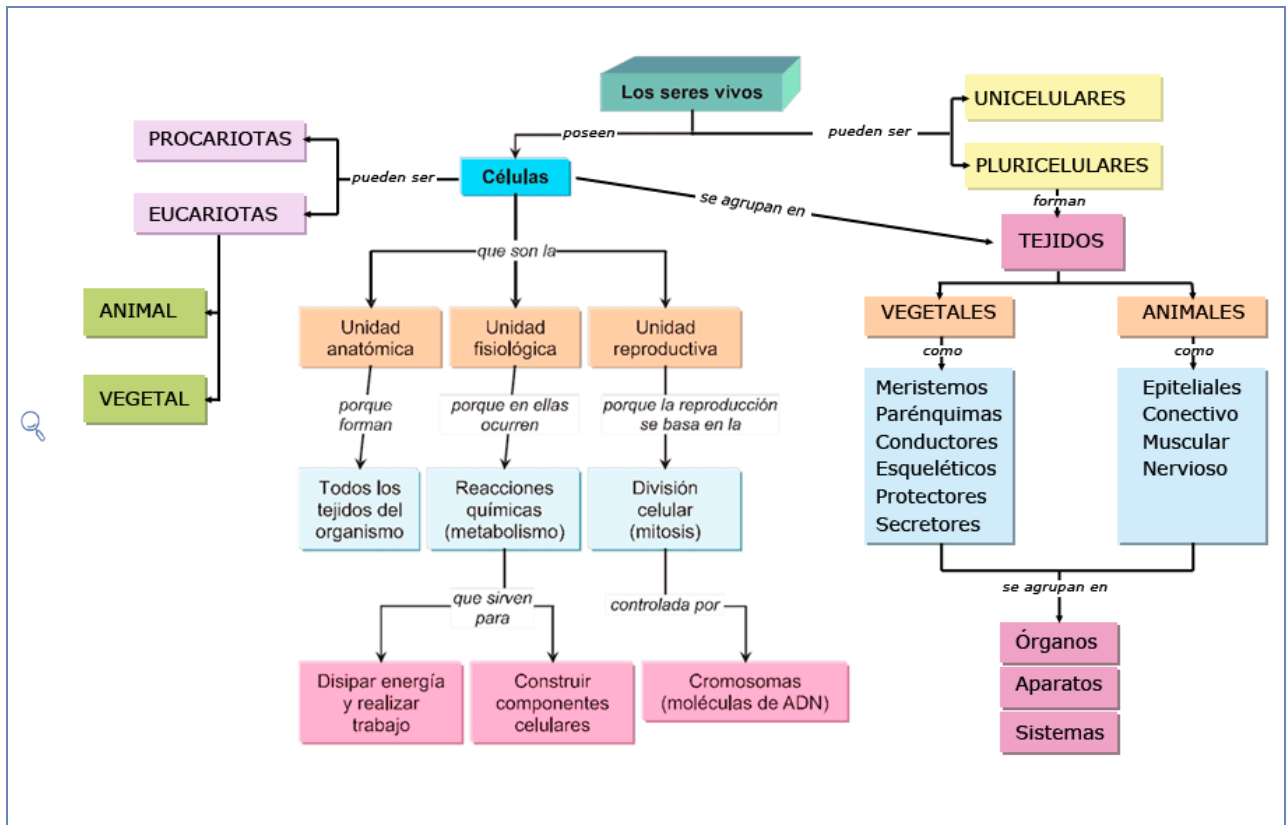
Figura 2.1. Cultivo celular. "HEK 293 cells grown in tissue culture medium" by Vedrino - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons.

Detrás de las inmortales células HeLa hay una dramática historia. En 1951 moría, en el hospital John Hopkins de Nueva York, Henrietta Lacks a consecuencia de un cáncer de cuello de útero. Dejaba tras de sí una familia numerosa formada por varios hijos de corta edad. Poco antes le había sido extraída, sin su consentimiento, una muestra de tejido del tumor uterino que fue guardada por el Dr. George O. Gey, quien enseguida descubrió que las células de esa muestra se dividían sin parar mientras se les suministrasen nutrientes y oxígeno. Gey las denominó células HeLa por el nombre de la involuntaria donante. Fueron las primeras células humanas cultivadas en laboratorio y enviadas a laboratorios de todo el mundo para el desarrollo de diversos proyectos de investigación en vacunas, cáncer, sida, efectos de la radiación y otros. Desde entonces se calcula que se han producido más de cincuenta toneladas de células HeLa y han permitido el desarrollo de la vacuna contra la poliomielitis y medicamentos para el tratamiento de la enfermedad de Parkinson, leucemia y cáncer de mama, entre otros.

Henrietta Lacks murió a los 31 años desconociendo la importancia de su legado involuntario a la ciencia, pero varias décadas después y probablemente a lo largo de muchos años en el futuro seguirá viviendo en esas células dotadas de implacable capacidad de proliferación en los tubos de ensayo de laboratorios de todo el mundo.

Índice

1. La Teoría Celular	67
2. Organización celular	69
3. La célula eucariota	73
4. Funciones celulares	80
5. Organización pluricelular	92
Tejidos vegetales	93
Órganos vegetales	98
Práctica 1	107
Tejidos animales	108
Órganos animales	114
Resumen	116
Práctica 2	117
Solucionario	118
Glosario	123



Objetivos

1. Reconocer la importancia de la Teoría celular en Biología.
2. Describir los diferentes modelos de organización celular.
3. Identificar, analizar y comparar las diferencias entre la célula animal y la célula vegetal.
4. Describir los procesos de división celular y reconocer su importancia evolutiva.
5. Valorar el significado evolutivo y adaptativo de la organización pluricelular.
6. Distinguir los principales tipos de tejidos animales y sus características.
7. Distinguir los principales tipos de tejidos vegetales y sus características.

1. La teoría celular



Figura 2.2. Dibujo de R. Hooke de las celdillas en el corcho. «Robert Hooke Micrographia, 1665». Publicado bajo la licencia Dominio público vía Wikimedia Commons.



Figura 2.3. “Microscopio” de Anton van Leeuwenhoek. Museo Nemo, Amsterdam (cmm).

Desde la perspectiva actual decir que los seres vivos estamos formados por células nos parece casi una afirmación innecesaria, hasta tal punto hemos asumido esta evidencia biológica. Sin embargo, desde el punto de vista de la historia de la Biología, no hace tanto tiempo que esa idea no era tan evidente: la concepción moderna de las células como unidad estructural y funcional de todos los seres vivos no quedó establecida hasta mediados del siglo XIX y universalizada a todos los tipos de tejidos hasta fines de ese siglo gracias a los trabajos de Santiago Ramón y Cajal. En poco más de un siglo transcurrido desde entonces y sobre todo desde la invención del microscopio electrónico, desarrollado en los años 30 del siglo XX, se ha alcanzado un conocimiento muy profundo sobre la ultraestructura de la célula al tiempo que la Bioquímica y la Genética molecular iban desentrañando los procesos que rigen el funcionamiento celular.

A pesar del extraordinario avance en este campo, la teoría celular, que describiremos en esta unidad, enunciada en la década de 1830, sigue manteniendo su validez. No solo la célula mantiene su papel de unidad anatómica y funcional de todos los seres vivos, sino que los nuevos descubrimientos han venido a avalar esa idea y han aportado más argumentos a favor de la unidad en el plan organizativo de las células.

El conocimiento acumulado en la segunda mitad del siglo XX ha conducido al desarrollo de la Biotecnología y de prometedoras aplicaciones terapéuticas a partir de la manipulación de células y tejidos, clonación celular y uso de células madre. Estas últimas son células capaces de diferenciarse en otros tipos celulares y esto abre todo un futuro de perspectivas insospechadas: trasplante de células cerebrales, sustitución de piel y otros órganos, restauración de células de médula destruidas por acción de la quimioterapia o radioterapia, sustitución de las células secretoras del páncreas en el tratamiento de la diabetes,...

El término célula había sido usado en 1665 por el botánico inglés Robert **Hooke** (1635-1703) para designar a las celdillas (*cellula* es el diminutivo de *cella*, palabra latina que significa “celda”) que había observado al examinar al microscopio delgadas láminas de corcho (figura 2.2). El médico italiano Marcello Malpighi (1628-1694), entre otros, había corroborado su existencia en muchas especies de plantas.

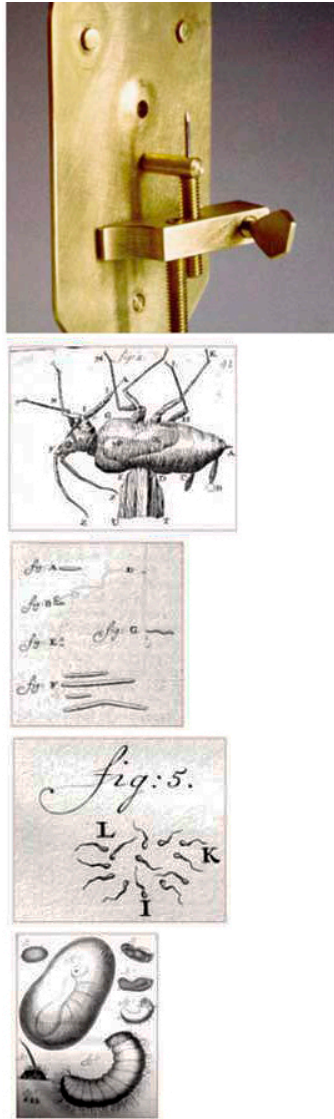


Figura 2.4. Arriba: Leeuwenhoek colocaba la muestra en la punta del clavo y una lente en el agujero a través del que se observa. Abajo: algunos de sus dibujos. Pulgón en un alfiler, bacterias, espermatozoides y ciclo de la hormiga.

La mejora en las técnicas de microscopía permitió el desarrollo de la teoría celular. Uno de los principales artífices en este progreso fue el comerciante de telas holandés, y científico aficionado, **Anton van Leeuwenhoek** (1632-1723), que construyó diminutas lentes biconvexas montadas sobre placas metálicas que se sostenían muy cerca del ojo (figura 2.3). A través de ellas podía observar objetos que montaba sobre la cabeza de un alfiler, ampliándolos hasta trescientas veces (potencia que excedía con mucho la de los primeros microscopios de lentes múltiples). Con este y otros artilugios tan sencillos pudo realizar una gran cantidad de observaciones, como las que se muestran en la figura 2.4.

En 1831, el médico y botánico escocés Robert **Brown** (1773-1858) descubrió, en células vegetales, un grumito al que llamó **núcleo** (palabra derivada del latín *nux*, “nuez”); entre éste y el límite de la célula, hoy llamado **membrana plasmática**, se localizaba un líquido gelatinoso al que más tarde se designaría como **citoplasma**.

En 1937, el botánico alemán Matthias Jacob **Schleiden** (1804-1881) estudió en el microscopio distintas plantas y llegó a la conclusión de que estaban compuestas por unidades identificables o células. Además, propuso, equivocadamente, que las nuevas células se formarían a partir de los núcleos celulares de las células viejas.

Posteriormente, en 1839, un amigo suyo, el fisiólogo alemán Theodor Ambrose Hubert **Schwann** (1810-1882), hizo extensiva esta hipótesis a los animales, unificando animales y plantas en una teoría común, la **teoría celular**, cuyos fundamentos son:

- **Todos los tejidos animales y vegetales se desarrollan de la misma manera: a partir de células que crecen y cambian, especializándose en determinadas funciones (proceso conocido como diferenciación celular).**
- **Las actividades de un ser vivo se explican en términos de la actividad de sus células. Por ejemplo, las secreciones orgánicas (saliva, bilis, orina...) no son meros exudados de los tejidos, como solía afirmarse entonces, sino productos del metabolismo de las células de las glándulas.**
- **El óvulo o huevo a partir del cual se desarrolla un ser vivo también posee estructura celular, lo mismo que los rudimentos del embrión.**

Al estar la teoría celular edificada sobre sólidos cimientos empíricos –lo que la alejaba de algunos esquemas especulativos que la precedieron– no tuvo dificultad en rectificar ciertos errores que lastraron su nacimiento, como el referente al origen de las células: los continuos avances técnicos permitieron descubrir que el núcleo de la célula se forma por división de un núcleo preexistente en dos o más núcleos hijos. Rudolph Carl Virchow (1821-1902) resumió esa y otras observaciones en su célebre aforismo de 1855: *omnis cellula e cellula*, es decir, “toda célula proviene de la división de



Figura 2.5. Microscopio electrónico. By Stéphane (Own work) [GFDL, CC-BY-SA-3.0, via Wikimedia Commons.

otra célula”. La aceptación definitiva de la teoría celular llegó de la mano de Louis Pasteur con sus experimentos sobre la multiplicación de los microorganismos unicelulares. En términos actuales, la **teoría celular** presenta los siguientes postulados:

1. **La célula es la unidad anatómica de la materia viva, y una célula puede ser suficiente para constituir un organismo.**
2. **Cada célula es un sistema abierto, que intercambia materia y energía con su medio.**
3. **Cada célula posee toda la información hereditaria para el control de su desarrollo y funcionamiento, y transmite esta información a la siguiente generación.**
4. **Todas las células proceden de células preexistentes, por división de éstas.**

A medida que los microscopios se perfeccionaban, que se depuraban las técnicas de preparación de cortes de tejidos y que se multiplicaban las publicaciones científicas dedicadas a la célula, los investigadores toparon con un obstáculo, no por esperado menos molesto: las leyes de la física dictaminaban que ningún microscopio óptico, por perfecto que fuese, permitiría distinguir detalles menores que 0,25 **micrómetros** (esto es, un cuarto de millonésima de metro). Puede parecer una cifra muy pequeña, pero lo cierto es que, para el mundo de las células, resulta demasiado grande: es como si un anatomista fuese incapaz de percibir todo lo que tuviese un tamaño inferior al de nuestra cabeza.

En todo caso, resultaban evidentes las insuficiencias de la metodología tradicional –consistente en ir escrutando porciones cada vez menores de las células–, lo que justificaba la búsqueda de rumbos alternativos. Afortunadamente, ya se habían comenzado a dar los primeros pasos por dos de tales sendas:

- a. **Enfoque químico.** Esta perspectiva implicaba la identificación de los elementos químicos que componen las células, tales como carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno –tarea que comenzó a finales de siglo XVIII–, para, a partir de ahí, avanzar en sentido contrario al tradicional: hacia la caracterización de moléculas de tamaño progresivamente mayor, hasta dar –a lo largo de los cien años siguientes– con las proteínas, ácidos nucleicos, glúcidos, lípidos que componen las estructuras celulares (membrana, núcleo, citoplasma...).
- b. **Enfoque fisiológico,** que conllevaba añadir una dimensión al estudio puramente estático de las células: el tiempo. Examinar un tejido al microscopio implica fijarlo, deshidratarlo, congelarlo o incluirlo en un bloque de parafina,



MICROSCOPIO ELECTRÓNICO

Utiliza haces de electrones en vez de luz visible. Alcanza una resolución 200 veces mayor que el óptico, con aumentos de hasta 1.000.000x, permitiendo observar la estructura de los orgánulos subcelulares.

El micrómetro (μm) equivale a la milésima parte de un milímetro ($1\mu\text{m} = 10^{-3}\text{ mm} = 10^{-6}\text{ m}$) y aún se usa otra unidad menor: el nanómetro = $10^{-3}\mu\text{m}$.

cortarlo, teñirlo y montarlo; en definitiva, el análisis de células solo permitía observar instantáneas de su vida –es decir como eran justo antes de matarlas para investigarlas–. Se hacía necesario, así, estudiar los cambios que ocurren en su seno a lo largo del tiempo; en otras palabras, su fisiología.

Ambos proyectos no se desarrollaron independientemente, sino que, al contrario, estuvieron muy ligados desde su mismo comienzo gracias a un punto de interés común: la caracterización de los gases. Como veremos en la siguiente Unidad, fue precisamente el descubrimiento de que el aire consistía en una mezcla de varios gases lo que permitió esclarecer no solo los procesos de la combustión y la oxidación –sentando así las bases de la Química–, sino también aquellos como la respiración, la fermentación y la fotosíntesis que son el fundamento de la Fisiología.

2. Organización celular

El uso del microscopio había permitido observar muchos organismos invisibles a simple vista, a los que en un primer momento se les denominó *infusorios* –debido a que se encontraban habitualmente en infusiones de materia orgánica en descomposición–. Pronto se descubrió que dicho término englobaba a organismos que iban desde gusanos y algas (claramente formados por células, como sus contrapartidas macroscópicas, aunque, lógicamente, en menor cantidad) hasta seres vivos de más confusa interpretación.

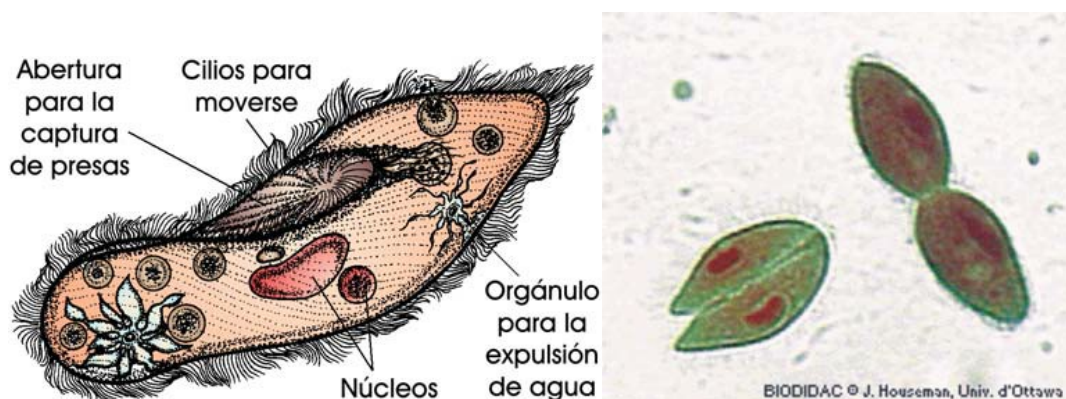


Figura 2.6. Los organismos unicelulares del género *Paramecium* carecen de órganos, pero poseen porciones especializadas de su citoplasma (orgánulos) que realizan algunas de las funciones que, en un organismo pluricelular, están encomendadas a órganos o sistemas diferentes. También son capaces de reproducirse, bien dividiéndose en dos (a la izquierda de la fotografía), bien sexualmente por conjugación, mecanismo por el que dos de estos organismos se fusionan e intercambian núcleos, que más tarde se dividirán en núcleos hijos (a la derecha de la fotografía).

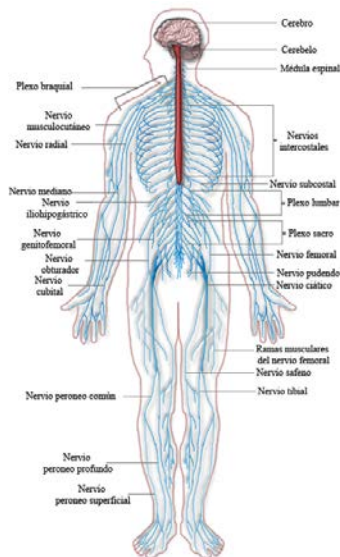


Figura 2.7. El axón de las neuronas motoras situadas en la médula llegan hasta los pies. By derivative work: r@g (talk) (Nervous_system_diagram.png) [Public domain], via Wikimedia Commons

En efecto, dichos organismos no estaban, aparentemente, divididos en células –contrariamente a lo postulado por la teoría celular–, a pesar de que sus funciones vitales mostraban una sorprendente analogía con las de los animales (captura de presas, movimientos...); de hecho, muchos de ellos eran del tamaño de las células tradicionales, e incluso menores. Algunos naturalistas intentaron localizar en estos diminutos seres órganos y sistemas propios de los animales, como los genitales o el aparato digestivo. Pero pronto se demostró que cada uno de estos seres era, en su totalidad, una sola célula. Así pues, junto a los organismos estudiados hasta entonces, formados por la asociación de muchas células (pluricelulares), existían –y en gran cantidad– organismos unicelulares, células aisladas que llevaban a cabo por sí solas todas las funciones propias de un ser vivo (figura 2.6).

Forma y tamaño de las células

Las células pueden tener formas muy variadas, incluso dentro de un mismo organismo. En el organismo humano se han reconocido unos 200 tipos celulares diferentes, algunos de los cuales difieren notablemente en forma y tamaño.

La forma de una célula está condicionada bien por la presión de otras células si está incluida en un tejido, o por su función. En ausencia de esa presión, las células animales tienden a ser redondeadas mientras que las vegetales son más o menos poliédricas por efecto de la rigidez de la pared vegetal. En los tejidos animales podemos encontrar células estrelladas (neuronas), fusiformes (músculo liso), prismáticas (epitelio intestinal), bicóncavas (eritrocitos) y de otras muchas formas (figura 2.8).

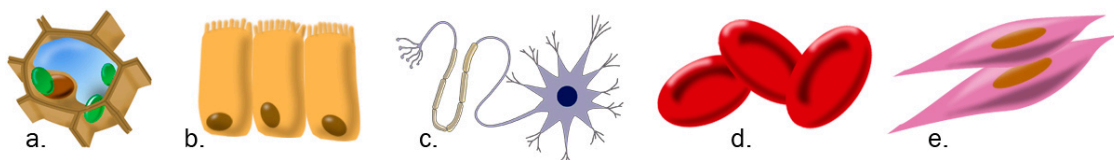


Figura 2.8. Formas de células: a, célula vegetal poliédrica; b, células prismáticas; c, neurona (estrellada); d, eritrocitos bicóncavos; e, células musculares fusiformes (cmm).

El tamaño es asimismo muy variable, aunque son en su mayoría microscópicas. Las más pequeñas son las células bacterianas que miden entre 0,5 y 5 μm (aunque *Thiomargarita namibiensis*, que alcanza 750 μm , es visible a simple vista, constituyendo una notable excepción). Las células animales tienen unos 10 μm en promedio y las vegetales suelen ser bastante mayores (hasta 200 μm).



TAMAÑOS

Puedes ver una animación interactiva en:

<http://learn.genetics.utah.edu/content/cells/scale/>

Hay células muy grandes como son los óvulos de los vertebrados (de 150 μm el humano a los 7 cm el de avestruz) y, especialmente, las neuronas (figura 2.7. Véase también la unidad 7) que, aún siendo de pequeño tamaño, poseen una larguísima prolongación (el axón) que puede alcanzar de decímetros hasta varios metros en las ballenas.

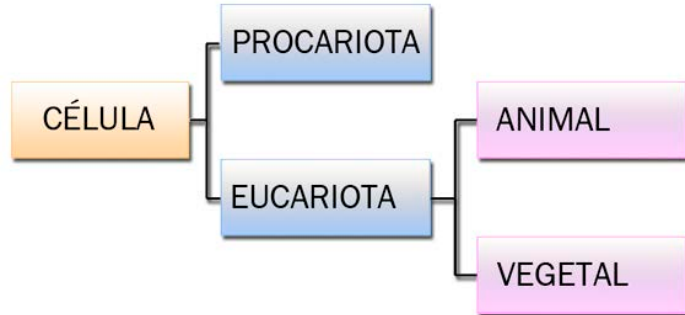
Tipos de células

A pesar de la gran variedad de seres vivos, tanto uni como pluricelulares, sus células muestran pocos planes organizativos básicos. A nivel estructural y funcional podemos distinguir:

Tamaño de algunas células, virus y moléculas:

Hemoglobina	6,5 nm
Virus HIV	130 nm
Bacteria E. coli	3x0,5 μm
Óvulo humano	130 μm
Ameba	500 μm
Óvulo avestruz	7 cm

*consulta la unidades en la página 68.



La célula **procariota** (de *pro*, antes, y *karyon*, núcleo), más simple y considerada primitiva, se caracteriza porque su ADN no está separado del citoplasma por una envoltura membranosa, sino disperso en él. Tampoco posee orgánulos de membrana como los que tiene la eucariota (mitocondrias, Golgi, cloroplastos,... Repasa el origen de la célula eucariota en la unidad 1). Son procarióticas las bacterias y arqueas (véase unidad 3), todos organismos exclusivamente unicelulares.

La célula **eucariota**, (de *eu*, verdadero, y *karyon*, núcleo), es más compleja. La característica distintiva es la posesión de un orgánulo, el **núcleo**, que contiene el ADN y lo separa del resto del contenido celular por una doble membrana. Son eucarióticas las células de los protozoos, hongos, algas, animales y plantas.

