

Capítulo 5. Cómo están organizadas las células

En la naturaleza existe una sorprendente diversidad de tipos celulares que, a la vez, tienen una notable similitud. Cada célula es capaz de llevar a cabo esencialmente los mismos procesos: obtener y asimilar nutrientes, eliminar los residuos, sintetizar nuevos materiales para la célula y, en muchos casos, moverse y reproducirse.

Las células son las unidades básicas de la estructura y función biológicas pero pueden diferir grandemente en su tamaño y forma. El tamaño de las células está limitado por la relación entre superficie y volumen; cuanto mayor es la superficie de una célula en proporción a su volumen, mayor será la cantidad de materiales que pueden entrar o salir de ella en un espacio de tiempo dado. El tamaño celular también está limitado por la capacidad del núcleo para regular las actividades celulares. Las células metabólicamente más activas tienden a ser pequeñas.

Las células tienen una compleja arquitectura interna que les permite realizar todas sus funciones. En las células eucarióticas existe una variedad de estructuras internas, las organelas, que son similares o, en algunos casos, idénticas de una célula a otra en una amplia gama de tipos celulares.

Las células están separadas del medio circundante por una membrana celular. Esta membrana restringe el paso de sustancias de afuera hacia el interior y viceversa, y protege de esta manera su integridad estructural y funcional. Las células de las plantas, de la mayoría de las algas, hongos y procariontes, están además separadas del ambiente por una pared celular elaborada por las células mismas.

El núcleo de las células eucarióticas está separado del citoplasma por la envoltura nuclear, formada por dos bicapas lipídicas. Los poros de la envoltura nuclear suministran los canales a través de los cuales pasan las moléculas desde y hacia el citoplasma. El núcleo contiene el material genético, los cromosomas, que, cuando la célula no está dividiéndose, existen en una forma extendida llamada cromatina. Al actuar juntamente con el citoplasma, el núcleo ayuda a regular las actividades de la célula.