¿Y los virus?

Los virus se consideran como una forma de organización **acelular** que no alcanzan la organización celular. Únicamente poseen un tipo de ácido nucleico (ADN o ARN) rodeado por una cubierta proteica llamada **cápsida**. Algunos tienen además una cubierta adicional. Todos son **parásitos obligados** de células procariotas (fagos) o eucariotas, en cuyo interior se reproducen.

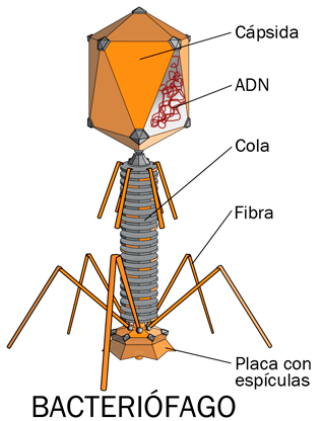


Figura 2.9. Izquierda: By Adenosine (Own work) CC BY-SA 3.0 or GFDL, via Wikimedia Commons. Arriba: "Ebola Virus TEM PHIL 1832 lores" by Photo Credit: Cynthia Goldsmith Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons.

Organización procariótica

La organización de una célula procariótica es muy sencilla si se compara con una célula eucariótica.

Consta de una **membrana plasmática** (figura 2.10) que limita el contenido celular. Por fuera de esta membrana puede existir una **pared bacteriana** rígida. El interior **no** está compartimentado mediante sistemas de membrana y contiene un **citoplasma** en que destaca el **nucleoide**, una molécula única de ADN circular.

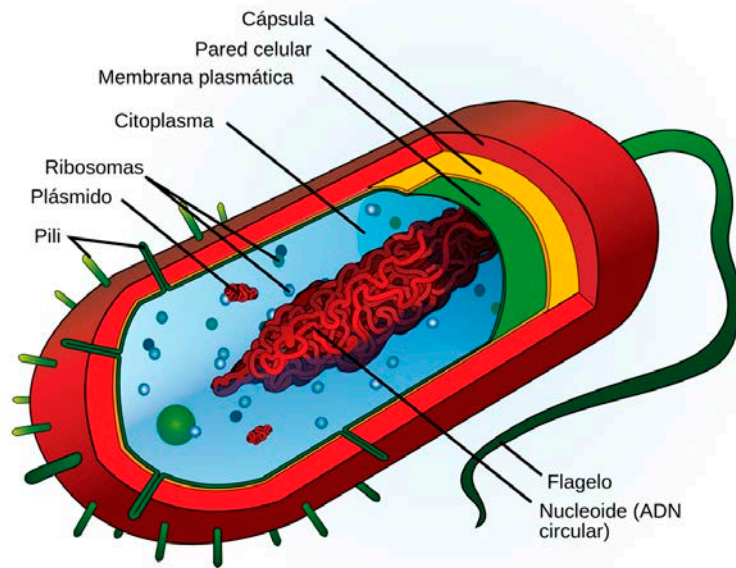


Figura 2.10. Representación de una bacteria típica. «Average prokaryote cell- es» de Mariana Ruiz LadyofHats. Translated by JMPerez. - Original English version. Disponible bajo la licencia Dominio público vía Wikimedia Commons.

Suelen poseer pequeñas moléculas de ADN circular llamadas **plásmidos**.

En el citoplasma abundan los **ribosomas**, responsables de la síntesis de proteínas, pero no existen los orgánulos típicos de las células eucariotas (mitocondrias, cloroplastos, complejo de Golgi, retículo endoplasmático) ni citoesqueleto.



EXTREMÓFILOS

Algunos procariotas son capaces de sobrevivir y reproducirse en ambientes intolerables para la mayoría de seres vivos, como los **acidófilos** que viven a pH 1, **termófilos** que se reproducen a 113 °C, radiófilos resistentes a radiaciones y muchos otros...

Nutrición en procariotas

La mayoría de las bacterias son **heterótrofas** (unidad 1, página 5), utilizan materia orgánica, de muy diversa procedencia, como fuente de materia y energía para cubrir sus necesidades metabólicas. De estas, algunas son **parásitas** y pueden causar diversas enfermedades en eucariotas (patógenas). Sin embargo, la mayoría de las bacterias son **saprobiontes** y llevan a cabo la descomposición de residuos y materia orgánica muerta, contribuyendo a la fertilidad de los suelos y la salud de los ecosistemas. Algunas son **simbiontes** de otras especies, como *Rhizobium*, fijadora de nitrógeno atmosférico en las raíces de las leguminosas, o la *flora*

intestinal humana que protege de ciertos patógenos, facilita la absorción de algunos nutrientes e, incluso, produce algunas vitaminas.

Otras bacterias son **autótrofas**, tanto **fotosintéticas**, que utilizan la energía de la radiación solar como fuente de energía para producir materia orgánica a partir de sustancias minerales, como **quimiosintéticas**, que aprovechan como fuente de energía la liberada al provocar la oxidación de ciertos compuestos inorgánicos. La fotosíntesis se da también en organismos eucarióticos como algas y vegetales; sin embargo, la quimiosíntesis es exclusiva de organismos procariontes (véase también la página 81).

3. La célula eucariota

Respecto a la sencilla célula procariótica, la célula eucariota muestra una gran complejidad estructural y variedad de **orgánulos celulares** (páginas 74-75), muchos de los cuales están formados por una membrana similar a la membrana plasmática que rodea a la célula. El contenido celular es una solución acuosa llamada **hialoplasma** o **citosol**.

Como se mencionó en la página 71, dentro de la organización eucariótica podemos encontrar dos modelos que difieren funcional y estructuralmente, son la célula **animal** y la célula **vegetal**. La organización característica de la célula animal aparece en los animales y también en los protozoos, organismos unicelulares. El modelo de célula vegetal es característico de las algas, tanto unicelulares como multicelulares (carecen de tejidos verdaderos), y de las plantas. Los hongos poseen células con aspecto similar a la vegetal en tanto que poseen una pared rodeando la célula pero carecen de cloroplastos y de cualquier relación con los vegetales.



Figura 2.11. Esquema de una célula vegetal en que destacan la pared rígida, los cloroplastos y una gran vacuola ocupando gran parte de la célula (cmm).

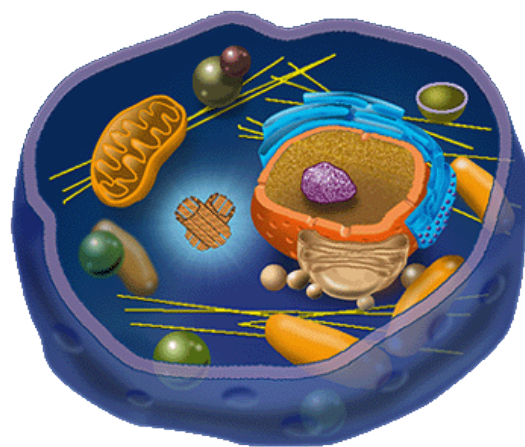


Figura 2.12. Esquema de una célula animal típica mostrando el citoesqueleto y el centrosoma del que carece la célula vegetal (cmm).

Membrana plasmática

Limita la célula y regula el intercambio de sustancias con el medio. Está formada por una doble capa lipídica y proteínas (página 28).

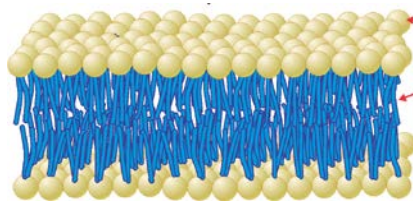


Figura 2.13. Membrana plasmática (cmm).

Núcleo

Rodeado por una doble membrana provista de poros, formada por el retículo endoplasmático, que contiene la **cromatina**, largos filamentos de ADN que, durante la división, forman los **cromosomas**. También hay uno o más **nucleolos**, donde se forman los ribosomas.

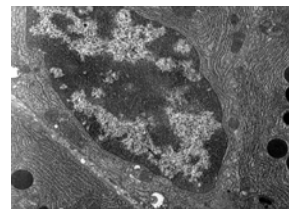
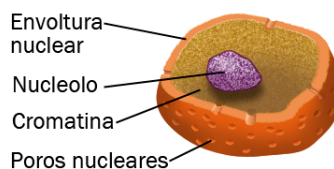


Figura 2.14. Núcleo (cmm).

By Louisa Howard [Public domain], via Wikimedia Commons

Mitocondrias

Orgánulos alargados formados por una doble membrana. La interna presenta repliegues o **crestas**. El interior se llama **matriz** y contiene ribosomas y ADN. En la mitocondria se realiza la **respiración celular**, es decir la obtención de energía a partir de la oxidación de moléculas orgánicas.

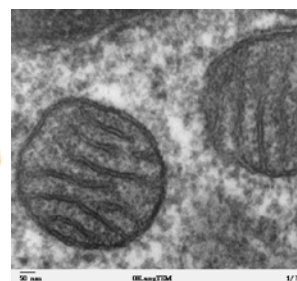
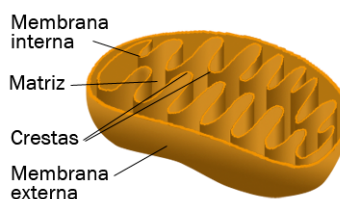


Figura 2.15. Mitocondria (cmm).

Cloroplastos

Son orgánulos ovalados **exclusivos** de las células vegetales en los que tiene lugar la **fotosíntesis**. Posee dos membranas rodeando un espacio llamado **estroma**. La interna presenta pliegues o **tilacoides** que pueden superponerse formando apilamientos o **grana**.

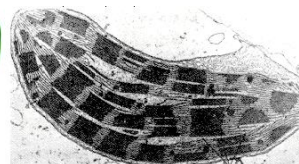
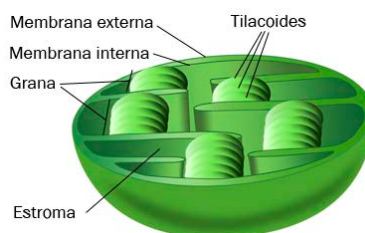


Figura 2.16. Cloroplasto (cmm).

"Plast" by זכרמה מיעדמ תארוהל זכרמה, מילשוריב תירבעה הטיסרבנואה. Licensed under GPL via Wikimedia Commons

Complejo de Golgi

Conjuntos de sacos membranosos, que forman grupos o **dictiosomas** cuya función es el almacenamiento de sustancias procedentes del retículo y su secreción o transporte por medio de **vesículas** que parte de él.

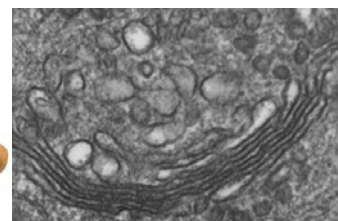


Figura 2.17. Aparato de Golgi (cmm).

by Louisa Howard - Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons

Ribosomas

Pequeños orgánulos carentes de membrana formados por dos subunidades de diferente tamaño. En ellos tiene lugar la **síntesis de proteínas**. Pueden estar dis-persos o unidos a la superficie del retículo endoplasmático. Son de mayor tamaño que los ribosomas de los procariontas.

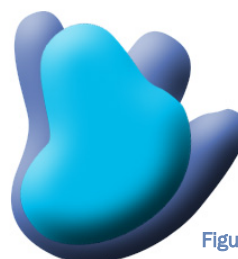


Figura 2.18. Ribosoma (cmm).

Retículo endoplasmático

Sistema de membranas que forman conductos tubulares y cisternas por toda la célula además de rodear el núcleo. Hay dos tipos: el **rugoso** (RER) tiene ribosomas adosados en la superficie y está relacionado con el almacenamiento de proteínas; el **liso** (REL) tiene aspecto tubular y en él se da la síntesis de lípidos.

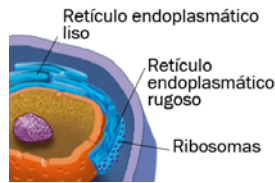
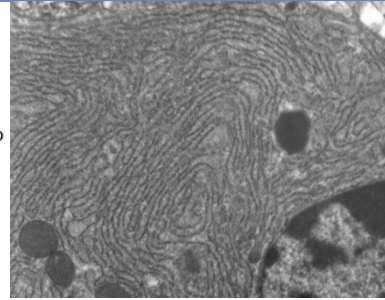


Figura 2.19. Retículo endoplasmático (cmm).



by Louisa Howard Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons

Vacuolas

Son simples vesículas membranosas que almacenan o transportan sustancias. Destacan las grandes vacuolas características de las células vegetales que ocupan casi todo el espacio de la célula.

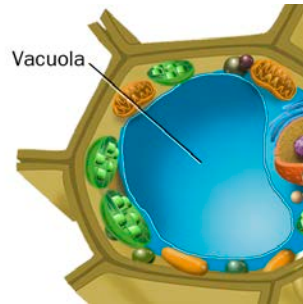
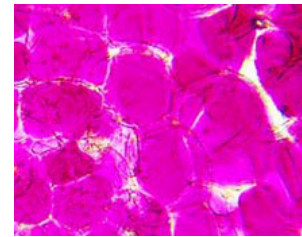


Figura 2.20. Vacuolas (cmm).



Células con vacuolas llenas de pigmentos (cmm).

Lisosoma

Tipo especial de vacuola cargada de enzimas digestivas formadas en el RER. Se ocupan de la digestión intracelular uniéndose a vacuolas cargadas de moléculas procedentes del exterior o de otras partes de la célula.

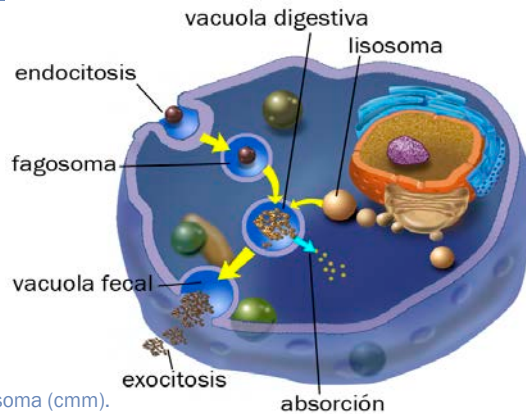


Figura 2.21. Lisosoma (cmm).

Centrosoma

Estructura formada por dos **centríolos** compuestos por microtúbulos de proteína. Se encarga de organizar el citoesqueleto y tiene relación con la división celular.



Figura 2.22. Centríolos (cmm).

Citoesqueleto

Conjunto de fibras y microtúbulos de proteínas distribuidos por el citosol. Relacionado con el movimiento celular.

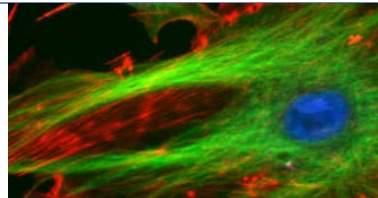


Figura 2.23. Citoesqueleto "FluorescentCells" by <http://rsb.info.nih.gov/ij/images/>. Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons.

Pared celular

Exclusiva de la célula vegetal. Rodea externamente la membrana y está formada por **celulosa** a la que se pueden añadir otras sustancias. Proporciona rigidez y forma a la célula. Los hongos poseen una pared formada por **β -glucanos** y **quitina** (página 25).

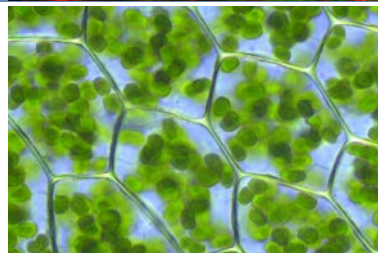


Figura 2.24. Pared celular

«Plagiomnium affine laminazellen» de Kristian Peters – Fabelfroh - photographed by myself. Disponible bajo la licencia CC BY-SA 3.0 vía Wikimedia Commons

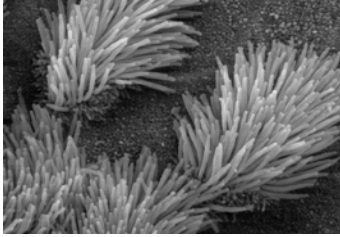


Figura 2.25. Epitelio ciliado de los bronquiolos. «Bronchiolar epithelium 3 - SEM» de Charles Daghlian - Dominio público vía Wikimedia Commons.

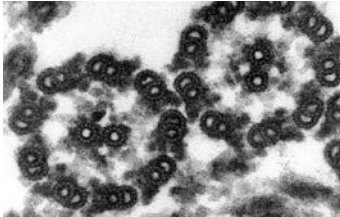


Figura 2.26. Los **cilios** y **flagelos** poseen un cuerpo basal con estructura similar a los centríolos.

"Chlamydomonas TEM 17" by Dartmouth Electron Microscope Facility, Dartmouth College - Public Domain via Wikimedia Commons.

Características de las células animales

Una vez vistos los principales orgánulos presentes en las células eucariotas, podemos resumir las características diferenciales de las células animales en las siguientes:

- **Carecen de pared** celular o cualquier capa de protección externa como ocurre en las plantas. Solo presentan la membrana plasmática.
- **No poseen plastos** de ningún tipo y, por tanto, no tienen los pigmentos fotorreceptores (como la clorofila o los carotenoides) que, recordemos, están presentes en los cloroplastos de las células vegetales; por esta razón, son incapaces de fabricar moléculas orgánicas a partir de moléculas sencillas como CO₂ o H₂O, son **heterótrofas**.
- **Presentan lisosomas**, orgánulos que participan en la digestión intracelular y que aparecen rara vez en las células vegetales.
- **Poseen centríolos**, estructuras semejantes a cilindros huecos que forman parte del citoesqueleto. Durante la división nuclear (página 84), los centríolos se duplican y emigran hacia los polos de la célula, en donde sintetizan las fibras del huso mitótico encargadas de repartir el material genético entre las células hijas.
- **Tienen glucógeno** como polisacárido de reserva (recordemos que en las células vegetales el polisacárido de reserva es el almidón).
- **Pueden presentar un undulipodio**, es decir, una estructura encargada del movimiento como la que se observa en los espermatozoides.

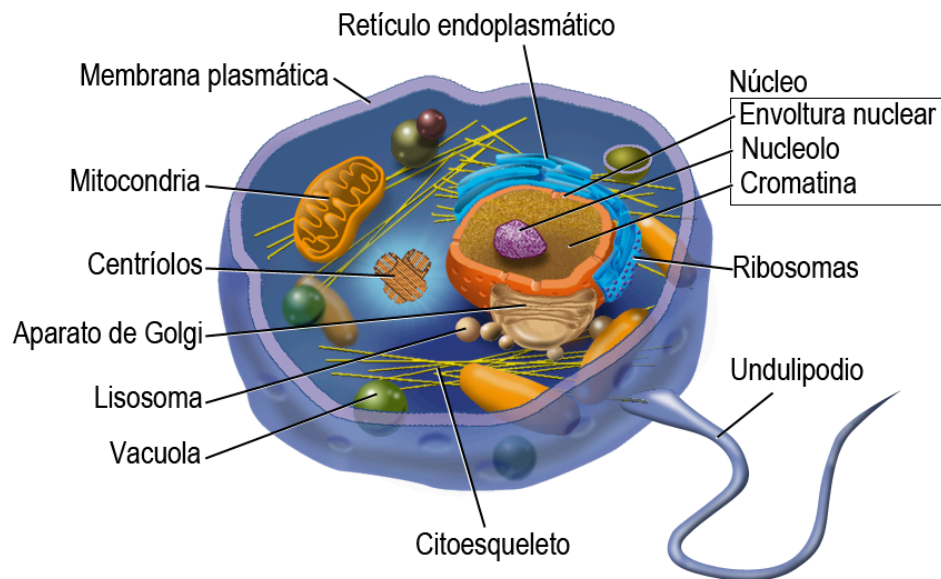


Figura 2.27. Célula animal (cmm).

Características de las células vegetales

Por su parte, las células vegetales presentan las siguientes características:

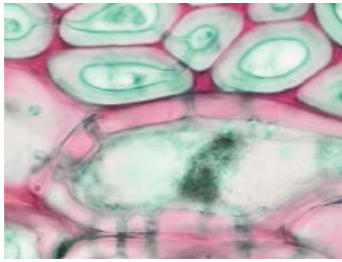


Figura 2.28. Plasmodesmos entre células del esclerénquima (página 95).

- **Pared celular.** Las células vegetales poseen, además de la membrana plasmática, una cubierta externa de **celulosa**, segregada por la propia célula, de función protectora. Además puede incluir otras sustancias orgánicas, como la **cutina** y la **suberina**, que protegen contra la desecación; o la **lignina**, que confiere resistencia, aunque resta elasticidad; o incluso minerales, como calcio o sílice.

La pared forma un andamiaje continuo que enlaza las células (las *cellulae* que observó Robert Hooke no eran sino las cámaras desprovistas de sus ocupantes en tejidos muertos, como se aprecia en la figura 2.2). No obstante, y a pesar de esta coraza, las células no están aisladas unas de otras, sino que se comunican entre sí por medio de túbulos llamados **plasmodesmos** (figura 2.28).

- **Plastos.** Son orgánulos específicos de las células vegetales. Los más importantes son los **cloroplastos**, que contienen clorofila y son los responsables de la fotosíntesis. También puede haber **cromoplastos**, que contienen diversos pigmentos y dan color a las flores y frutos, y los **amiloplastos**, que almacenan almidón (mira la página 107).
- **Sistema de vacuolas muy desarrollado.** Las vacuolas son sacos limitados por membrana, llenos de agua con varios azúcares, sales, proteínas y otros nutrientes. En ocasiones, y en células maduras, una gran vacuola central ocupa la mayor parte del volumen celular, desplazando el núcleo y al resto de los orgánulos hacia la periferia
- **Ausencia de centríolos.** Las células vegetales carecen de centríolos –estructuras que organizan los microtúbulos y que participan en división nuclear.

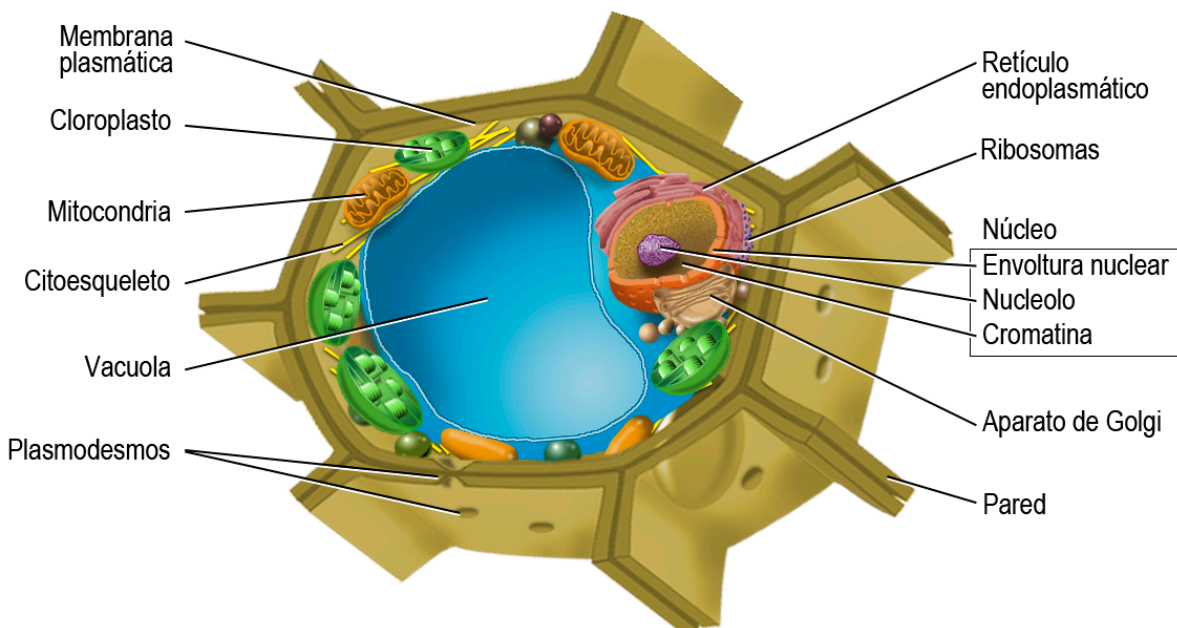


Figura 2.29. Célula vegetal (cmm).



ACTIVIDADES

1. Explica qué quiere decir que la célula es la unidad estructural y funcional de todos los seres vivos.
2. La fotografía A⁽¹⁾ (derecha) corresponde a la bacteria *Escherichia coli*. Sabiendo que la foto se ha impreso a 14.500 aumentos, calcula el tamaño real de la bacteria señalada con una flecha.
3. La fotografía B⁽²⁾ (derecha) es de un virus bacteriófago de 200 nm de longitud visto al microscopio electrónico. ¿A cuántos aumentos se ha representado el virus en la imagen?
4. La fotografía C⁽³⁾ (derecha) es de la bacteria *Staphylococcus aureus*. El segmento blanco es la escala gráfica de la imagen y representa 5µm. ¿Cuál es el aumento de la imagen? ¿Cuánto mide el diámetro de uno de estos cocos?

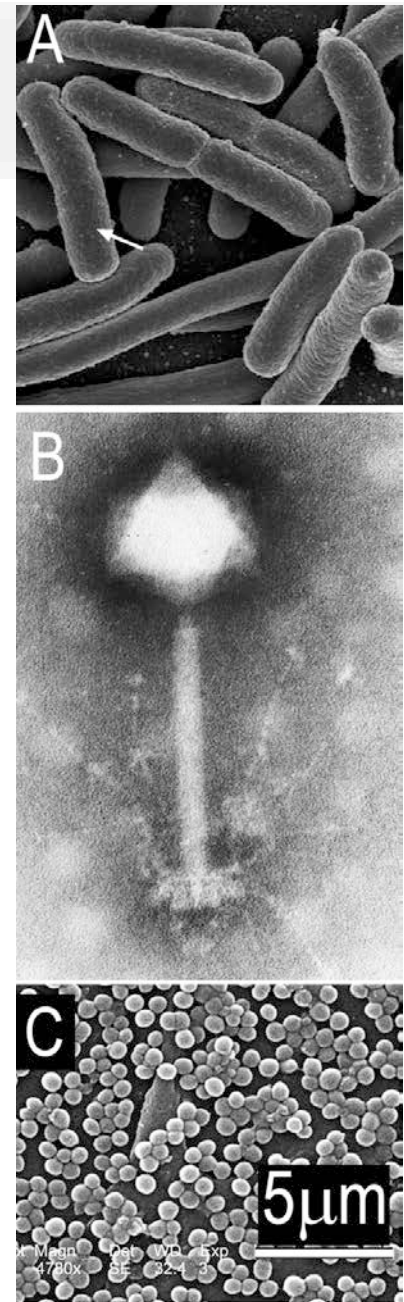
(1) "EscherichiaColi NIAID" by Credit: Rocky Mountain Laboratories, NIAID, NIH Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons.
 (2) By (Image: Hans-Wolfgang Ackermann) [CC BY 2.5 (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.5>)], via Wikimedia Commons.
 (3) By Content Providers: CDC/ Janice Carr/ Deepak Mandhalapu, M.H.S. [Public domain], via Wikimedia Commons.

5. Argumenta razonadamente por qué los virus no pueden ser considerados células.
6. Elabora una lista con las diferencias entre células eucariotas y procariotas.
7. Copia y completa la siguiente tabla con las características diferenciales entre células animales y vegetales:

	Animal	Vegetal
Pared celular		
Centríolos		
Vacuolas		
Plastos		
Mitocondrias		
Lisosomas		
Forma		

8. Explica las diferencias entre la nutrición autótrofa y heterótrofa.
9. Cuando se habla de bacterias, con frecuencia pensamos que se trata de microorganismos nocivos y causantes de enfermedades. ¿Es correcta esta suposición?

Figura 2.30.



Instrumentos de observación en Biología

Las limitaciones del ojo humano hacen necesaria la utilización de diversos instrumentos que amplifiquen los objetos que miramos. De este modo podemos conocer las estructuras biológicas imposibles de observar a simple vista. Entre estos instrumentos encontramos:

- **La lupa.** Básicamente, una lupa es cualquier lente que amplifique los objetos que se ven a través de ella. La lupa binocular es una lente modificada que permite una visión de conjunto del objeto, pudiendo usarse incluso para ver pequeños organismos en su medio ambiente (el aumento que consiguen suele ser de 20 x). En la figura 2.31 se pueden ver los distintos componentes de una lupa binocular.
- **El microscopio compuesto,** o simplemente microscopio, es un instrumento destinado a la observación de cuerpos translucidos (por ello, las preparaciones han de ser muy delgadas). Está formado por la combinación de dos sistemas de lentes, uno de ellos próximo al ojo del observador (**ocular**), que actúa como una lupa, y otro próximo a la preparación llamado **objetivo**, situado en una estructura llamada revólver; en la figura 2.31 se muestran las distintas partes de las que consta. Generalmente, los microscopios tienen varios oculares intercambiables, así como varios objetivos que se seleccionan girando el revólver. El aumento total (entre 500 x y 2500 x) será, por tanto, igual al producto de los aumentos conseguidos por cada una de las dos lentes individuales.

Como el microscopio usa luz transmitida, los objetos que vayamos a observar deberán ser extraordinariamente delgados y susceptibles de que la luz los atraviese y llegue, pasando por ambas lentes, hasta nuestro ojo.

Por otro lado, debido a que las estructuras biológicas son generalmente incoloras y carecen del contraste adecuado para poder distinguirlas, es preciso aplicar colorantes que tiñan los objetos que se vayan a observar.

El material a estudiar se ha de situar sobre una placa de vidrio rectangular (portaobjetos o **porta**) y se ha de colocar encima otro vidrio cuadrado, muy fino (cubreobjetos o **cubre**).



Figura 2.31. A la izquierda, lupa binocular. A la derecha, microscopio de laboratorio. En ambos casos se muestran sus principales componentes. Al girar el tornillo macrométrico el objeto se aleja o se acerca. El tornillo micrométrico permite enfocar la imagen

En los laboratorios también se usan otros tipos de microscopios: el microscopio de contraste de fases, muy utilizado para observaciones en fresco, sin teñir, de células y diversos microorganismos; el microscopio electrónico (sobrepasa el millón de aumentos), que permite percibir detalles en el interior de la célula; el microscopio electrónico de barrido, que da lugar a imágenes tridimensionales de gran detalle.

4. Funciones celulares

Si la célula es la unidad *funcional* de los seres vivos debe realizar las funciones características de los mismos que se describieron en la Unidad 1 (página 5): **nutrición, relación y reproducción**.

Nutrición

Recuerda que consiste en el intercambio de materia y energía con el medio, así como el conjunto de todos los procesos implicados en ese intercambio. Según el modo en que la célula consigue la materia y energía que precisa para realizar sus funciones, se distinguen la nutrición **autótrofa** y **heterótrofa** (figura 2.32).

La diferencia entre la nutrición autótrofa y heterótrofa está en la forma en que la célula obtiene la materia orgánica que precisa: los autótrofos son capaces de fabricarla y los heterótrofos han de incorporarla del medio.

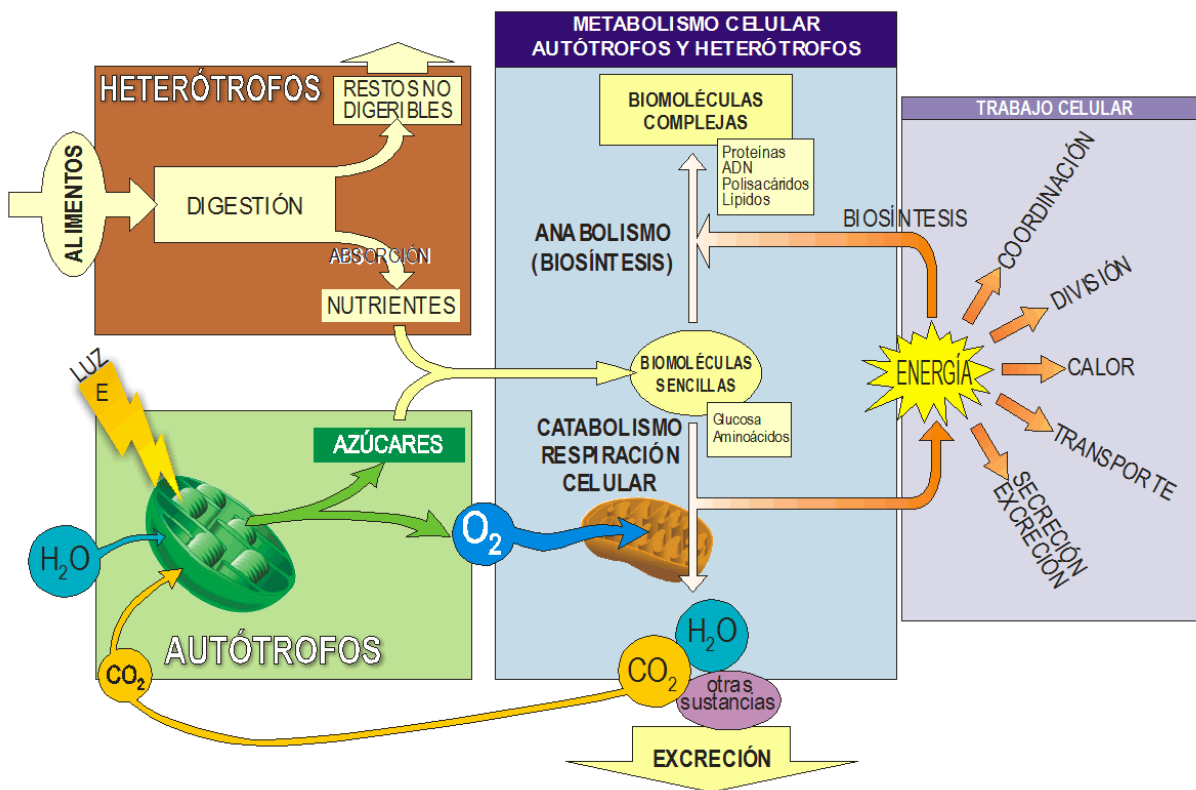


Figura 2.32. Esquema que muestra los puntos en común entre nutrición autótrofa y heterótrofa: la diferencia está en el origen y tipo de materia y energía iniciales (cmn).

Nutrición autótrofa

Es la propia de las células capaces de utilizar una fuente de energía externa para sintetizar sus propias biomoléculas orgánicas a partir de sustancias inorgánicas sencillas que toma del medio*.

La modalidad más conocida y extendida de nutrición autótrofa es la **fotosíntesis**, en la que la energía utilizada procede de la radiación solar. En las plantas y algas se lleva a cabo en los **cloroplastos**.

ALIMENTO Y NUTRIENTE

*Aunque es frecuente referirse a la nutrición **autótrofa** diciendo que estos organismos son *capaces de fabricar su propio alimento*, es preferible reservar el término alimento para hacer referencia a la materia orgánica que toman del medio los organismos heterótrofos. Lo que *fabrican* los autótrofos son moléculas orgánicas que emplearán en diversas funciones.

El término **nutriente** se aplica a las sustancias que los autótrofos toman directamente del medio y los heterótrofos obtienen de la digestión del alimento.

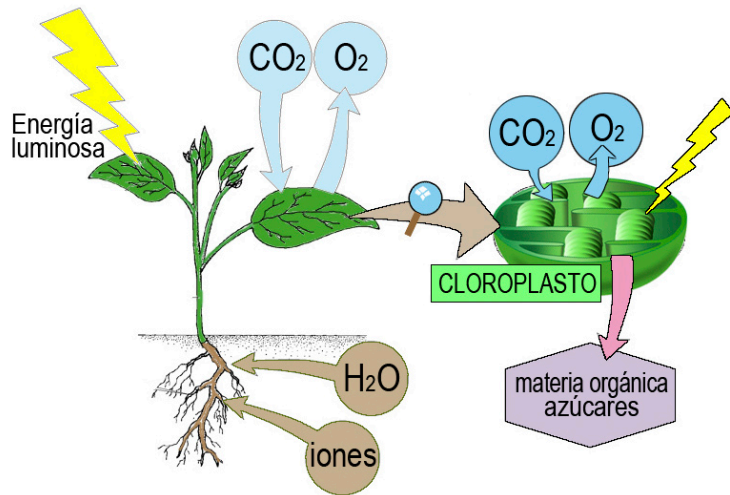


Figura 2.33. Esquema sencillo de los intercambios que ocurren en la fotosíntesis vegetal (cmm).

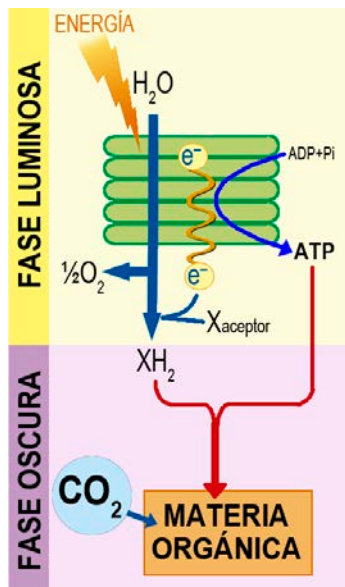


Figura 2.34. Resumen de las fases de la fotosíntesis (cmm).

La fotosíntesis comprende dos fases:

- **Fase luminosa**, llamada así por ser la etapa en que se capta la energía de la luz. Se da en la membrana de los tilacoides, donde gracias a la **clorofila** la energía se utiliza para:
 - Romper moléculas de agua (fotólisis) liberando O_2 , H^+ y electrones (e^-).
 - Transportar los e^- a lo largo de una cadena de moléculas liberando energía que se emplea para producir **ATP**.
- **Fase oscura**: ocurre en el estroma del cloroplasto y no requiere de la luz pero sí de los productos de la fase luminosa (ATP y H^+), que se emplean para reducir el CO_2 a materia orgánica rica en energía.

Algunas bacterias autótrofas en vez de la energía de la luz son capaces de utilizar la energía liberada en la oxidación de compuestos inorgánicos, son **autótrofas quimiosintéticas**. La quimiosíntesis sólo se da en procariotas.

Nutrición heterótrofa

Propia de las células que no pueden utilizar una fuente de energía libre del medio y deben obtenerla de la energía química almacenada en moléculas orgánicas ya formadas que toman del medio.

Las células heterótrofas de animales, hongos y protozoos adquieren materia orgánica de su medio mediante la captura de otros seres vivos, materia orgánica muerta, absorción, etc. Esta materia (alimento) constituye la fuente tanto de biomoléculas (nutrientes orgánicos e inorgánicos) como de energía en forma de energía química almacenada en esas biomoléculas.

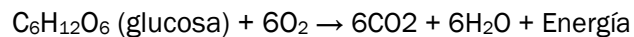
El alimento generalmente requiere de un procesamiento previo que libere los nutrientes que contiene como moléculas susceptibles de ser utilizadas por la célula mediante una **digestión intracelular** que llevan a cabo las enzimas contenidas en los **lisosomas** (véase la figura 2.21 en la página 75). La acción de esas enzimas libera pequeñas moléculas que son absorbidas hacia el citosol y utilizadas donde sea preciso. Los residuos no aprovechables se expulsan al exterior (egestión). Si son partículas que no pueden atravesar la membrana se da la exocitosis mediante una vesícula que se fusiona con la membrana liberando su contenido.

Respiración celular

Una parte de la materia orgánica que las células heterótrofas adquieren del exterior o que de la que las autótrofas elaboran, se emplea como *combustible* celular, degradándola en compuestos sencillos para liberar la energía de los enlaces y aprovecharla en otros procesos como muestra la figura 2.32. Y hay dos procesos por el que las células obtienen esa energía:

Respiración aerobia

En este proceso las moléculas orgánicas, como la glucosa, se oxidan mediante el uso de **oxígeno**, que se combina con sus átomos de carbono y se liberan **CO₂** y **H₂O** como productos finales:



El proceso en realidad ocurre a lo largo de una secuencia de reacciones en las que la liberación gradual de energía se acopla a la síntesis de moléculas de ATP.

La respiración aerobia inicia en el hialoplasma (figura 2.35), donde ocurren una serie de reacciones que conducen hasta un compuesto de 3 átomos de carbono: el **piruvato**. Éste pasa a la **mitocondria**, en cuya matriz ocurren una serie de reacciones que constituyen el ciclo de **Krebs**.



¿La célula respira?

Es muy importante no confundir la **respiración celular**, proceso de obtención de energía en la célula, con la **respiración externa** o *intercambio de gases con la atmósfera* que se hace mediante el aparato respiratorio. El oxígeno adquirido en la respiración externa será el empleado por la mitocondria en el proceso de respiración celular.

El final del proceso se da en las crestas mitocondriales, donde los electrones que se han liberado en las anteriores reacciones son transportados en cadena (cadena respiratoria) y se va liberando energía que se emplea para producir ATP (fosforilación oxidativa). El receptor final de los electrones y protones (H⁺) es **oxígeno** y se forma agua:

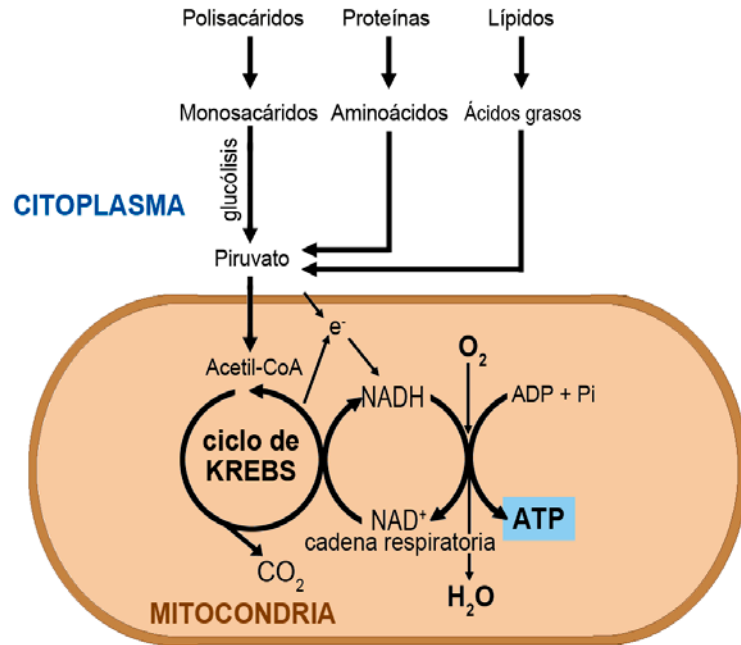


Figura 2.35. Esquema simplificado de la respiración celular (cmm).

Fermentación

Algunas células son capaces de degradar biomoléculas orgánicas para obtener energía **sin** utilizar oxígeno. Este proceso ocurre en el citoplasma y conduce a una degradación incompleta de la materia orgánica de modo que, en vez de CO₂ y H₂O, el producto final es otra molécula orgánica más simple, como el etanol o el ácido láctico. Al ser incompleta la degradación del sustrato, **el rendimiento energético es muy inferior al de la respiración aerobia.**



Fermentación y energía

La degradación de una molécula de glucosa produce 36 moléculas de ATP mediante respiración aerobia pero sólo 2 ATP a través de la vía fermentativa.

Las fermentaciones tiene aplicaciones prácticas en la producción y transformación de alimentos:

- La **fermentación etílica**, realizada por la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que se utiliza en la fabricación de vino, cerveza y pan.
- La **fermentación láctica**, como la conocidas bacterias del género *Lactobacillus*, productoras de yogur y queso.

Algunos organismos procariontes utilizan esta vía de forma exclusiva, son los **anaerobios estrictos**. Otros en cambio realizan el metabolismo aerobio o anaerobio en función de la disponibilidad de oxígeno, son los **anaerobios facultativos**.



El ácido láctico y las “agujetas”

Existe la creencia de que las agujetas que a veces padecemos tras practicar deporte con cierta intensidad se deben a la acumulación de ácido láctico en el músculo. Sin embargo, esto no es así: se deben a microlesiones —roturas de miofibrillas— que sufren los músculos durante el esfuerzo.

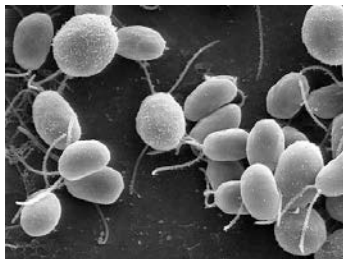


Figura 2.36. Células flageladas. «Chlamydomonas6-1», Dartmouth College - Dominio público vía Wikimedia Commons.

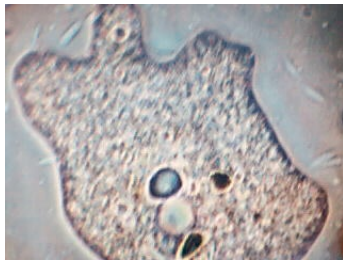


Figura 2.37. Ameba. «Amoeba» de Gregorius28 - Trabajo propio. CC BY-SA 3.0 vía Wikimedia Commons.



Figura 2.38. *Vorticella campanula*. Proyecto Agua en flickr (CC BY-NC-SA 2.0).

Nuestras células musculares utilizan oxígeno en condiciones normales de actividad moderada (actividad diaria o ejercicio *aeróbico*) pero si la demanda energética supera la capacidad de aporte de oxígeno, entran en la vía de fermentación láctica que, aún con un rendimiento energético inferior, permite continuar la contracción muscular.

Relación

Las células son capaces de recibir información del medio (estímulos) y responder de forma adecuada mediante por ejemplo la secreción de sustancias o un movimiento. Del movimiento se ocupa el conjunto de fibras del **citoesqueleto** y puede ser de varios tipos:

- **Movimiento vibrátil** se llama al que depende de la presencia de **undulipodios: cilios y flagelos**. Los primeros son prolongaciones cortas y numerosas (figura 2.25) mientras que los flagelos aparecen en pequeño número y son muy largos (figura 2.36). Algunos protozoos utilizan unas u otras estructuras para desplazarse en su medio.
- **Movimiento ameboide** es el que realizan células que emiten expansiones del citoplasma (pseudópodos) como amebas y leucocitos (figura 2.37).
- **Movimiento contráctil:** consiste en el deslizamiento de fibrillas del citoesqueleto entre sí de modo que se produce un acortamiento, como el que ocurre en la contracción muscular o en el pedúnculo de algunos organismos unicelulares (figura 2.38).

Reproducción

Las células se reproducen dividiéndose. En los organismos unicelulares esta división origina dos células hijas que son organismos autónomos y en los pluricelulares la división tiene por objetivo el crecimiento del organismo, la reposición de células muertas y la reparación de tejidos y órganos.

La división de una célula siempre ocurre en primer lugar la división del núcleo y luego la división del citoplasma. Así se garantiza que las células hijas portan el material hereditario con toda la información que precisan para su mantenimiento y funciones.

1. **División del núcleo:** ocurre mediante un proceso llamado **mitosis** (o *cariocinesis*), cuya finalidad es asegurar el reparto equitativo del ADN del núcleo.
2. **División del citoplasma:** también llamada *citocinesis*, consiste en la simple división del citoplasma celular sin necesidad de que sea equitativa puesto que las células hijas llevarán a cabo los procesos de síntesis necesarios para fabricar nuevos orgánulos.

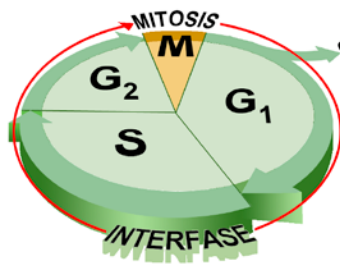


Figura 2.39. Ciclo celular. La duración total puede oscilar entre varias horas y algunos años, según el tipo de célula. (cmm).

El ciclo celular

Desde que se forma una célula por división de otra anterior hasta que ella misma vuelve a dividirse pasa por una serie de etapas que, en conjunto, constituyen el ciclo celular:

Como muestra la figura 2.39, el ciclo celular comprende dos grandes fases: **interfase** y **mitosis** o división propiamente dicha.

- **Interfase**, en que la célula crece y sintetiza las sustancias que necesita para su funcionamiento, como proteínas o el ADN para la siguiente división. A su vez consta de:
 - **Fase G₁**. Se sintetizan las proteínas necesarias para el crecimiento celular. En células que se diferencian y no se van a dividir más, como las musculares o las neuronas, esta fase es definitiva y se denomina G₀.
 - **Fase S**. ES una en que se produce la **replicación del ADN** que es necesaria para que, en la división siguiente, cada célula hija posea una copia completa del material genético.
 - **Fase G₂**. Es la etapa más corta de la interfase, en la que se ocurren los procesos preparatorios para la división de la célula, como la duplicación de los centríolos en las células animales.
- **Fase M (mitosis o de división)** que se describe a continuación. Aunque es un proceso continuo, en función de los cambios que van ocurriendo en la célula, la mitosis se divide a su vez en cuatro fases: **profase, metafase, anafase y telofase**.

Mitosis

La mitosis es un proceso enfocado a conseguir el **reparto equitativo** del material genético entre las dos células hijas.

Para entender adecuadamente lo que ocurre a lo largo de las fases de la mitosis, conviene que recordemos cómo es un cromosoma:

Los cromosomas

Durante la mitosis, el ADN se condensa y se hacen visibles los cromosomas, en forma de bastón. Como el ADN se duplicó en la fase S de interfase, cada uno presenta **dos cromátidas**, copias idénticas entre sí. Cada cromátida contiene un segmento de ADN unido a proteínas. Se asegura así que una copia completa del ADN celular pasará a cada célula hija.

Las cromátidas están unidas por el **centrómero**, a ambos lados del cual están los cinetocoros que se unirán al huso mitótico.

El número de cromosomas es característico y constante para cada especie y, en general, consta de dos juegos de **cromosomas homólogos**, uno procedente del padre y otro de la madre.

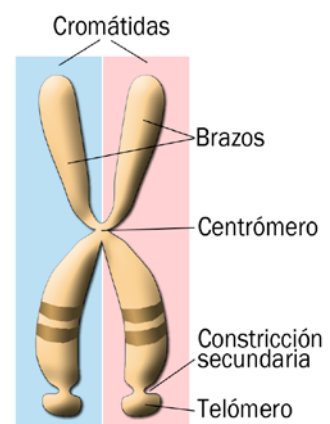


Figura 2.40. Cromosoma.

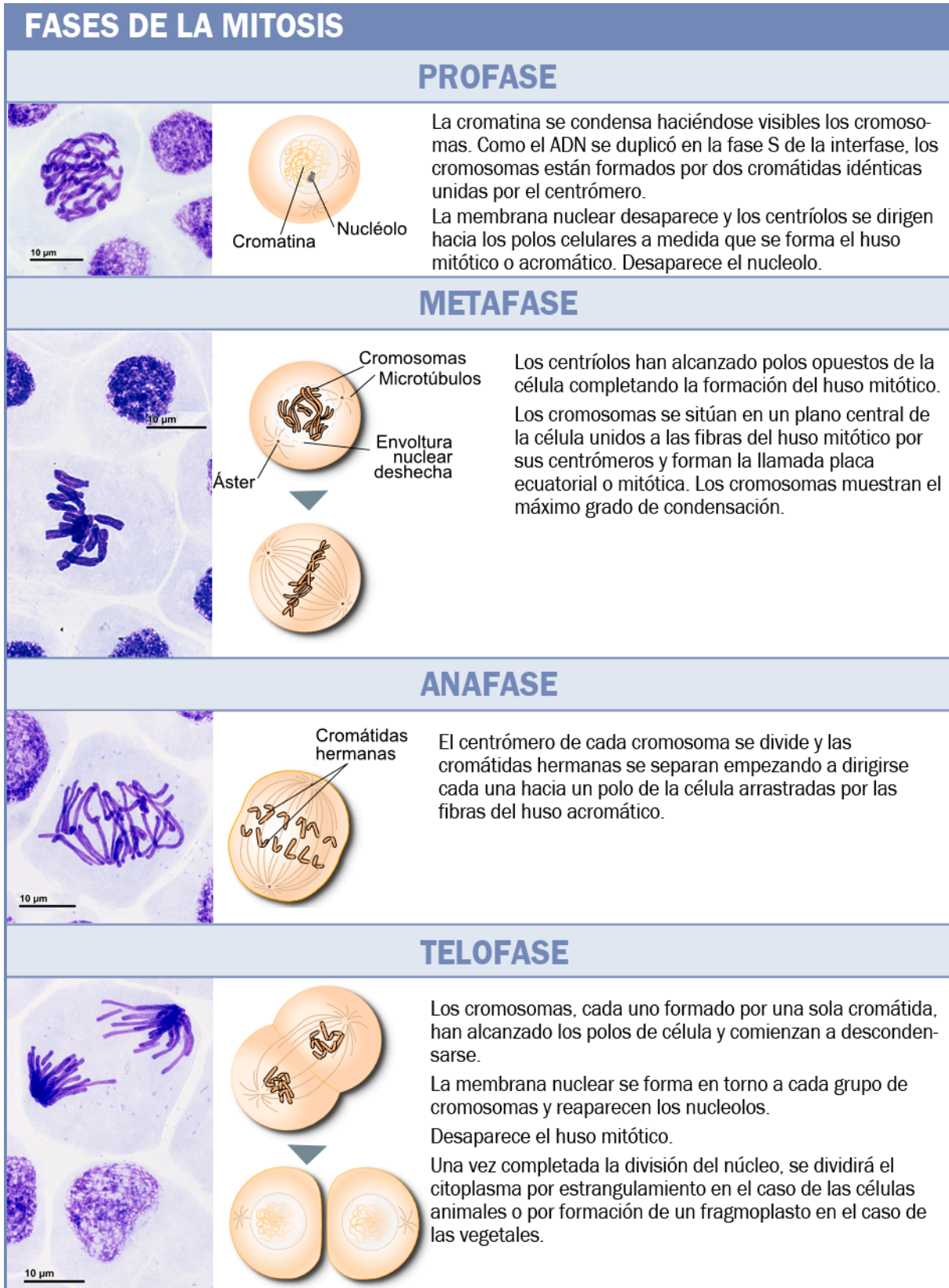


Figura 2.41. Fases de la mitosis. Microfotografías By Doc. RNDr. Josef Reischig, CSc. (Author's archive) [CC BY-SA 3.0], via Wikimedia Commons. Dibujos: modificado de Schemazeichnung_Mitose.svg; *Diagrama_Mitosis.svg: Jpablo cad translation: Matt (talk) Diagrama_Mitosis.svg: juliana osorio derivative work: M3.dahl (Schemazeichnung_Mitose.svg Diagrama_Mitosis.svg) [CC BY-SA 3.0], via Wikimedia Commons.

Citocinesis

La división del citoplasma y reparto de orgánulos citoplásmicos, más o menos equitativo puesto que no es necesario que sea exacto como en el caso de los cromosomas, ocurre de forma diferente en células animales y vegetales como consecuencia de la presencia de la pared celular:

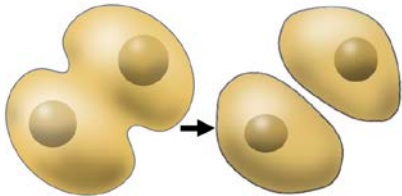
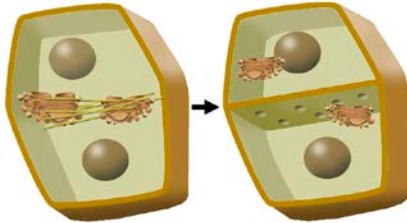
Células animales	Células vegetales
<p>Se produce un estrangulamiento controlado por fibras del citoesqueleto que divide en dos a la célula:</p> 	<p>Se forma un tabique llamado fragmoplasto a partir de vesículas del complejo de Golgi. El fragmoplasto posee plasmodesmos.</p> 

Figura 2.42. Citocinesis en células animales y vegetales (cmm).

Meiosis

Todas las células que forman el organismo pluricelular proceden de sucesivas divisiones mitóticas a partir de la célula huevo o **cigoto** que, a su vez, se originó por la unión de las células sexuales o **gametos**, cada uno de los cuales aporta la mitad de la dotación genética. Pero la cantidad de ADN y el número de cromosomas es constante en cada especie; por ejemplo, el ser humano posee 46 cromosomas (figura 2.44). En consecuencia, los gametos deben llevar la mitad de esa dotación, 23 cromosomas, y no pueden formarse por mitosis, sino que lo hacen mediante otro mecanismo de división del núcleo que da lugar a **cuatro células hijas** con la mitad de cromosomas que la célula inicial tras dos divisiones sucesivas, en la primera de las cuales se reduce el número de cromosomas a la mitad en cada núcleo:

- 1. Primera división meiótica:** se emparejan los cromosomas homólogos y se disponen en el plano medio de la célula. Luego, en vez de separarse cromátidas como ocurría en mitosis, se separa cada cromosoma completo de la pareja y se dirige a un polo celular. Al final, cada núcleo ha recibido un cromosoma de cada pareja.
- 2. Segunda división meiótica:** es similar a una mitosis en que se sitúan los cromosomas en el ecuador celular y se separan las cromátidas hacia los polos celulares.

La meiosis es necesaria para mantener constante el número de cromosomas en las especies con reproducción sexual.



HAPLOIDES Y DIPLOIDES

Al observar el **cariotipo** de un organismo (figura 2.43) se ve que, en general, hay dos conjuntos de cromosomas morfológicamente idénticos. Decimos que son especies **diploides**. En cambio, hay células, como los **gametos**, que sólo poseen una serie de cromosomas, y se denominan **haploides**.

El número de cromosomas de una especie diploide se expresa como $2n$ cromosomas (por ejemplo, en nuestra especie $2n = 46$). La dotación haploide se expresa como n cromosomas. Un gameto humano tendrá $n = 23$ cromosomas.

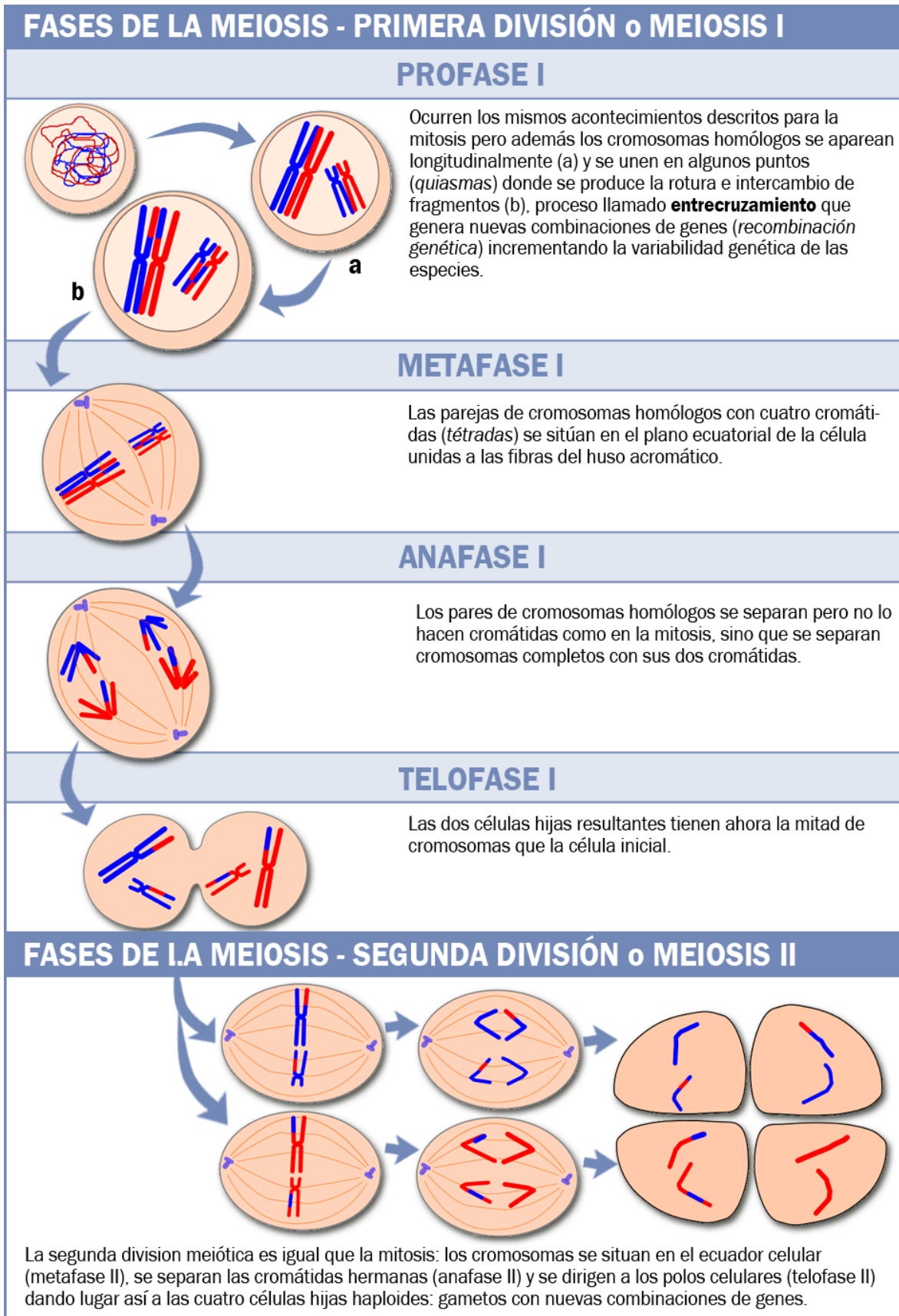


Figura 2.43. Las fases de la división celular por meiosis (cmm).

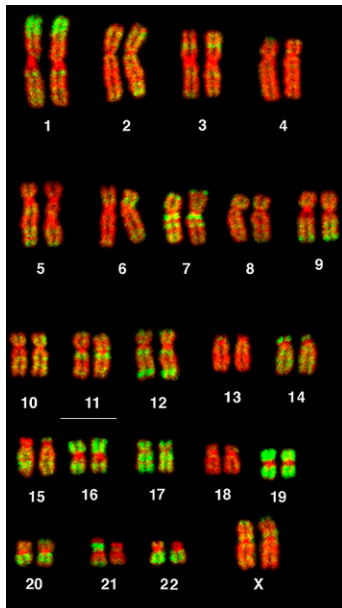


Figura 2.44. Cariotipo humano By Andreas Bolzer, Gregor Kreth, Irina Solovei, Daniela Koehler, Kaan Saracoglu, Christine Fauth, Stefan Müller, Roland Eils, Christoph Cremer, Michael R. Speicher, Thomas Cremer [CC BY 2.5 via Wikimedia Commons].

Significado biológico de la meiosis

Ya hemos visto que la mitosis produce dos células genéticamente idénticas entre sí. Este tipo de división se da en la proliferación celular que permite el **crecimiento** y la regeneración o sustitución de tejidos de los organismos pluricelulares y también en la **reproducción asexual**.

En cambio la meiosis es imprescindible en la reproducción sexual, en la que intervienen dos individuos cada uno de los cuales aporta la mitad de la información genética del nuevo individuo, resultando éste con una "mezcla" de caracteres de los progenitores.

La reproducción sexual es notablemente más compleja que la asexual, en que un solo individuo es capaz de generar descendientes que son copias genéticamente idénticas al progenitor. Para llevar a cabo la reproducción sexual es necesario invertir en la producción de gametos y conseguir que esos gametos se encuentren con los del sexo contrario y se produzca la fecundación. En muchas ocasiones esto supone enormes dificultades y la dedicación de unos recursos que el organismo podría invertir en su propia supervivencia. Entonces, ¿por qué se adopta la reproducción sexual casi universalmente? ¿Qué ventajas ofrece?

La reproducción asexual no produce variabilidad genética, los descendientes son idénticos entre sí y al progenitor; una variación en las condiciones del medio, puede hacer que la población, que es genéticamente homogénea, carezca de capacidad de adaptación y se extinga. En cambio, la reproducción sexual produce **variabilidad genética** que es muy ventajosa para las poblaciones. A ello contribuye la meiosis por medio del entrecruzamiento. Así, hay tres fuentes de variación asociadas a la reproducción sexual:

1. Los gametos aportan diferentes conjuntos de genes al proceder de progenitores distintos. Esta diferencia será mayor cuanto menor sea el parentesco entre los progenitores.
2. Durante la formación de los gametos se produce el entrecruzamiento apareciendo combinaciones génicas nuevas y al azar en función del número de quiasmas que se formen en cada meiosis.
3. Durante la anafase II los cromosomas homólogos maternos y paternos se distribuyen al azar al separarse, independientemente unos de otros, lo que da lugar a conjuntos de cromosomas nuevos.

La variabilidad genética entre los individuos de una población permite que algunos de ellos puedan ser portadores de combinaciones favorables de caracteres que les permitan sobrevivir ante cambios en las condiciones del medio.

Ciclos biológicos

Con la aparición de la reproducción sexual y de la meiosis, encontramos que ocurre una alternancia de fases nucleares entre dos clases de células: **cigotos diploides**, procedentes de la fecundación y que, por mitosis, pueden originar individuos pluricelulares, y **gametos haploides** procedentes de la meiosis. Según el momento del ciclo vital en que ocurra la meiosis, se distinguen tres tipos de ciclos biológicos:

- a. **Ciclo haplonte**, si la meiosis ocurre inmediatamente después de la fecundación originando individuos adultos haploides, como ocurre en algunos hongos y protoctistas.
- b. **Ciclo diplonte**, como el de los animales, en que el individuo adulto es diploide y la meiosis se produce para formar los gametos, que son las únicas células haploides.
- c. **Ciclo haplodiplonte** o con **alternancia de generaciones**, en cuyo ciclo *alternan* fases haploides y diploides, como ocurre en los vegetales. Hay una fase diploide, el **esporofito**, que produce por meiosis esporas haploides. Las esporas se desarrollan para formar una fase adulta haploide, el **gametofito**, que forma los gametos y, tras la fecundación, el cigoto se desarrolla como un nuevo esporofito diploide. Hay una clara tendencia a la reducción del gametofito. En los musgos (briofitas) es la generación dominante, mientras que en los helechos es una pequeña planta de apenas 1 cm (el prótalo). En las plantas con semillas carece de vida libre: el femenino es el saco embrionario encerrado en el ovario y el masculino es el grano de polen.

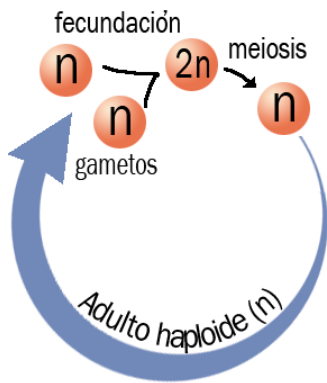


Figura 2.45. Ciclo haplonte (cmm).

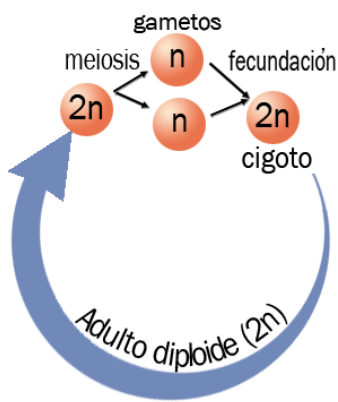


Figura 2.46. Ciclo diplonte (cmm).

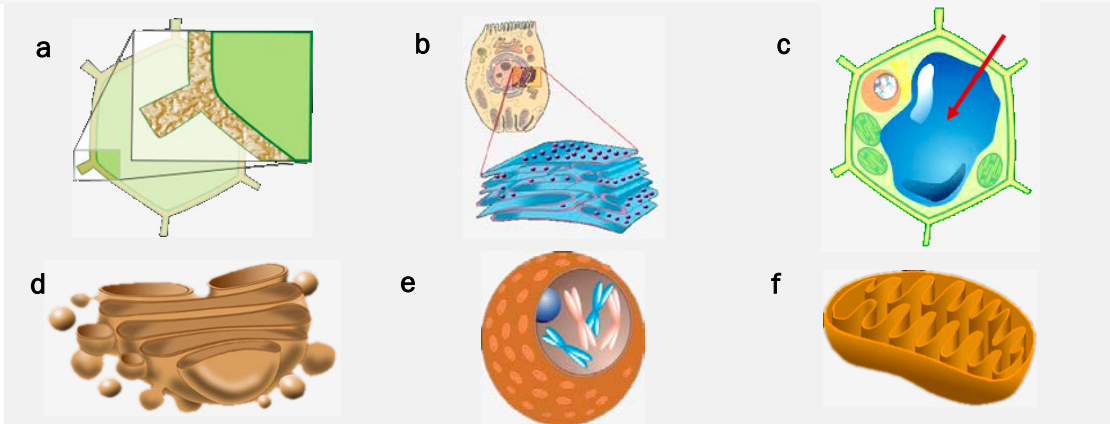


Figura 2.47. Ciclo haplodiplonte de los helechos Carl Axel Magnus Lindman [CC BY-SA 3.0], via Wikimedia Commons.



ACTIVIDADES

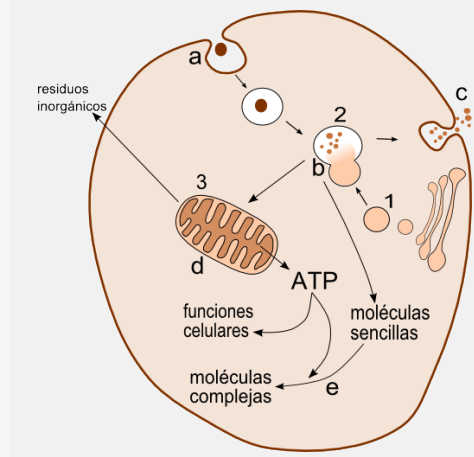
- 10. ¿Qué aumento podríamos conseguir con un microscopio que tiene un ocular de 10x y un revólver con tres objetivos de 10x, 40, y 100x?
- 11. Las siguientes imágenes muestran diversos orgánulos celulares:



- a. Identifica cada uno de ellos e indica si aparece en células animales, vegetales o en ambas.
 - b. Indica brevemente cuál es su función en la célula.
12. La mucosa que tapiza los bronquios posee dos tipos de células: unas con cilios (figura 2.25) y otras secretoras de mucus.
- a. ¿Qué orgánulos tendrán un gran desarrollo en cada uno de esos tipos celulares?
 - b. Los cilios son estructuras relacionadas con el movimiento celular. Si las células epiteliales no se desplazan, ¿qué función tendrán los cilios?

13. La ilustración de la derecha representa una forma de nutrición celular:

- a. Nombra los orgánulos señalados con números y los procesos indicados con letras.
- b. ¿Qué tipo de nutrición se ha representado y a qué tipo de célula corresponde?



14. Explica razonadamente si cada una de las siguientes afirmaciones es o no correcta:

- a. Una célula procariótica autótrofa fotosintética posee cloroplastos.
- b. Una célula eucariótica heterótrofa posee mitocondrias y no posee cloroplastos.
- c. Una célula eucariótica fotosintética no posee mitocondrias porque tiene cloroplastos.

15. Las células vegetales poseen mitocondrias. Si son células autótrofas con cloroplastos que hacen la fotosíntesis, ¿para qué necesitan mitocondrias?

5. Organización pluricelular

Hasta ahora hemos visto en detalle la organización celular y descrito las funciones que llevan a cabo las células. Ahora bien, si tan admirablemente se las apañan las células solas, ¿qué necesidad tienen de agregarse unas con otras para formar organismos pluricelulares? La pregunta cobra aún más sentido si tenemos en cuenta que la pluricelularidad plantea algunos problemas: a medida que el número de células es mayor aumenta el volumen del organismo y llega un momento en que no todas las células están en contacto directo con el medio externo, por lo que no pueden captar directamente los nutrientes ni eliminar los residuos. ¿Cuáles son, pues, las ventajas de la pluricelularidad, que la hacen “deseable” frente a las evidentes desventajas?

Una posible ventaja es que, en un conjunto de células dispersas, cada una de ellas está expuesta al entorno por todos lados, por lo que debe gastar energía en toda su superficie para combatir las inclemencias ambientales (mientras que en un organismo pluricelular sólo las células externas requieren dicho gasto energético); aumentan, por tanto, sus posibilidades de supervivencia. Otra ventaja es la **división del trabajo** fisiológico y la consiguiente continuidad de funciones que éste posibilita: un organismo unicelular no puede, simultáneamente, reproducirse, desplazarse y alimentarse, ya que cada una de estas funciones consume una buena fracción de los recursos y las estructuras de la célula y dificulta a las demás; pero en un organismo pluricelular distintas células pueden especializarse en diferentes funciones, lo que acrecienta la eficiencia del sistema y contribuye a un ahorro de energía y de materiales, esto es, a un funcionamiento “más barato” y mejor.

La primera especialización en los seres pluricelulares es la aparición de células encargadas de la reproducción, denominadas células reproductoras o **gametos**. Las demás células tienen encomendadas tareas de relación y nutrición y se designan **células somáticas** o **vegetativas**.

Realizada esta primera división, las células somáticas siguieron especializándose, dando lugar a **tejidos**. Los tejidos no son otra cosa que *un grupo de células dedicadas a realizar un determinado tipo de trabajo dentro del ser pluricelular*.

En los organismos pluricelulares más evolucionados, varios tejidos se agruparon para formar **órganos**, que son *partes del ser vivo, claramente diferenciadas, cuya misión es realizar actos*; como el órgano del estómago que realiza el

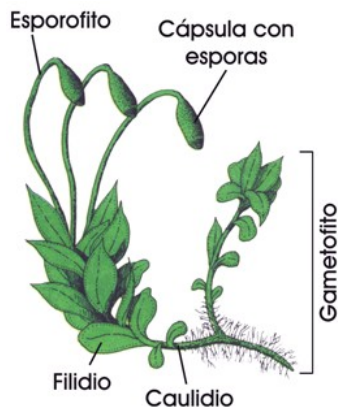


Figura 2.48. *Mnium* es un género de musgos típico de los bosques y de las proximidades de arroyos de nuestro país.

acto de la digestión gástrica, o la raíz encargada de la absorción del agua y las sales minerales.

Un conjunto de órganos formados por diferentes tejidos y que llevan a cabo una misma función se denomina **aparato**. Si estos órganos están formados por el mismo tejido constituyen un **sistema**. El aparato excretor constituye un ejemplo de aparato; el sistema nervioso de los animales y el sistema de vasos conductores en las plantas constituyen ejemplos de sistemas.

Tejidos vegetales

Aunque las plantas son organismos pluricelulares, en los vegetales podemos distinguir dos tipos de niveles de organización:

1. El **nivel talofítico**. Las briofitas (como por ejemplo, los musgos) carecen de tejidos conductores, no presentan raíces, tallos y hojas verdaderas, sino un cuerpo vegetativo formado por células que no llegan a constituir un tejido. Así, las raíces que presentan se denominan **rizoides**, el tallito **cauloide** y las hojitas **filoides** (figura 2.48).

Estas plantas crecen abundantemente en lugares sombríos y húmedos, formando almohadillas verdes sobre las rocas, cortezas de árboles, el suelo y aun dentro del agua corriente o estancada. Aunque resisten bien la sequía necesitan para vivir y reproducirse un ambiente cargado de humedad. Son, junto a los líquenes (simbiosis entre un alga y un hongo), los primeros colonizadores del ambiente terrestre. Contribuyen a formar el suelo donde más tarde se instalarán otros vegetales, por lo que tienen gran importancia ecológica.

2. El **nivel cormofítico**. Es el propio de plantas que han alcanzado un mayor grado de diferenciación y que poseen adaptaciones específicas a la vida terrestre. Presentan tejidos especializados (que estudiaremos a continuación) destinados al sostén y a la protección de su superficie, así como a la absorción, conducción y eliminación de agua. El aspecto externo de la planta, así como su estructura interna, es un fiel reflejo de la disposición de los tejidos y, por tanto, de sus órganos.

Las plantas cormofitas se llaman así porque presentan una estructura tipo **cormo**, es decir, presentan auténticas **raíces, tallos y hojas** provistos de **haces vasculares** (agrupaciones de vasos conductores). Esta estructura es típica de los helechos (**pteridófitos**) y de las plantas con flores (**fanerógamas**) que estudiaremos posteriormente.

Vemos, pues, que la estructura de las plantas está condicionada a su adaptación al medio terrestre, y eso conlleva una serie de necesidades diferentes, tales como:

- La limitación de las pérdidas de agua, ya que en el medio en el que desarrollan su vida esta sustancia es escasa.
- La absorción, conducción y eliminación del agua procedente del suelo.
- El aumento de la solidez y resistencia del cuerpo vegetativo de la planta que, además, tiene que mantenerse erguida en el aire.

Estas exigencias que impone el entorno no dejan mucho margen para lujos tales como que todas las células hagan lo mismo, por lo que una planta terrestre requiere la formación de tejidos con células especializadas en afrontar los nuevos retos que se plantean.

¿Cómo aparecen distintos tejidos a partir de una única célula –el cigoto– que se divide mediante mitosis sucesivas? La explicación radica en la pérdida de **potencialidad**, es decir, del número de clases de células en las que puede diferenciarse una célula dada. Las células del embrión poseen una gran potencialidad, y pueden originar cualquier clase de célula del cuerpo; son, pues, **pluripotenciales**. Sin embargo, sus divisiones posteriores y su consiguiente diferenciación conducen a la pérdida progresiva de potencialidad. Cuanto más avanzada sea la especialización de una célula menos posibilidad tendrá de “desdiferenciarse” y tomar un camino diferente. Todos los tejidos derivados de esa célula diferenciada llevarán el sello de su especialización: estaremos ante una clase fundamental de tejidos.

Entre los tejidos vegetales se distinguen los **tejidos embrionarios** o **meristemos**, indiferenciados, y los **tejidos definitivos** o **adultos** (todos los demás) que se originan a partir de aquéllos, más especializados, y que en ocasiones han de morir y perder su citoplasma para poder desempeñar su función:

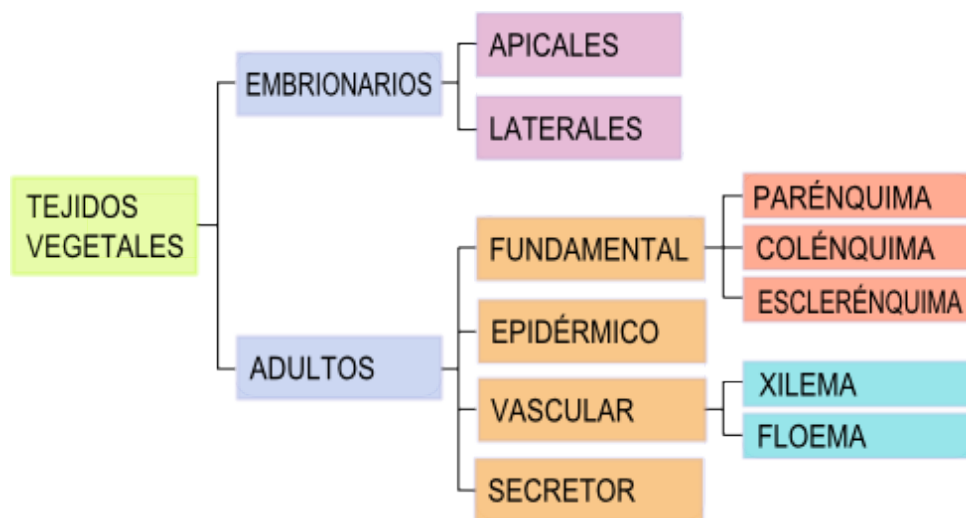


Figura 2.49. Resumen de los tejidos vegetales.

1. **Meristemos.** Están formados por células que tienen la pared celular muy fina y núcleos grandes; externamente son todas muy parecidas, y se trata de las únicas células de la planta con capacidad de división.

Estos tejidos embrionarios se encuentran principalmente en yemas; cuando éstas brotan, el meristemo comienza a formar células que crecen y se diferencian, dando lugar a tejidos adultos con gruesas paredes celulares (figuras 2.50 y 2.51).

2. **Parénquimas.** Se llaman también tejidos fundamentales, por ser los menos especializados de todos los tejidos adultos (figura 2.52). Están formados por células vivas, grandes y de forma muy variada. Forman la mayor parte del cuerpo del vegetal y se especializan en distintas funciones: realizar la fotosíntesis (parénquima clorofílico, en las hojas y tallos verdes), almacenar sustancias de reserva como el almidón (parénquima de reserva, en tubérculos, rizomas, bulbos, tallos comestibles...), almacenar agua (parénquima acuífero, en tallos y hojas de plantas adaptadas a climas áridos) o aire (parénquima aerífero, para ayudar a flotar a las hojas de plantas que viven en terrenos encharcados).

3. **Tejidos de sostén.** Dan solidez, firmeza y elasticidad a la planta. Gracias a estos tejidos las plantas no dependen del medio acuático para mantenerse erguidas y llevar a efecto sus funciones vitales, lo que ha promovido su adaptación al medio terrestre. Se distinguen dos variantes: **colénquima** y **esclerénquima** (figuras 2.53 y 2.54).

4. **Tejidos epidérmicos o protectores.** Tienen como función proteger al vegetal de los cambios de clima, de la falta de agua, de la evaporación rápida..., cambios todos ellos que perjudican seriamente al vegetal. Se incluyen aquí los tejidos **epidérmicos** y **suberosos**, que se explican en la figuras 2.55 y 2.56.

5. **Tejidos vasculares o conductores.** El transporte del agua y de las demás sustancias necesarias para la vida de la planta puede efectuarse a través de los poros que existen en las paredes de las células parenquimáticas, aunque esto resulta insuficiente en la mayoría de los vegetales, por lo que se han desarrollando tejidos conductores especializados.

Estos tejidos están formados por células alargadas, muchas de las cuales presentan tabiques, que se unen unas a otras para dar lugar a una especie de tubos, o vasos, muy finos por donde circula la savia; muchas de ellas presentan tabiques. Existen dos tipos: **floema** y **xilema** (figuras 2.57 y 2.58).

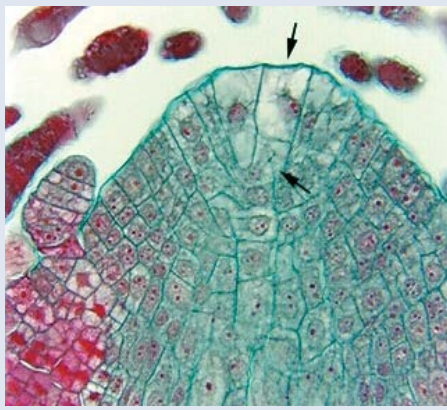


Figura 2.50. Meristemo apical.

Proceden directamente del embrión. Las células meristemáticas embrionales son las responsables del crecimiento en longitud de la planta y de la formación de nuevas raíces, ramas, hojas y flores. Se encuentran en el ápice de los tallos y de las raíces, suelen presentar forma cónica, en el tallo están protegidos por **brácteas** y en la raíz por la cofia.

La imagen muestra el meristemo de un brote del helecho *Nephrolepis*. Las flechas señalan dos células hijas producidas por división transversal de una célula madre, como la que se encuentra a su izquierda.

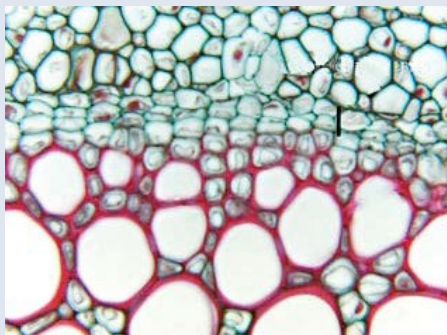


Figura 2.51. Meristemo secundario. Tallo de *Angelica*.

Se originan a partir de células adultas que vuelven a adquirir la capacidad de división. Son los responsables del crecimiento en grosor de la planta. Hay dos tipos: el **cámbium**, que se halla intercalado entre otros tejidos del tallo y de la raíz, y el **felógeno**, que se localiza entre los tejidos de la periferia del cuerpo del vegetal; en este último caso puede originar corcho.

Las células del cámbium, aplanadas, se encuentran entre células de floema (arriba) y de xilema (abajo, teñidas de rojo).

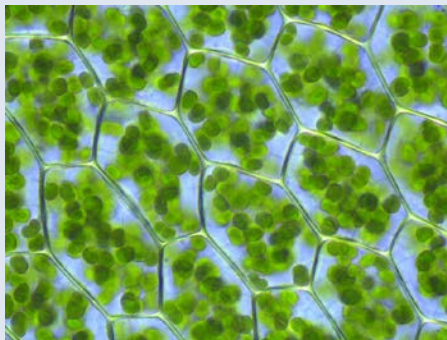


Figura 2.52. Parénquima clorofílico.

Bajo la denominación de parénquima se agrupan una amplia serie de tejidos fundamentales que forman la mayor parte del cuerpo de la planta y que asumen las funciones menos especializadas. Las células que forman parte del parénquima clorofílico contienen gran número de cloroplastos y dan color a las partes verdes, hojas y tallos, de las plantas, donde se realiza la fotosíntesis.

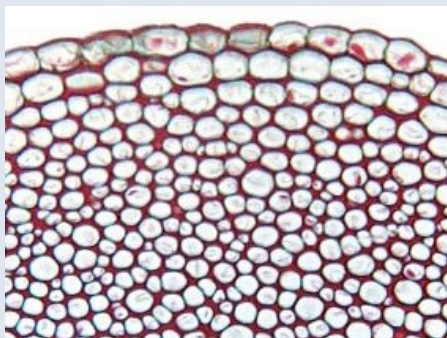


Figura 2.53. Colénquima. Tallo de *Angelica*.

Es un tejido formado por células vivas, que poseen un crecimiento activo. Se parecen mucho a las células del parénquima, aunque sus paredes presentan ciertos engrosamientos de celulosa gracias a lo cual proporciona sostén a la planta. Se localizan en las paredes vegetales que todavía están en crecimiento.

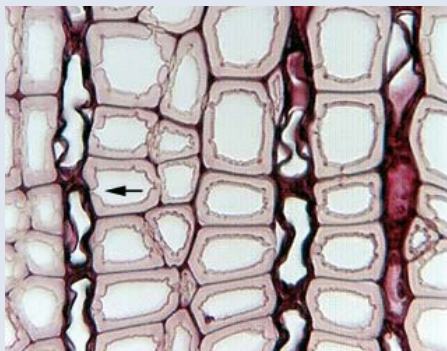


Figura 2.54. Esclerénquima.

Se encuentra en órganos vegetales adultos que ya no van a crecer más. Consta de células llamadas **células pétreas** o **esclereidas**, de pared engrosada con **lignina** y con forma poliédrica. Si las células tienen forma alargada se denominan **fibras de esclerénquima** y se usan en la industria textil.

La imagen muestra una sección transversal de la madera de *Drimys*. Las células más o menos cuadradas con paredes rosas son células del esclerénquima. Las flechas señalan áreas en donde no se ha depositado la pared celular secundaria (la que se forma tras la diferenciación celular).

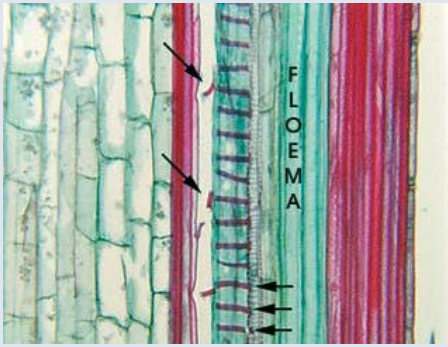


Figura 2.55. Xilema o tejido leñoso.

Formado por **vasos leñosos**, constituidos por hileras de células cilíndricas muertas, las **tráqueas**, en las que los tabiques transversales de separación han desaparecido y cuyas paredes presentan unos refuerzos o engrosamientos de **lignina**, sustancia que le proporciona dureza; tiene la función de conducir la **savia bruta** (formada por agua y sales minerales) desde las raíces a las hojas.

La figura muestra la sección longitudinal de un tallo de maíz (*Zea mays*); las flechas señalan los engrosamientos anulares de las tráqueas del xilema.

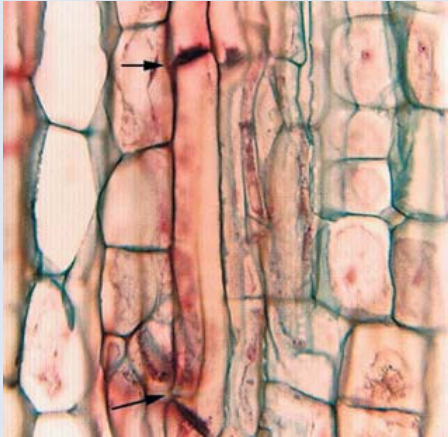
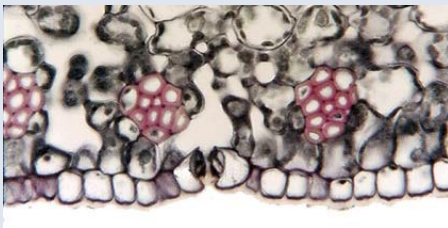


Figura 2.56. Floema o tejido liberiano. Tallo de *Asclepias*

Formado por los **tubos cribosos**, constituidos por células vivas alargadas y sin núcleo (células **cribosas**); se encargan de conducir la **savia elaborada** (formada por materia orgánica y agua) desde las hojas al resto de la planta. Los tubos presentan tabiques transversales de separación perforados (**placas cribosas**) para que pueda pasar la savia. En invierno se obstruyen con una sustancia, la **calosa**, que al llegar la primavera se reabsorbe y permite que la savia circule de nuevo. En todos los órganos verdes y tiernos (estructura primaria) de los vegetales superiores, estos tejidos conductores se agrupan formando cordones llamados **haces conductores** que quedan incluidos dentro del parénquima. En las hojas constituyen la nervadura.



Hoja de *Dracaena* mostrando un estoma (abajo, centro). Está formado por un par de células que delimitan un orificio por el que ocurre el intercambio de gases.

Figura 2.57. Epidermis.

Recubren externamente los órganos verdes de las plantas, pero permiten el intercambio de gases con el medio y la transpiración gracias a la presencia de orificios. Están constituidos por células vivas, grandes, la mayoría sin cloroplastos, que se disponen unas junto a otras sin dejar huecos, formando la epidermis. En la raíz, las células presentan largas prolongaciones en forma de pelos, que facilitan la absorción de los nutrientes del medio. En el tallo, las hojas y los frutos, la epidermis contiene cutina. En el envés de las hojas, las células epidérmicas pierden su continuidad por la presencia de unos complejos denominados **estomas**, gracias a los cuales la planta intercambia gases con el exterior



Figura 2.58. Tejido suberoso de *Juniperus*.

Se originan a partir del meristemo secundario. Están formados por células muertas, sin contenido celular en la madurez, cuyas paredes celulares están impregnadas de **suberina**; ésta se dispone en capas compactas, formando el súber o corcho, que sustituye a la epidermis durante el primer año de vida en tallos y troncos de árboles y arbustos, por a la actividad de los meristemos secundarios. Para permitir la aireación de los tejidos recubiertos por el súber, éste presenta unos poros llamados **lenticelas**. La función de los tejidos suberosos es la reducción de la transpiración, el aislamiento contra temperaturas excesivas y la protección contra daños mecánicos.



Figura 2.59. Conducto resinífero de acícula de *Pinus*.

6. **Tejidos secretores y excretores.** A diferencia de los animales, los vegetales no eliminan ninguna clase de producto del metabolismo en forma de residuos sólidos (aunque en todos los vegetales terrestres se da una pérdida continua de productos finales del metabolismo de carácter gaseoso: oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua). Los tejidos secretores, por tanto, no presentan rasgos específicos, sino que están formados por células o grupos de células enclavadas en otros tejidos. Así, por ejemplo, nos encontramos con bolsas secretoras de esencias en el parénquima del fruto del naranjo o del limonero, o entre tejidos epidérmicos, como en el caso de las células que segregan sustancias urticantes en la ortiga.

En ocasiones se forman estructuras más complejas, como los **tubos resiníferos** de los pinos (figura 2.59). La sustancia que segregan, la **resina**, actúa evitando la putrefacción de la madera y protegiendo a la planta de la acción de los animales herbívoros; en la industria se utiliza en la fabricación de barnices y otros productos resiníferos. En otros casos se forman **tubos laticíferos**, que segregan un jugo blanquecino denominado **látex**, constituido por diversas sustancias que pueden estar disueltas (azúcares, gomas, alcaloides) o en emulsión (caucho, resinas), y que se coagula en contacto con el aire. El látex se obtiene practicando incisiones en la corteza del árbol; la sustancia fluye entonces por estar contenido a presión en los tubos laticíferos.

Diferentes porciones de estos tejidos formarían los órganos y todos juntos darían a las cormofitas el aspecto que les caracteriza. Este aspecto viene dado por la presencia de estructuras externas, tales como la raíz, el tallo, las hojas y las flores. Los frutos y semillas también se pueden considerar órganos, pero los estudiaremos en la Unidad 4.

Órganos vegetales

Los tejidos vegetales se agrupan formando órganos que realizan una función concreta. Los más conocidos son los de las plantas cormofíticas; concretamente, la **raíz**, el **tallo** y las **hojas** (y las flores en las plantas angiospermas).

Raíz

La raíz es la parte subterránea de la planta que la mantiene unido al suelo. Está encargada de absorber de él el agua en la que van disueltas las sales minerales. Esta absorción solo se lleva a cabo en algunas zonas de la raíz llamadas zonas de **pelos absorbentes** o **pilíferas**, ya que el resto de la raíz es impermeable al paso del agua. Los pelos absorbentes son finísimas prolongaciones de las células epi-

dérmicas que permiten el paso de sustancias y crecen continuamente para llegar a las zonas más alejadas.

El proceso de absorción no es continuo; muchas veces el vegetal no necesita todas las sustancias disueltas en el agua del suelo y selecciona los productos que envía a las hojas; para ello existe la denominada **banda de Caspary**, formado por un conjunto de células situadas en el interior de la raíz con sus paredes impregnadas de una sustancia selectiva. Todos los productos absorbidos son obligados a pasar a través de esta zona, y allí se seleccionan. El líquido resultante va los vasos leñosos (xilema) y recibe desde ese momento el nombre de **savia bruta**.

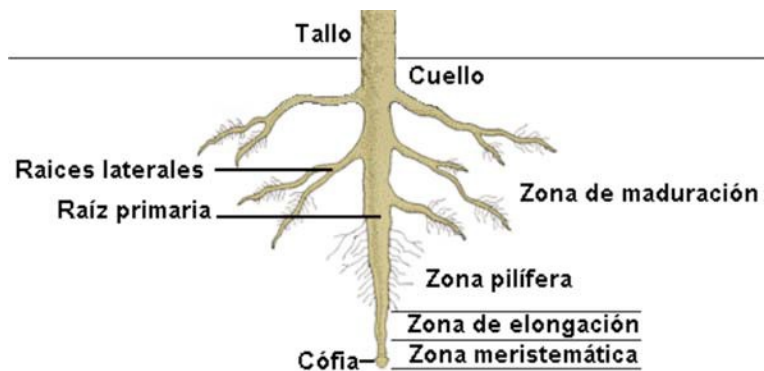


Figura 2.60. Estructura externa de la raíz de una planta leñosa, mostrando sus principales características morfológicas.

En las raíces encontramos también vasos liberianos (floema) que conducen el alimento elaborado en las hojas hasta las células de las raíces.

A lo largo de la vida de la planta, la estructura interna de la raíz va variando. Se pueden diferenciar dos situaciones: vegetales que viven un solo año o menos y vegetales de más de un año. En el primer caso, la planta desarrollará solo una **estructura primaria**, mientras que en el segundo también presentará una **estructura secundaria**, ya que el vegetal debe, con el tiempo, crecer tanto en longitud –las nuevas células originadas en la zona meristemática van madurando hasta convertirse en tejidos adultos en la zona de elongación o crecimiento (figura 2.60)– como en grosor. La disposición de tejidos primarios y secundarios es diferente, como veremos a continuación:

- **Estructura primaria.** En un corte transversal de la raíz podemos distinguir dos partes, la **corteza** y la **médula**, cada una con sus correspondientes tejidos, de tal manera que del exterior al interior de la raíz se observan los siguientes tejidos:
 - *Epidérmico*, generalmente con tricomas o pelos.
 - *Parénquima cortical* (de reserva o clorofílico en plantas **epífitas**).
 - *Endodermo*, que es la última capa de células de la corteza con espesamientos característicos en forma de U

en plantas **monocotiledóneas** –así llamadas por tener durante las primeras etapas del desarrollo una sola hojita primordial o **cotiledón**– y con punteaduras de Caspary en **dicotiledóneas** –presentan dos cotiledones durante las primeras etapas del desarrollo –.

- *Periciclo*, o primera capa de la médula cuyas células se dividen y forman raíces secundarias.
- *Vasos conductores liberianos y leñosos* en haces dispuestos de forma alterna (en este caso, están separados por células del parénquima).
- Por último, en el núcleo de la raíz se encuentra el *parénquima central* o medular en las plantas monocotiledóneas, mientras que en las dicotiledóneas el xilema ocupa totalmente la zona.

En general, en las plantas dicotiledóneas hay un número pequeño de haces conductores (alrededor de cuatro) mientras que en monocotiledóneas es alto (más de diez). La raíz presenta un crecimiento primario, por elongación, tanto en dicotiledóneas herbáceas como en monocotiledóneas. Sin embargo, el crecimiento secundario solo existe en las plantas leñosas.

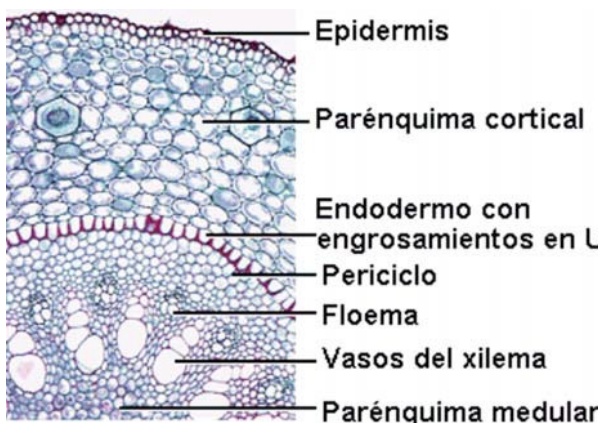


Figura 2.61. Corte transversal de la raíz de una monocotiledónea (trigo).

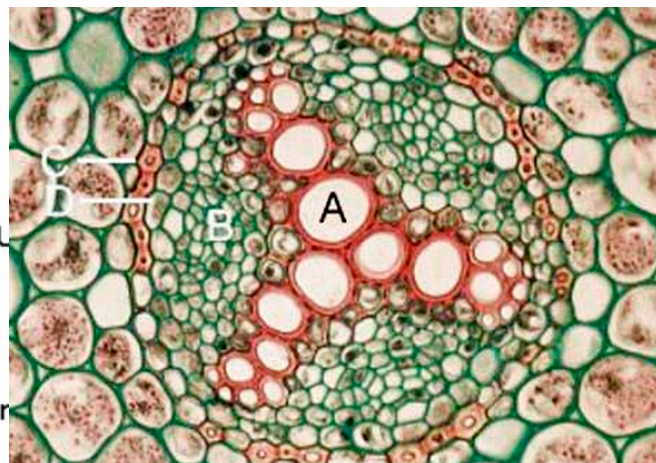


Figura 2.62. Corte transversal de la raíz de una dicotiledónea. A: xilema; B: floema; C: endodermis con bandas de Caspary; D: periciclo.

- **Estructura secundaria.** La presencia del **cámbium** permite el desarrollo de la estructura secundaria de la raíz, ya que origina células que, posteriormente, se especializan y dan lugar a los tejidos que se van necesitando.

En un corte transversal de la raíz distinguimos, del exterior al interior, los siguientes tejidos:

- *Epidérmico*.
- *Parénquima cortical*, en el que aparece el cámbium.

- Vasos conductores con tejido de crecimiento intercalado entre ellos (que forma floema secundario en su parte externa y xilema secundario en su parte interna).
- Parénquima central.

En general, se forma más xilema que floema en la época de crecimiento (primavera e inicio del verano), lo que hace que la parte central sea progresivamente mayor. A finales del verano y en el invierno el crecimiento es menor, y los vasos del xilema presentan un diámetro más pequeño.

El tallo

Es la parte de las cormofitas que conecta las hojas, o parte aérea, con la raíz, o parte subterránea. De él salen las ramas, las hojas, las flores y los frutos. La corteza del tallo es menos gruesa que la de la raíz y el endodermis y periciclo no se diferencian. Estos hechos están en relación con la función que desempeñan ambos órganos: la raíz es una estructura de apoyo y no de almacenamiento, por lo que el parénquima cortical no será necesario y el conjunto endodermis-periciclo actúa como una barrera al paso de sustancias absorbidas. Sin embargo, en algunos tallos que realizan la fotosíntesis podemos encontrar células parenquimatosas con gran cantidad de cloroplastos. También hay tallos que almacenan sustancias como el agua (en los cactus) o el almidón, pero esta situación es poco común.

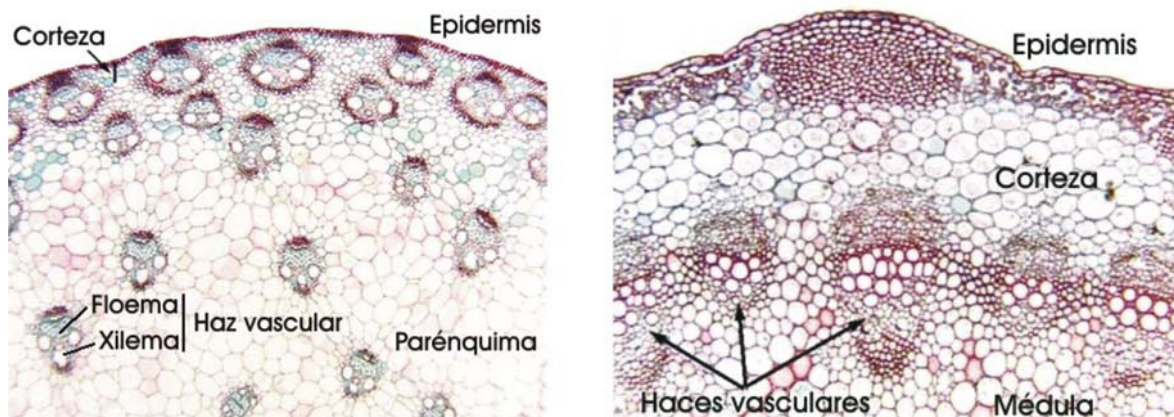


Figura 2.63. Izquierda: Sección transversal del tallo de una monocotiledónea, el maíz (*Zea mays*); incluye numerosos haces vasculares dispersos a través de una masa de parénquima. Derecha: Sección transversal del tallo de *Angelica*, una dicotiledónea; en este caso podemos distinguir una serie de capas concéntricas: la epidermis, una corteza con abundante parénquima clorofílico, un anillo de haces vasculares y una médula con parénquima "de relleno".

Es frecuente encontrar en los tallos tejidos de sostén como colénquima y esclerénquima.

Al igual que sucedía en la raíz, si el vegetal vive más de un año, su tallo presentará estructura secundaria; si, por el contrario, la planta tiene un período de vida menor de un año, únicamente tendrá estructura primaria.

Los tallos presentan una mayor diversidad estructural que las raíces: el tallo de las monocotiledóneas siempre tiene estructura primaria debido a la falta de meristemos; además, los numerosos haces vasculares están dispersos y no organizados en un cilindro central, ni tampoco existe una diferenciación clara entre la parte central y la corteza (figura 2.63).

La estructura primaria de un tallo de dicotiledónea presenta la siguiente disposición de los tejidos, del exterior al interior del tallo:

- *Epidermis*.
- *Parénquima*.
- *Floema y xilema*, dispuestos en haces.

El aumento en espesor solo se produce en dicotiledóneas y se debe a la presencia del cámbium situado entre los vasos liberianos (líber) y leñosos (leño), y el felógeno, que aparece a partir del segundo año de vida de la planta.

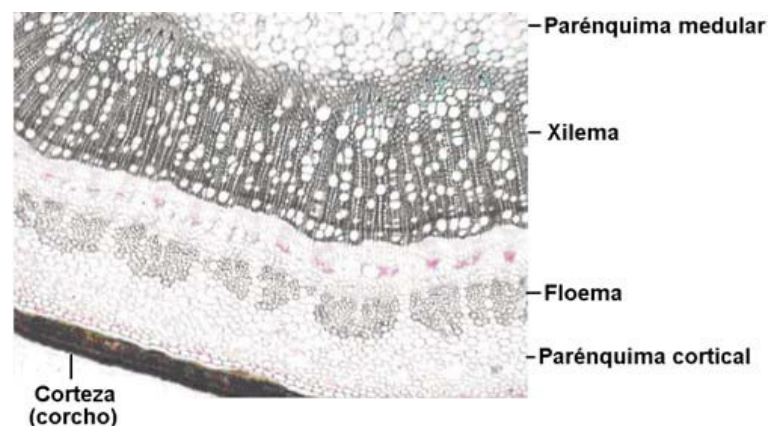


Figura 2.64. Tallo de dicotiledónea (*Prunus*) presentando un haz vascular continuo.

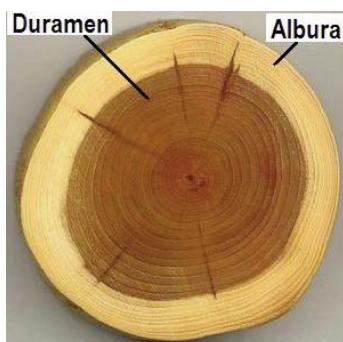


Figura 2.65. Corte transversal de tronco de *Taxus* (tejo) mostrando la albura y el duramen, y los anillos de crecimiento.

La división de las células del cámbium da lugar, cada año, a una capa de xilema secundario hacia el interior y otra de floema secundario hacia el exterior. En una sección transversal del tronco de un árbol podemos ver una serie de circunferencias concéntricas, cada una de las cuales corresponde a una capa de leño y, por tanto, a un año de edad. Se observa también que las capas centrales, más viejas, se van oscureciendo por la acumulación de sustancias coloreadas, y forman el llamado **duramen**, que cumple solo una función de sostén; la parte externa, más joven y de color claro, se denomina **albura**, y sigue manteniéndose activa para la conducción de savia.

El felógeno se encuentra situado en posición exterior al cámbium, por debajo de la corteza. Sus células originan capas de **súber** –que forman la corteza– y capas de **felodermo** (parénquima cortical), situadas hacia el interior. El conjunto de súber y felodermo recibe el nombre de **peridermis**.

La enorme presión de crecimiento lleva a que apenas exista un fino anillo de floema justo debajo de la peridermis, mientras que los sucesivos anillos de células muertas del xilema permanecen en la médula. El cámbium produce elementos de mayor diámetro en primavera (leño temprano) y de menor diámetro y paredes más gruesas en invierno (leño tardío); la actividad de todo el año forma, así, un **anillo de crecimiento**. Cada año se suma un nuevo anillo de crecimiento. Estos anillos pueden contarse a simple vista en el corte transversal de un tronco.

En algunos tallos se forma un tejido epidérmico, el **corcho**, que está formado por células muertas de paredes muy engrosadas por el depósito de una sustancia impermeable al agua, denominada **suberina**. Al crecer el vegetal en grosor y ser el corcho poco elástico, se desgarran y caen; es la corteza que vemos desprenderse cada año de los árboles. El corcho no es atravesado por los rayos solares, de aquí el color oscuro de los troncos de los vegetales.

La hoja

Es una estructura plana de corta vida. Un árbol es *perennifolio* (de hojas perennes) cuando pierde paulatinamente las hojas y no todas de golpe, como en el caso de los *caducifolios* (o árboles de hojas caducas).

La función de las hojas es la de realizar la fotosíntesis (proceso por el cual los vegetales consiguen sintetizar su propia materia orgánica utilizando sales minerales, agua y la energía del sol); por ello, es abundante en su interior el **parénquima clorofílico**.

Externamente todas las hojas tienen una morfología particular: una zona más o menos plana o **limbo** donde está situado el parénquima que hace la fotosíntesis y otra zona de inserción con el tallo o **pecíolo**, pudiendo variar éste en longitud y grosor (figura 2.66).



Figura 2.66. Estructura externa de la hoja.

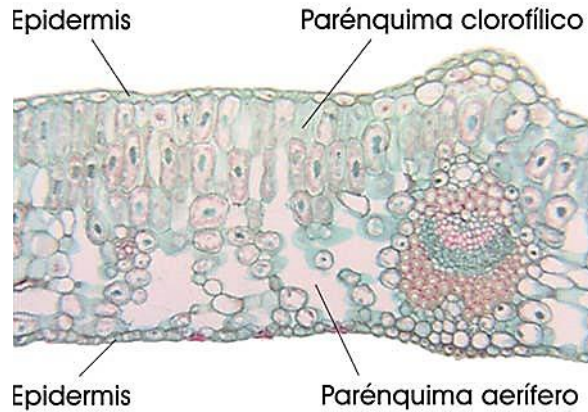


Figura 2.67. Corte transversal de una hoja de hiedra (*Hedera helix*) mostrando tejidos parenquimáticos y protectores.

La superficie externa está recubierta de tejidos tegumentarios finos (que permiten el paso de los rayos de luz), con pequeñas interrupciones o **estomas** (en la parte inferior de la hoja, o envés) por donde entran y salen los gases de la fotosíntesis y de la respiración (CO_2 y O_2).

En sección transversal, la hoja presenta las siguientes zonas o tejidos, desde el exterior al interior:

- La *epidermis*, localizada en la parte superior e inferior de la hoja, formada por una sola capa de células íntimamente unidas y sin cloroplastos; está cubierta por una **cutícula** más o menos gruesa y puede tener pelos y estomas (en dicotiledóneas son mucho más numerosos en el envés de la hoja, mientras que en las monocotiledóneas su distribución es más uniforme).
- El *mesófilo*, formado por parénquima clorofílico. Se distinguen dos tipos de mesófilo:
 - *Mesófilo asimétrico*. Es típico de dicotiledóneas. Junto a la epidermis superior se encuentra un **parénquima en empalizada** formado por células alargadas y muy juntas. Sobre la epidermis inferior se encuentra el **parénquima aerífero** (figura 2.67).
 - *Mesófilo simétrico*. Es característico de las monocotiledóneas. En este caso el parénquima en empalizada se encuentran junto a ambas epidermis y entre ambas, se sitúa el parénquima aerífero. En ocasiones, solo hay parénquima aerífero entre ambas epidermis.
- Los *tejidos conductores*. Son los **vasos leñosos** que transportan desde las raíces a las hojas el agua y las sales minerales (savia bruta) y situados, generalmente, en la parte superior de la hoja, y **vasos liberianos** que llevan desde las hojas al resto del vegetal los productos elaborados en ella (savia elaborada).

Generalmente también encontramos en la hoja tejidos protectores: **colénquima**, por debajo de ambas epidermis, y **esclerénquima**, alrededor de los tejidos vasculares, a los que da apoyo y evita su rotura. Los vasos de mayor calibre se pueden apreciar en la superficie de la hoja porque forman los llamados “nervios”. En las hojas de las dicotiledóneas, los vasos se van ramificando de forma sucesiva, formando una red de vasos de calibre cada vez menor (figura 2.66). En las monocotiledóneas los vasos son más o menos del mismo calibre y se disponen en forma paralela.

La flor

La flor es el órgano reproductivo característico de las fanerógamas (plantas con flores); es decir, es la estructura donde se producen las células reproductoras o **gametos**. Pueden formar un solo tipo de gametos (femeninos o masculinos), tratándose entonces de **flores unisexuales**; o bien gametos de ambos sexos, en cuyo caso se habla de **flores hermafroditas**.

Filogenéticamente, una flor, del tipo que sea, es un conjunto de hojas transformadas que se han especializado para originar y proteger a los gametos.

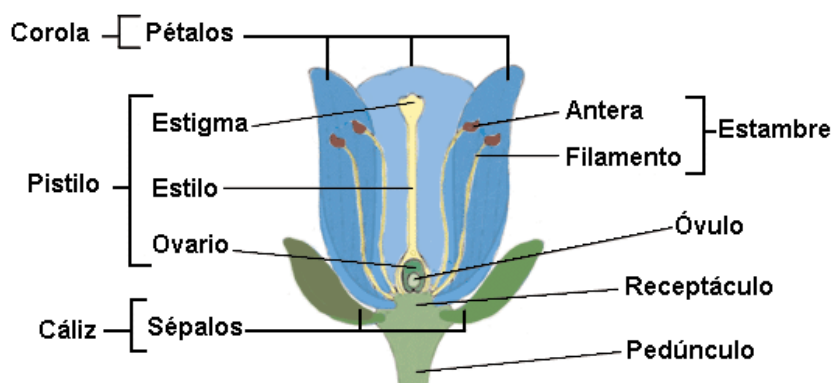


Figura 2.68. Corte transversal de una flor mostrando sus principales estructuras.

Morfológicamente, la flor está constituida por cuatro **verticilos** (niveles) que, desde la base al extremo superior, son:

- Los **sépalos**. Son estructuras normalmente de color verde que protegen al resto de las estructuras florales. En muchas ocasiones, los sépalos se sueldan para formar una estructura en forma de copa denominada **cáliz**.
- Los **pétalos**. Pueden presentar colores llamativos que atraen visualmente a los agentes polinizadores. El conjunto de pétalos forma la **corola**.

Cáliz y corola constituyen el **perianto**. En las monocotiledóneas, es característico que los sépalos y los pétalos sean iguales, llamándose en este caso **tépalos**.

Los **estambres**. Son hojas muy modificadas que están formadas por un **filamento** en cuyo extremo se encuentran las **anteras**, dentro de las cuales se hallan los **sacos polínicos**, que son los lugares donde se forman los gametos masculinos. El conjunto de estambres de una flor forma el **androceo**.

Los **carpelos**. El verticilo más central está constituido por los carpelos, que pueden formar uno o más ovarios, en cuyo interior se encuentra el gameto femenino rodeado de una serie de células cuyo conjunto constituye el **óvulo**. El conjunto de carpelos recibe el nombre de **gineceo**.



Figura 2.69. Espigas de flores masculinas (amentos) de sauce (*Salix*), sin pétalos ni sépalos y reducidas a estambres (foto cmm).

En la base de los estambres o en los pétalos podemos encontrar glándulas productoras de néctar que contribuyen a atraer a los insectos polinizadores.

En numerosos casos, las flores poseen en su base unas hojas modificadas, las **brácteas**, que contribuyen a la protección de la flor o a la atracción de los insectos polinizadores.

Como veremos en la Unidad 4, tras la fecundación, la flor da origen, por transformación de algunas de sus partes, a un **fruto** que contiene las semillas.



ACTIVIDADES

16. ¿Qué tejido vegetal escogerías para hacer una preparación microscópica en la que se puedan observar células en división? ¿Por qué?
17. ¿Por qué existen tejidos vegetales constituidos por células muertas? Explícalo y cita ejemplos.
18. Solo una de las relaciones siguientes es correcta. Indícala:
 - a. Células vivas – líber – xilema.
 - b. Células muertas – xilema – líber.
 - c. Células muertas – xilema – leño.
 - d. Células vivas – xilema – leño.
19. ¿Por qué es tan abundante el parénquima clorofílico en las hojas, mientras no existe en la raíz? ¿Cómo se nutren las células de la raíz?
20. ¿Sabrías decir cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas?
 - a. El colénquima está formado por células lignificadas y se encuentra, por ejemplo, en los huesos de las frutas.
 - b. El cámbium y el felógeno son los meristemos secundarios responsables del aumento de grosor de las dicotiledóneas.
 - c. La existencia de perforaciones en la pared de las células vegetales permite el intercambio de sustancias entre ellas.
 - d. Los tejidos conductores de los vegetales están formados por células muertas que contribuyen, además, a mantener erguida la planta.
 - e. Los plastos y las vacuolas son más abundantes en las células vegetales que en las animales.

Práctica 1. Observación de plastos en células vegetales

Los plastos, plástidos o plastidios son orgánulos celulares exclusivos de las células eucariotas vegetales cuya función es la síntesis y almacenamiento de sustancias, en particular los pigmentos que intervienen en la fotosíntesis. En las angiospermas se diversifican los tipos de plastos apareciendo cromoplastos, leucoplastos, etc.

Material

- Órganos vegetales diversos ricos en plastos: hojas de *Elodea*, filamentos de *Spirogyra* o *Zygnema*, tomate, patata.
- Portaobjetos y cubreobjetos.
- Pinzas y bisturí o lanceta
- Solución de Lugol (en su defecto se puede usar tintura de yodo de la empleada para desinfectar heridas ligeramente diluida en agua).

1. Observación de cloroplastos

Los cloroplastos son los orgánulos donde se realiza la fotosíntesis y contienen clorofila, que les confiere el característico color verde. Poseen una doble membrana y una serie de vesículas (tilacoides) agrupadas en conjuntos (grana) donde se encuentran los pigmentos implicados en la fotosíntesis. Podemos observarlos fácilmente siguiendo el procedimiento:

- Coloca sobre un porta un fragmento de filamento de alga o de hoja joven de *Elodea*.
- Añade una gota de agua y sitúa el cubre encima.
- Seca el exceso de agua y observa al microscopio a diferentes aumentos.
- Dibuja lo observado.

2. Observación de cromoplastos

Los cromoplastos se encargan de la síntesis y almacenamiento de pigmentos como los carotenoides (de rojos a amarillos), xantofilas (carotenoides anaranjados a amarillos), licopenos (rojos), antocianinas (morados), etc. Suelen diferenciarse en la maduración de los frutos pero esta diferenciación es reversible hacia cloroplastos. Haz lo siguiente:

- Raspa con el bisturí o lanceta o toma con la punta de las pinzas una porción de pulpa de tomate de la zona indicada en la fotografía de la derecha.
- Sitúa la muestra obtenida en un porta.
- Sin añadir agua, coloca el cubre encima y presiona suave y lentamente pero con fuerza (técnica *squash*).
- Observa al microscopio a diferentes aumentos y dibuja lo observado.



3. Observación de amiloplastos

Son un tipo de leucoplastos (incolores), los cuales aparecen en órganos vegetales no expuestos a la luz, como tubérculos, rizomas, semillas. Son orgánulos de almacenamiento de sustancias de reserva, como el almidón en el caso de los amiloplastos. Procedimiento:

- Corta una patata y raspa con el bisturí o la lanceta la superficie del corte.
- Coloca el material obtenido en el centro de un porta y deja secar al aire.
- Una vez seco añade una o dos gotas de Lugol y deja actuar durante dos minutos.
- Coloca un cubre y seca con cuidado el exceso de Lugol o tintura de yodo si rebosa por los bordes.
- Observa al microscopio a diferentes aumentos. Con el menor aumento selecciona una zona donde veas poca concentración de granos para mayor claridad y luego obsérvalos a mayor aumento.

Tejidos animales

Los tejidos animales están bastante más especializados que los vegetales. No obstante, su grado de especialización varía notablemente, tanto funcional como estructuralmente: existen tejidos poco especializados, como los epiteliales y los conectivos, y otros que, por el contrario, están muy especializados, como el nervioso y el muscular. Además, las células de los tejidos animales generalmente están inmersas en una red formada por materiales segregados por las propias células (la llamada **sustancia intercelular**) que actúa a modo de soporte de éstas; sin ella no habría animales, sino una masa gelatinosa constituida por billones de células desnudas que se deslizarían unas sobre otras.

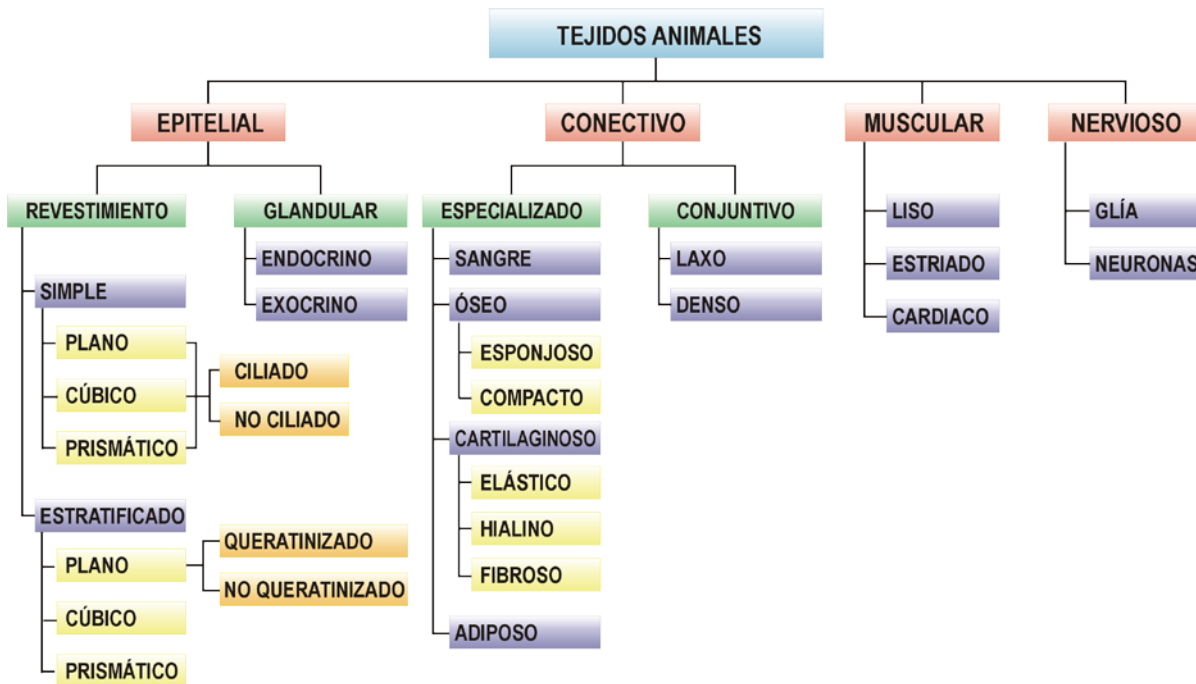


Figura 2.70. Clasificación de los tipos de tejidos animales.

Tejido epitelial

La palabra epitelio (del griego *epi*, “sobre”, y *thélé*, “papel”) denota algo que cubre; en efecto, este tejido forma las membranas de revestimiento que tapizan muchas superficies del cuerpo. Puede estar formado por una (figura 2.73) o varias capas de células (figura 2.74), pero siempre presenta una superficie libre y otra adherida a una **membrana basal**, que le une al tejido conectivo subyacente. Contiene escasa sustancia intercelular, y sus células están unidas mediante complejas estructuras llamadas **uniones celulares**, solo visibles al microscopio electrónico. Los tipos más importantes de estas uniones intercelulares son los siguientes:

- **Desmosomas.** Son uniones mecánicas que se establecen entre las superficies celulares. Vistas al microscopio electrónico aparecen como placas discontinuas, en forma de botón, semejantes a remaches que mantienen juntas dos

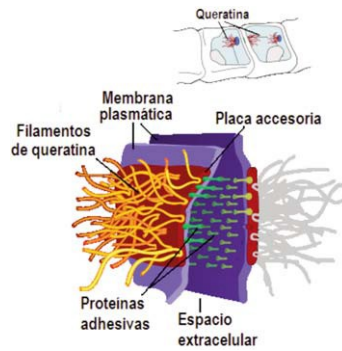


Figura 2.71. Esquema de un desmosoma. En la imagen superior se muestra la disposición espacial de los desmosomas con respecto a las células que unen.

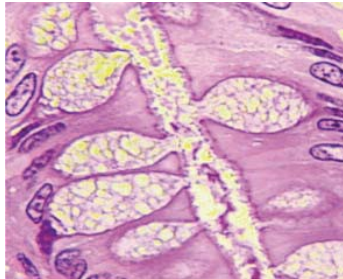


Figura 2.72. Glándulas unicelulares.

estructuras (figura 2.71). Este tipo de uniones celulares es frecuente en la capa superficial de la piel.

- **Uniones oclusivas.** Son áreas de conexión íntima entre dos membranas celulares adyacentes. Vistas al microscopio electrónico se aprecia que no se trata de una mera yuxtaposición, sino que tiene lugar una fusión de las dos membranas. Las células conectadas por este tipo de uniones constituyen una barrera continua, y se encuentran separando ciertas cavidades del cuerpo, o manteniéndolas aisladas del tejido conectivo.
- **Uniones comunicantes.** Se conocen también como uniones en hendidura, o anastomosis. Forman puentes entre dos células, de forma que no solo conectan sus membranas, sino también sus compartimentos citoplásmicos: tienen una serie de conductos que atraviesan las respectivas membranas de las dos células, permitiendo el paso de iones y moléculas entre ellas. Son características de miocardio (tejido muscular cardíaco) y de las células del hígado.

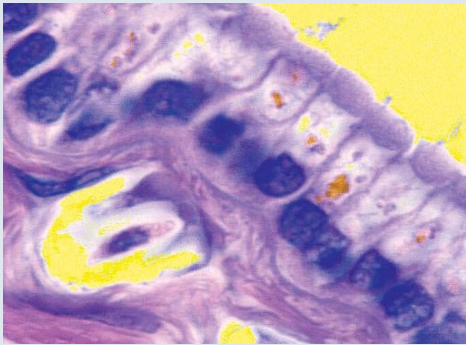
Las células del tejido epitelial pueden en muchos casos secretar compuestos que actúan como hormonas, enzimas o productos para la lubricación o el transporte de sustancias. En tales casos suelen reorganizarse formando unidades discretas, llamadas **glándulas**, como las salivales, el hígado o el páncreas; a veces llegan incluso a formar parte de otros órganos (como ocurre con las glándulas ubicadas en las capas mucosas o submucosas de la piel o del tubo digestivo). De acuerdo con el destino del producto de secreción, las glándulas se clasifican en:

- **Endocrinas**, si el producto, en este caso una hormona, entra en el torrente sanguíneo. Un ejemplo es la tiroides.
- **Exocrinas**, si la secreción es vaciada a un conducto o cavidad. Estas glándulas pueden ser unicelulares (figura 2.72) como las células caliciformes del intestino, o multicelulares, como el hígado o las glándulas mamarias.

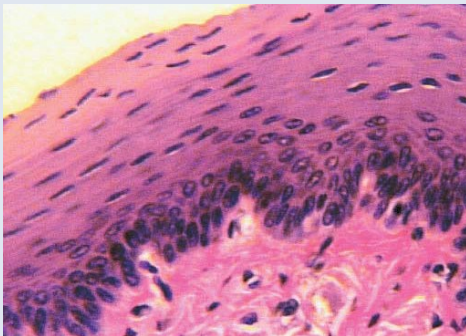
Tejido conectivo

Su función principal consiste en unir a los demás tejidos, sostener estructuras y proteger órganos. Se caracteriza por poseer células muy separadas entre sí; los espacios que dejan entre ellas los ocupa una sustancia fundamental llamada matriz, cuya composición es muy variable, aunque está esencialmente formada por agua, sales minerales, proteínas y glúcidos, así como una serie de fibras microscópicas entrelazadas que refuerzan su estructura (figura 2.76). Estas fibras pueden ser:

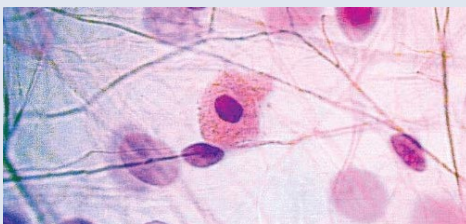
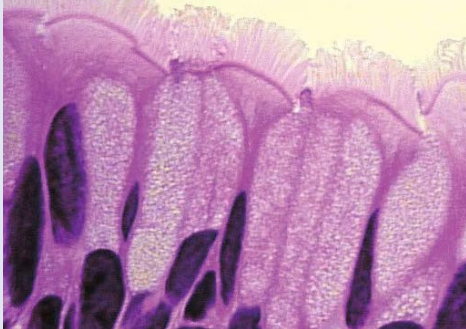
- **Fibras de colágeno**, resistentes, duras y muy abundantes.
- **Fibras elásticas**, formadas por una proteína llamada elastina. Se disponen formando redes.
- **Fibras reticulares**, también formadas por colágeno, pero muy finas, por lo que no son visibles al microscopio óptico.



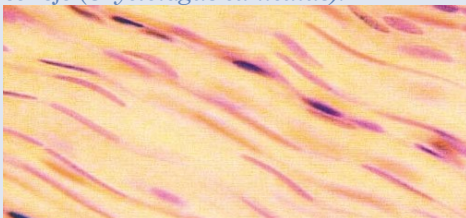
Vesícula biliar de *Myxine glutinosa*.



Esófago de conejo (*Oryctolagus cuniculus*).



A. Fibroblastos de tejido conjuntivo de un conejo (*Oryctolagus cuniculus*).



B. Tejido conjuntivo denso del tendón de un mamífero.

Figura 2.73. Epitelio uniestratificado.

Posee una sola capa de células. Existen varios tipos:

- A. Pavimentoso**, con células aplanadas; se encuentra, por ejemplo, en los capilares y en el corazón. Protege y permite el paso de sustancias.
- B. Cúbico**. Es poco frecuente, sus células tienen forma de cubo y revisten superficies como los ovarios o los túbulos renales.
- C. Cilíndrico**, cuyas células prismáticas pueden presentar prolongaciones diminutas en una de sus caras (microvellosidades); se encuentra revistiendo partes del aparato digestivo y reproductor de los animales. Su función es la secreción y la absorción

Figura 2.74. Epitelio multiestratificado.

Posee varias capas de células. Existen varios tipos:

- A. Plano pavimentoso estratificado**. La última capa, siempre plana, está formada, en algunos casos, por células vivas (recubre órganos como la boca, el esófago, la vagina) y en otros por células muertas (superficies externas como la piel). Su función es protectora.
- B. Cilíndrico estratificado**. Se observa en algunas superficies húmedas que necesitan más protección que la que proporciona el epitelio cilíndrico simple. Se puede encontrar en el ano, faringe y conductos de las glándulas mamarias.

Figura 2.75. Epitelio pseudoestratificado

Posee una sola capa de células, aunque aparenta tener varias porque sus núcleos están colocados a distintos niveles. Las células son cilíndricas y pueden tener cilios. Encontramos este tipo de tejido en algunas porciones del aparato respiratorio. Su función es protectora. La figura adjunta es una muestra de epitelio pseudoestratificado de un anfibio similar a la salamandra (género *Amphiuma*).

Figura 2.76. Tejido conjuntivo

Se caracteriza por poseer una matriz muy abundante con gran cantidad de fibras y células. Existen dos tipos principales:

- A. Conjuntivo laxo**. Su matriz es gelatinosa, con fibras de colágeno y elastina y distintos tipos de células: **fibroblastos** (muy abundantes, de forma estrellada y encargados de formar las fibras), **mastocitos** (producen histamina que interviene en el proceso de inflamación), **histiocitos** (encargados de fagocitar bacterias y sustancias extrañas), **adipocitos** (células cargadas de grasa) y **melanocitos** (que contienen pigmentos); además, está recorrido por abundantes vasos sanguíneos y linfáticos. Este tejido es flexible y poco elástico. Está distribuido por todo el organismo, protegiendo órganos y rellenando espacios: bajo la piel, rodeando a los vasos sanguíneos, a los riñones...
- B. Conjuntivo denso o fibroso**. Predominan en él las fibras colágenas que se disponen en haces, entre las que se hallan los **fibrocitos**. Tiene gran resistencia, por lo que se encuentra formando ligamentos, cápsulas de órganos y tendones.



Figura 2.77. Tejido adiposo

Tiene pocas fibras y abundantes **adipocitos**. Se encuentra debajo de la piel y rodeando algunos órganos, como el corazón y los riñones, y también en el interior de algunos huesos (formando la *médula ósea amarilla* o tuétano). Sus principales funciones son las de protección, aislamiento térmico, como fuente de energía...

La figura muestra una preparación de tejido adiposo del sapo *Bufo americanus*, en la que puede apreciarse cómo el citoplasma de sus células ha sido relegado a la periferia de las mismas por un glóbulo de grasa.

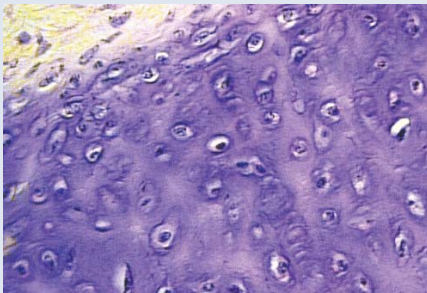


Figura 2.78. Tejido cartilaginoso

Es sólido y flexible. Está constituido por una matriz, la **condrina**, formada por fibras colágenas y elásticas en asociación con proteínas complejas, y por unas células, los **condrocitos**, que pueden situarse en unas cavidades de la matriz llamadas **lagunas**. Este tejido carece de vasos sanguíneos y linfáticos, por lo que las sustancias nutritivas se han de difundir por la matriz para llegar a las células. Forma el esqueleto en los embriones de todos los vertebrados, aunque en adultos es residual y es reemplazado por tejido óseo –salvo en los condriactios o peces cartilaginosos–.

Cartilago de la cabeza de una pintarroja (*Scyliorhinus canicula*).

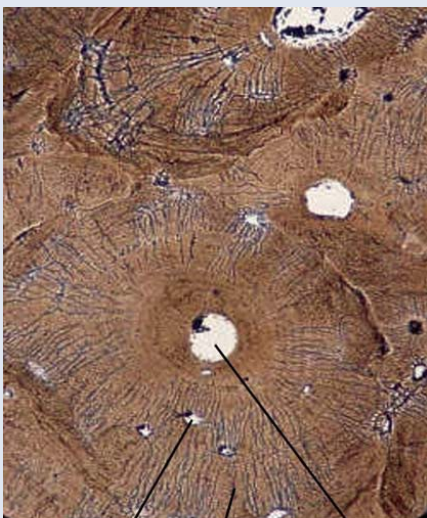


Figura 2.79. Tejido óseo

Está formado por una matriz de fosfato y carbonato cálcico que le proporciona rigidez, pero que, a la vez, impide la difusión de sustancias; también presenta fibras de colágeno que le confieren cierta elasticidad. La sustancia intercelular se dispone en láminas y posee unas pequeñas cavidades denominadas **lagunas óseas** donde se alojan las células óseas u **osteocitos**; estas lagunas se comunican entre sí por canales muy finos atravesados por vasos sanguíneos y nervios. Hay dos variedades:

A. Tejido óseo esponjoso, propio de embriones o individuos jóvenes. Las laminillas óseas forman una red tridimensional poco densa, por lo que presenta numerosos espacios rellenos de *médula ósea roja*, donde se forman células sanguíneas, y *médula ósea amarilla* (tuétano).

B. Tejido óseo compacto. Se forma en el adulto a partir del tejido esponjoso. Se caracteriza por poseer espacios medulares reducidos, organizados en sistemas de láminas concéntricas –entre las que se hallan **lagunas óseas** con **osteocitos**– alrededor de un largo canal, el **conducto de Havers**, por el que circulan vasos sanguíneos y nervios. El conjunto recibe el nombre de **sistema de Havers**.

Laguna ósea con osteocito Canaliculos Conducto de Havers

Tejido óseo compacto humano. Alrededor del conducto de Havers se disponen de 4 a 20 laminillas concéntricas, entre las cuales se sitúan las lagunas óseas ocupadas por osteocitos y comunicadas mediante canaliculos. Los conductos de Havers se comunican entre sí y también con las cavidades medulares y con la superficie externa por medio de canales transversales.

Tejido muscular

Está formado por células alargadas llamadas **miocitos** o **fibras musculares**, capaces de contraerse y posibilitar, así, el movimiento de los animales. Cada fibra incluye fibrillas longitudinales y contráctiles, o **miofibrillas**, cuya composición y estructura es muy compleja. Estas fibras, al contraerse como respuesta a un estímulo, se acortan; su posterior relajación provoca su alargamiento hasta recuperar el tamaño inicial. Existen tres tipos de tejido muscular, que se muestran en la (figura 2.80).

Tejido nervioso

Está altamente especializado en percibir información procedente del entorno, procesarla y enviar respuestas a órganos tales como músculos y glándulas, para modificar la actividad del organismo. Sus células, enormemente variadas, se pueden agrupar en dos categorías:

- 1. Neuronas.** Están formadas por un **cuerpo celular**, donde se encuentran el núcleo y la mayor parte de las estructuras celulares (figura 2.83), del que parten una serie de prolongaciones de dos tipos: las **dendritas** (generalmente cortas, numerosas y ramificadas, especializadas en recibir una señal denominada **impulso nervioso** de un órgano receptor o de otra neurona) o el **axón** (prolongación larga que puede presentar ramificaciones laterales y en su porción final). El axón se caracteriza porque conduce el impulso nervioso desde el cuerpo celular a las dendritas de la siguiente neurona o a otras células; en ocasiones, especialmente en vertebrados y en algunos invertebrados, está cubierto por vainas de **mielina** –la sustancia blanca del sistema nervioso– que incrementan notablemente la velocidad de transmisión nerviosa.
- 2. Células gliales** o **neuroglia** (del griego *glia*, “pegamento”). Son fundamentales en el desarrollo, maduración, migración, reproducción y funcionamiento de las neuronas. Son mucho más numerosas que las neuronas y muy variadas, pues el correcto funcionamiento de éstas demanda células que las provean de nutrientes (tarea de la que se encargan los denominados **astrocitos**), que fagociten sus desechos (la **microglía**), que formen y mantengan las cubiertas aislantes de mielina de los axones (los **oligodendrocitos**) o que rellenen los espacios entre células nerviosas, constituyendo un tejido de sostén y una barrera que separa el sistema nervioso del resto del organismo (figura 2.83, abajo).

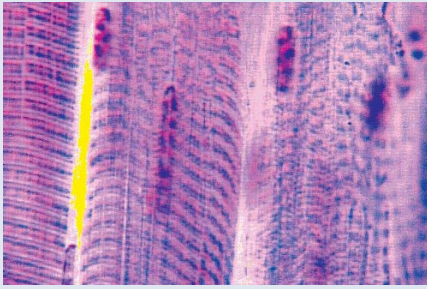


Figura 2.80. Tejido muscular estriado

Está formado por células muy largas y con numerosos núcleos. Al microscopio pueden observarse una serie de bandas claras y oscuras, o **estriaciones** transversales, debidas a la disposición de las miofibrillas en el interior celular. Es el responsable de los movimientos de los artrópodos y también de la musculatura esquelética de los vertebrados (en la fotografía se observa la de un mamífero). Su contracción es voluntaria.

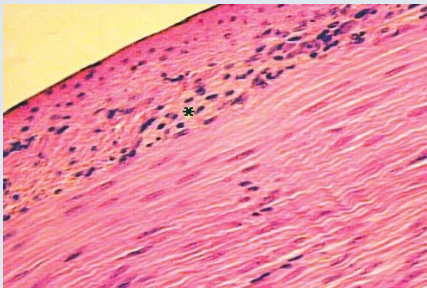


Figura 2.81. Tejido muscular liso

Está formado por células fusiformes con un solo núcleo. En este caso no presenta estriaciones transversales. Se encuentra recubriendo las paredes de las cavidades internas, como el estómago, el intestino o los vasos sanguíneos. Su contracción es involuntaria y más lenta que la del músculo estriado. La fotografía muestra una sección del intestino delgado de un gato (*Felis catus*), con grandes cantidades de tejido muscular liso (abajo).

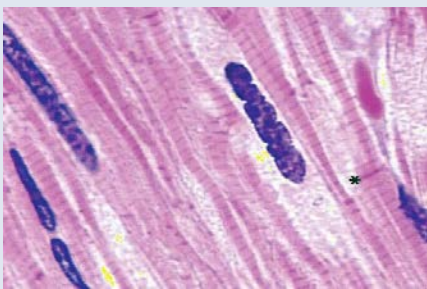


Figura 2.82. Tejido muscular cardíaco

Sus células poseen uno o dos núcleos y son alargadas y ramificadas, lo que facilita la propagación de la contracción muscular. También presentan estriaciones transversales. Forma el tejido del corazón de los vertebrados y se caracteriza porque su contracción es involuntaria. En la fotografía puede apreciarse un corte del músculo cardíaco de *Rana pipiens*, con las estriaciones y numerosos núcleos bien patentes.

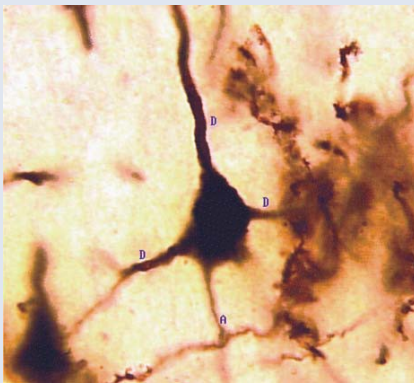
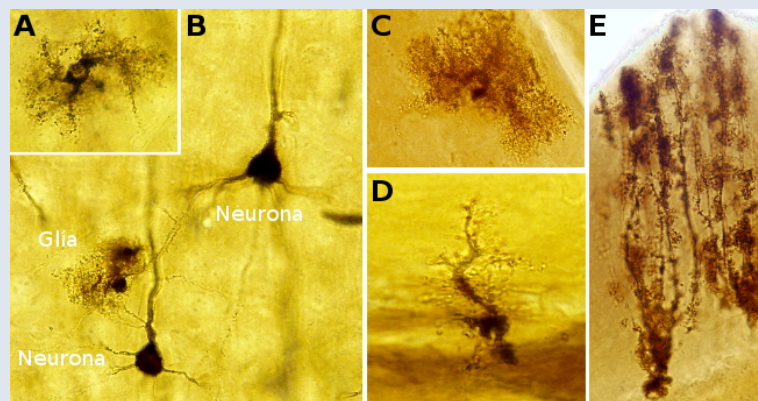


Figura 2.83. Tejido nervioso

Izquierda arriba: Cuerpo celular de una neurona, mostrando algunas dendritas (D) y el axón (A).

Izquierda abajo: Porción terminal del axón de una neurona, directamente unida a fibras musculares a las que les transmite impulsos.

Abajo: Imágenes de células gliales. A, C y D muestran astrocitos localizados en el cerebro. B muestra las diferencias en tamaño y morfología entre glía y neuronas. En E aparecen células gliales de Bergmann, localizadas en la corteza cerebelosa.



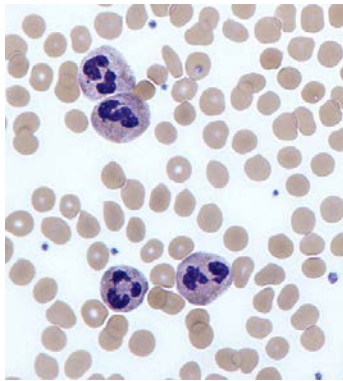


Figura 2.84. La sangre se considera un tipo especial de tejido conectivo cuya sustancia intercelular es fluida. Sus componentes se describirán en la Unidad 5. Preparación de sangre en la que se observan eritrocitos y varios leucocitos neutrófilos ("Neutrophils" by Dr Graham Beards - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons).

Órganos animales

La anterior clasificación de los tejidos animales, como casi todas las clasificaciones, provoca una cierta insatisfacción por su naturaleza un tanto idealizada, sobre todo cuando se examinan tejidos reales. Por ejemplo, el tejido muscular que se presenta en cualquier preparación consiste en una mezcla de fibras musculares puras y de tejido conectivo. Algo parecido ocurre con el tejido nervioso.

Los tejidos fundamentales, pues, aparecen intrincadamente mezclados, agrupándose en **órganos** capaces de desempeñar una función concreta. La piel, por ejemplo, que es el órgano de mayor tamaño del cuerpo humano, está formada por tejido epitelial y conectivo junto con millones de terminaciones nerviosas; entre sus principales funciones se encuentran la de constituir una barrera contra organismos patógenos, amortiguar los impactos ocasionados por las variaciones del medio (cambios de temperatura, pérdida de agua) y servir de intermediario entre el animal y su entorno.

La formación de órganos tiene lugar paralelamente a la diferenciación de los tejidos animales durante el desarrollo. La división del trabajo, dentro de un órgano, se realiza según la especialización de sus tejidos. Así, los tejidos conjuntivos mantienen la forma y posición de los órganos y sostienen los vasos sanguíneos y nervios que entran o salen de él, los epiteliales se encargan de la secreción o absorción de sustancias, los musculares de su movimiento...

A su vez, los órganos pueden actuar concertadamente para desempeñar funciones especiales, dando lugar a **sistemas** (cuando presentan similar estructura y constitución) y **aparatos** (si los órganos que lo integran son constitucional y estructuralmente distintos entre sí). Siguiendo con el ejemplo anterior, la piel y las capas inferiores (que incluyen varios tipos de tejidos: conectivo, glandular, muscular..., así como vasos sanguíneos), se agrupan constituyendo el **sistema tegumentario**. La asociación de todos estos tejidos hace que su función primaria, la protección del organismo, sea mucho más eficaz.

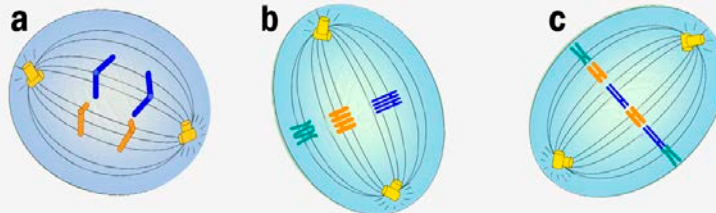
La variedad y complejidad de los órganos en los animales es mucho mayor que en los vegetales por lo que, a diferencia de lo que ocurría en estos, no es posible establecer un modelo general de organización del tipo raíz, tallo y hojas (véase la página 98 y siguientes). Los aparatos y sistemas que realizan las funciones básicas en los animales son:

- **Nutrición:** aparatos digestivo, respiratorio, circulatorio y excretor.
- **Relación:** sistema nervioso, endocrino y aparato locomotor (sistema muscular y esquelético).
- **Reproducción:** aparato reproductor.

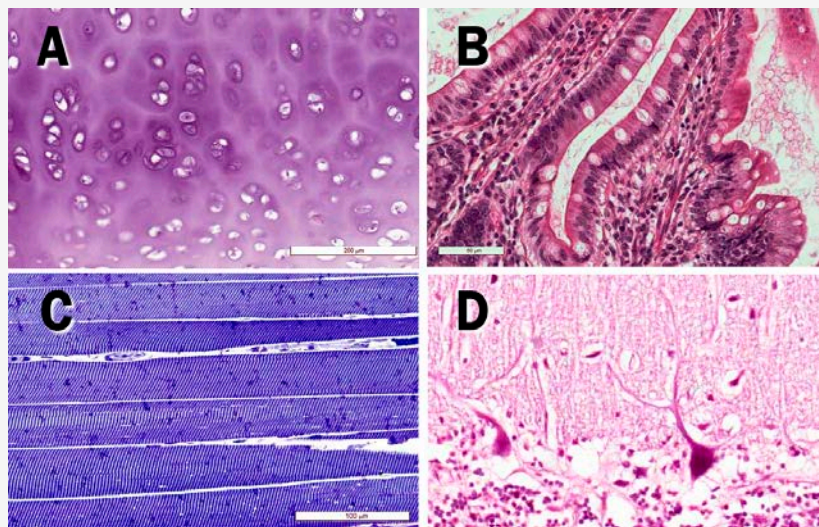


ACTIVIDADES

21. Explica razonadamente a qué tipo de división del núcleo y a qué fase corresponde cada uno de los siguientes esquemas:



22. La cantidad de tejido cartilaginoso va disminuyendo con la edad; a la vez, va aumentando la cantidad de materia inorgánica de los huesos. ¿Por qué son proporcionalmente mucho menos graves las consecuencias de una caída, desde una gran altura, en niños que en adultos? (Debes relacionar la respuesta con las características de ambos tipos de tejidos).
23. ¿Pueden compararse las prolongaciones neuronales a los cilios y flagelos? Razona la respuesta.
24. A continuación se muestran cuatro microfotografías de tejidos animales. Identifica a qué tipo de tejido corresponde cada una e indica sus componentes:



25. Explica razonadamente qué orgánulos celulares estarán más desarrollados en las células componentes de los siguientes tejidos: a) muscular estriado; b) epitelio glandular.
26. Asigna cada uno de los siguientes tipos de células al tejido que corresponda: mastocito, fibroblasto, adipocito, astrocito, condrocito, osteocito.
27. Hemos visto que existen multitud de tipos de células muy diferentes entre sí formando parte de los distintos tipos de tejidos animales. Si todas las células de un organismo pluricelular poseen el mismo ADN en su núcleo, ¿cómo explicarías que puedan dar lugar a tipos celulares tan diferentes?

Resumen

Durante muchos siglos se pensó que los seres vivos se originaban por generación espontánea. Esta teoría fue desbancada por los experimentos de Redi y de Pasteur.

Todos los seres vivos están formados por células.

La célula es la unidad morfológica y funcional de los seres vivos.

Toda célula procede de otra preexistente.

Las células pueden ser procariotas o eucariotas. A su vez, las células eucariotas presentan dos tipos de organización: célula animal y célula vegetal.

Las células realizan las funciones de nutrición, relación y reproducción.

La nutrición celular puede ser autótrofa o heterótrofa y ésta, a su vez, aerobia o anaerobia.

En la reproducción celular se distingue la división del núcleo, que reparte el material hereditario, de la división del citoplasma.

El núcleo se puede dividir por mitosis o por meiosis.

La mitosis garantiza el reparto equitativo del ADN entre las células hijas.

La meiosis produce cuatro células hijas haploides, con la mitad de cromosomas que la célula inicial que serán los gametos.

La meiosis contribuye a incrementar la variabilidad genética de las poblaciones, lo que tiene una gran importancia evolutiva al favorecer la posibilidad de adaptación ante las condiciones de un medio cambiante.

Los organismos pueden ser unicelulares o pluricelulares; estos últimos pueden presentar diversos niveles de organización: tejidos, órganos, y aparatos o sistemas.

En los organismos pluricelulares las células se diferencian y especializan en diferentes funciones formando tejidos muy diversos.

Práctica 2. Observación de células de epidermis vegetal

Las células vegetales suelen ser lo bastante grandes como para permitir su observación con un microscopio óptico de pocos aumentos.

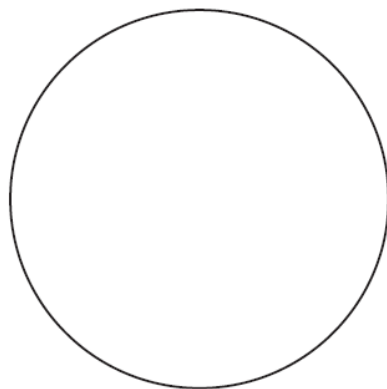
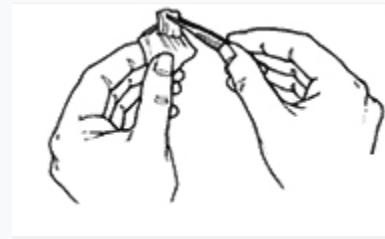
Si dispones de un sencillo microscopio “de juguete”, en esta práctica observarás células vegetales de la epidermis de hoja de lirio o de cebolla. Podrás ver la pared vegetal así como la presencia de estomas en el caso del lirio.

Material

- Portaobjetos - Cubreobjetos - Microscopio - Tijeras
- Pinzas - Aguja enmangada - Hojas de lirio o un trozo de cebolla
- (*Verde de metilo o azul de metileno* son colorantes comunes en los laboratorios escolares que facilitan la observación. Aunque no se disponga de alguno de ellos, el tamaño de las células y el grosor de la pared permiten su observación).

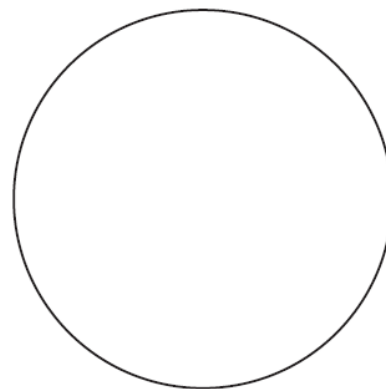
Procedimiento

1. Hacer un corte transversal en una hoja de lirio o doblarla hasta que se rasgue.
2. Coger con una pinza fina la fina epidermis y tirar hasta conseguir una pequeña tira teniendo cuidado de que no lleve adheridos restos de los tejidos parenquimáticos de la hoja (de color verde).
3. Poner una gota de agua sobre un porta limpio y situar la tira de epidermis extendiéndola cuidadosamente con ayuda de la aguja enmangada y las pinzas.
4. Colocar el porta sobre un soporte de tinción y añadir unas gotas de colorante dejándolo actuar durante cinco minutos, añadiendo más si se fuese secando.
5. Escurrir el exceso de colorante y lavar suavemente con agua.
6. Colocar un cubre y, tras secar bien el porta, llevar a observar al microscopio, primero a pequeño aumento y luego a un aumento mayor.



Aumentos

X



Aumentos

X

Solucionario

1. Significa que la célula es la cantidad mínima de materia viva que realiza las funciones que caracterizan a los seres vivos como tales y, en consecuencia, es la unidad que forma todos los seres vivos. Por tanto, éstos estarán formados como mínimo por una sola célula (organismos unicelulares: protoctistas, bacterias), aunque también existen seres formados por un gran número de células (pluricelulares).
2. En la fotografía, la bacteria mide unos 28 mm. Dividiendo por 14.500 aumentos obtenemos $1,9 \cdot 10^{-3}$, es decir 1,9 μm .
3. En la imagen impresa el virus tiene una longitud total de unos 60 mm, es decir $6 \cdot 10^7$ nm. Dividiendo por el tamaño real del virus (200 nm) resulta $3 \cdot 10^5$, es decir 300.000 aumentos.
4. El segmento representado mide unos 18 mm o $18 \cdot 10^3 \mu\text{m}$, si equivale a $5 \mu\text{m}$, tenemos que $18 \cdot 10^3 : 5 = 3.600$ aumentos.

Los cocos miden 2 mm en la imagen. Dividiendo por los aumentos, resulta que su tamaño real es $5,5 \cdot 10^{-4}$ mm o 0,5 μm .

5. Porque no realizan las funciones propias de las células por sí mismos, sino que necesitan parasitar una célula y utilizar su maquinaria celular para poder reproducirse.
6. Las diferencias más importantes son:

Característica	PROCARIOTA	EUCARIOTA
Tamaño	0,5 - 5 μm	10 - 150 μm
Organización	Exclusivamente unicelular	Uni, multi y pluricelular
Pared celular	Sí, no celulósica	En vegetales y hongos
Sistemas de membranas	No hay	Muy desarrollados: Golgi, retículo, etc.
Mitocondrias	No hay	En general numerosas
Cloroplastos	No hay	Sólo en células vegetales
Ribosomas	Sí hay (70S)*	Sí hay (80S)*
Citoesqueleto	Sólo microfilamentos	Microtúbulos y microfilamentos
Vacuolas	No hay	Sí hay
Centríolos	No hay	Sólo en células animales
Nucleolo	No hay	Uno o varios
ADN	Cromosoma único, ADN bicatenario circular	Varios cromosomas de ADN bicatenario lineal
Plásmidos	Sí hay	No hay
Respiración	Aerobia y/o anaerobia	Aerobia (fermentación ocasional)
Fotosíntesis	En algunos	Sólo en vegetales
Quimiosíntesis	En algunos	Nunca

*70S y 80S hacen referencia a la velocidad de sedimentación de los ribosomas en ultracentrifugación. La unidad es el Svedberg que equivale a 10^{-13} segundos.

7. Las diferencias más importantes son:

	Animal	Vegetal
Pared celular	No	Celulósica
Centríolos	Sí	No
Vacuolas	Pequeñas, numerosas	Pocas, muy grandes
Plastos	No	Varios tipos
Mitocondrias	Sí	Sí
Lisosomas	Sí	No aparecen como los de células animales, aunque sí poseen enzimas hidrolíticas en vacuolas.
Forma	Variada	En general poliédrica por la pared celular rígida

8. La nutrición autótrofa se caracteriza porque se biosintetizan biomoléculas orgánicas a partir de sustancias inorgánicas como CO₂ y H₂O utilizando una fuente de energía libre que puede ser la energía de la luz (fotosíntesis). En cambio, la nutrición heterótrofa precisa de materia orgánica ya formada como fuente de materia y energía para realizar las funciones celulares.

9. No es correcta. Si bien hay bacterias patógenas causantes de enfermedades graves, la mayoría son microorganismos de vida libre que desempeñan un importante papel en el equilibrio ecológico interviniendo en los ciclos biogeoquímicos como descomponedores de materia orgánica o fijadores de nitrógeno o azufre. Muchas especies son simbióticas de organismos pluricelulares, como la flora intestinal de los vertebrados o *Rhizobium*, que fija nitrógeno atmosférico en simbiosis con las leguminosas (véase el epígrafe "Nutrición en procariontas", en la página 72).

10. El aumento de un microscopio óptico es el producto de los aumentos del objetivo por los del ocular, es decir que con el microscopio indicado se podrían conseguir aumentos de 100x, 400x y 1000x.

11. Los orgánulos y estructuras representados y sus funciones son:

	Orgánulo	Presente en célula...	Función
a	Pared celular	Vegetal	Protege, da forma y sostén a la célula y al organismo
b	Retículo endoplasmático rugoso con ribosomas	Vegetal y animal	Síntesis y almacenamiento de proteínas
c	Vacuola	Vegetal*	Almacenamiento y transporte de sustancias y agua. Equilibrio hídrico.
d	Aparato de Golgi	Vegetal y animal	Almacenamiento y secreción
e	Núcleo con nucleolo y cromosomas metafásicos	Vegetal y animal	Contiene el material genético. Transcripción del ADN, síntesis de ARN y ribosomas
f	Mitocondria	Vegetal y animal	Respiración celular

- 12.** a) Las células ciliadas tendrán muy desarrollado el citoesqueleto ya que cada cilio posee una estructura interna formada por microtúbulos y un cuerpo basal similar a un centríolo (figura 2.26). El cilio posee 9 pares de microtúbulos más un par central, mientras que el cuerpo basal está formado por 9 grupos de 3 microtúbulos.

Las células secretoras de mucus presentarán un gran desarrollo del complejo de Golgi que es el orgánulo secretor de la célula.

b) La función de los cilios es mover la mucosidad superficial del epitelio que engloba microorganismos y partículas extrañas que son inhaladas durante la respiración externa o pulmonar.

- 13.** Los orgánulos y procesos son:

a)

- | | |
|----------------------|--|
| 1. Lisosoma | a. Endocitosis (fagocitosis) y formación de una vacuola alimenticia. |
| 2. Vacuola digestiva | b. Digestión intracelular. |
| 3. Mitocondria | c. Egestión de residuos por exocitosis. |
| | d. Respiración celular. |
| | e. Biosíntesis de moléculas. |

b) Se ha representado la nutrición heterótrofa correspondiente a una célula animal que adquiere materia orgánica del medio en forma de partículas para obtener los nutrientes que necesita como fuente de materia y energía para realizar sus funciones.

- 14.** Explica razonadamente si cada una de las siguientes afirmaciones es o no correcta:

a) *Una célula procariótica autótrofa fotosintética posee cloroplastos.*

Esta afirmación es incorrecta porque las células procarióticas carecen de cloroplastos.

b) *Una célula eucariótica heterótrofa posee mitocondrias y no posee cloroplastos.*

Correcto. Los cloroplastos son propios de células eucarióticas autótrofas como las células vegetales.

c) *Una célula eucariótica fotosintética no posee mitocondrias porque tiene cloroplastos.*

Falso. Las células fotosintéticas (autótrofas) poseen cloroplastos en que tiene lugar la fotosíntesis pero tienen también mitocondrias en que ocurre la respiración aerobia en que obtienen energía para sus funciones.

- 15.** Como acabamos de comentar en el ejercicio anterior, las células vegetales precisan de energía para llevar a cabo sus funciones (biosíntesis, movimiento intracelular, transporte, secreción, división,...) y la obtienen mediante la degradación de biomoléculas orgánicas en la respiración celular (en general aerobia y, en ocasiones, mediante la fermentación). La función del cloroplasto es captar la energía radiante de la luz para, mediante la fotólisis del agua, generar poder reductor con que reducir moléculas inorgánicas (CO₂) y producir biomoléculas orgánicas como azúcares.

- 16.** Un tejido proliferativo, en división. Por tanto, un tejido embrionario y no un tejido adulto, es decir un meristemo, cuyas células están en constante división y hacen crecer la planta.

- 17.** En ocasiones, la célula vegetal se impregna de determinadas sustancias que, aunque le confieren mayor consistencia, terminan por impedir su vida. Las células componentes del súber, las células del esclerénquima y las que componen los vasos leñosos, son ejemplos de células muertas que cumplen funciones específicas en distintos tejidos vegetales.

18. La correcta es la **c**.

En a, la relación "células vivas - líber" es correcta, pero líber es el nombre que se da al floema, no al xilema.

La b no es correcta por la misma razón anterior, aunque "células muertas - xilema" sí es correcta.

Por último, la d no es correcta porque si bien "xilema - leño" son lo mismo, este tejido conductor está formado por células muertas.

19. Porque en las hojas es donde se realiza la fotosíntesis y por eso se concentra en ellas el parénquima clorofílico. En la raíz no existe porque no recibe luz y, por tanto, no realiza la fotosíntesis. En consecuencia, las células de la raíz se nutren a partir de las sustancias que reciben desde las partes aéreas de la planta como *savia elaborada* a través de los vasos liberianos.**20.** Son correctas las afirmaciones **b** y **c**.

La afirmación **a** es incorrecta porque la descripción no corresponde al colénquima sino al esclerénquima. La **d** lo es porque el floema es un tejido conductor formado por células vivas. La **e** no es correcta porque las células animales no poseen plastos.

21. La figura **a** corresponde a una **anafase** porque se están separando *cromátidas*, puede ser anafase de mitosis de una célula $n = 2$ o bien anafase II de meiosis de una célula $2n = 4$.

La figura **b** es una **metafase**, en concreto es **metafase I de meiosis** de una célula $2n = 6$ porque en el ecuador de la célula se han dispuesto *tétradas* (o bivalentes), parejas de cromosomas homólogos apareados.

La figura **c** es también **metafase**, pero de **mitosis** de una célula $2n = 6$, porque se ve que hay cromosomas con dos cromátidas y además se distingue que hay cromosomas homólogos (los representados del mismo color).

22. El tejido cartilaginoso es sólido y flexible debido a que su matriz está formada por un gran número de fibras. El tejido óseo también tiene un gran número de fibras, lo que le proporciona cierta elasticidad, pero como su matriz contiene sales de fosfato y carbonato cálcico, pierde parte de la elasticidad y se torna más rígida. En la infancia, los huesos poseen todavía una cantidad considerable de tejido cartilaginoso, lo que le proporciona cierta flexibilidad que hace que caídas que pudieran ser importantes no tengan consecuencias; sin embargo, y muy tempranamente en el transcurso del desarrollo, se va produciendo una osificación de los cartílagos, con lo cual se pierde esta flexibilidad, aumenta la rigidez y, en consecuencia, es más probable que se produzcan fracturas en una caída.**23.** No son comparables en absoluto. Las prolongaciones de las neuronas son expansiones muy finas del citoplasma y en ellas se encuentran determinados orgánulos. Su función es la propagación del impulso nervioso (véase Unidad 7). En cambio, cilios y flagelos son prolongaciones móviles de la célula poseedoras de un sistema de microtúbulos de proteínas.**24. A.** Es tejido cartilaginoso, claramente distinguible por la abundancia de la matriz intercelular en la que destacan las lagunas ocupadas por los condrocitos.

B. Es un epitelio de revestimiento prismático uniestratificado en el que se distinguen claramente células secretoras (caliciformes).

C. Corresponde a tejido muscular estriado, fácilmente reconocible por la estriación transversal.

D. Es tejido nervioso, en el que destacan algunos grandes cuerpos neuronales de los que parten prolongaciones.

25. En el tejido muscular estriado encontraremos una gran cantidad de mitocondrias que proporcionarán la energía necesaria para la contracción, además de las miofibrillas de las proteínas *actina* y *miosina*, responsables de la contracción muscular.

Un epitelio glandular estará formado por células secretoras que tendrán un aparato de Golgi muy desarrollado.

26. La correspondencia es la siguiente:

Célula	Tejido
Mastocito	Conjuntivo laxo
Fibroblasto	Conjuntivo laxo y denso
Adipocito	Conjuntivo laxo y adiposo
Astrocito	Nervioso (neuroglía)
Condrocito	Cartilaginoso
Osteocito	Óseo

27. La cantidad de ADN y la información que éste contiene es la misma en todas las células que forman un organismo pluricelular ya que proceden de divisiones sucesivas por mitosis a partir de un cigoto. Sin embargo, en los organismos pluricelulares se produce una diferenciación celular por la que las células se especializan en una determinada función. En diferentes líneas celulares se expresan genes diferentes de su ADN.

Glosario

Anaerobio Organismo que no puede utilizar el oxígeno para la respiración. El oxígeno puede inhibir el crecimiento de los anaerobios estrictos, e incluso matarlos.

Beta-glucanos (β -glucanos) Polisacáridos de monómeros D-glucosa ligados con enlaces glucosídicos que forman parte de las paredes celulares.

Cilios Uno de los tipos de undulipodios (junto a flagelos) presentes en eucariotas. Son prolongaciones celulares móviles que contienen una estructura de microtúbulos.

Epífita Nombre que se da a las plantas que crecen sobre otros vegetales usándolos como soporte, sin parasitación.

Esporofito. Generación del ciclo vital de una planta o de un alga que produce esporas; sus células son diploides (es decir, sus núcleos contienen dos conjuntos de cromosomas). La espora es una estructura reproductora que puede desarrollarse en un individuo completo sin haberse fusionado previamente con otra célula. Generalmente es unicelular, pero en algunos hongos es pluricelular.

Fagocitosis Proceso por el cual una célula animal es capaz de englobar una partícula de gran tamaño (por ejemplo, una bacteria) mediante una prolongación de la membrana plasmática que la rodea, dejándola en el interior de una bolsa o vacuola

Fermentación Degradación enzimática de una molécula con el fin de obtener energía, pero de tal manera que los productos finales siguen poseyendo una gran cantidad de energía (es como una "combustión" incompleta). Generalmente suele ocurrir en ausencia de oxígeno.

Flagelos Uno de los tipos de undulipodios (junto a cilios) presentes en eucariotas. Son prolongaciones celulares móviles que contienen una estructura.

Fotosíntesis Proceso por el que las plantas son capaces de sintetizar su propia materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas muy simples (agua, dióxido de carbono, sales minerales) y con el concurso de la luz solar.

Gametofito Generación del ciclo vital de una planta o de un alga en la que se encuentran los órganos sexuales productores de gametos; sus células son haploides (es decir, sus núcleos contienen un único conjunto de cromosomas).

Metabolismo Conjunto de reacciones químicas que se dan en las células. Pueden ser: catabólicas o de degradación de moléculas complejas para dar sustancias más simples obteniendo energía, y las anabólicas o de síntesis, que reconstruyen las moléculas de la célula a partir de ingredientes más o menos sencillos

Plásmidos Moléculas de ADN propias de las bacterias que se replican y transmiten independientemente del ADN cromosómico.

Mucosa Capa que recubre algunas partes de la pared del tubo digestivo y respiratorio y que está formado por tejido epitelial y conectivo. Se mantiene húmeda por la secreción de las glándulas de la capa submucosa que desembocan en la luz de los tubos.

Patógeno Organismo microscópico capaz de causar enfermedades. Muchos virus, bacterias, hongos y protoctistas son patógenos.

Quimiosíntesis Producción de compuestos orgánicos a partir de compuestos inorgánicos, que también se usan como fuente de energía.

Talo Cuerpo vegetativo simple sin verdaderos tejidos, aplanado y laminar, que no experimenta diferenciación en órganos tales como hojas y raíces.

Aviso legal

Esta unidad utiliza parcialmente contenidos del libro de Biología y Geología para 1º de Bachillerato a distancia (NIPO: 030-13-196-3).

Adaptación: César Martínez Martínez
Asesor Técnico Docente Biología y Geología. CIDEAD, 2015.

La utilización de recursos de terceros se ha realizado respetando las licencias de distribución que son de aplicación, acogiéndonos igualmente a los artículos 32.3 y 32.4 de la Ley 21/2014 por la que se modifica el Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual. Si en algún momento existiera en los materiales algún elemento cuya utilización y difusión no estuviera permitida en los términos que aquí se hace, es debido a un error, omisión o cambio de licencia original.

Si el usuario detectara algún elemento en esta situación podrá comunicarlo al CIDEAD para que tal circunstancia sea corregida de manera inmediata.

En estos materiales se facilitan enlaces a páginas externas sobre las que el CIDEAD no tiene control alguno, y respecto de las cuales declinamos toda responsabilidad.



DIRECCIÓN GENERAL DE
FORMACIÓN PROFESIONAL

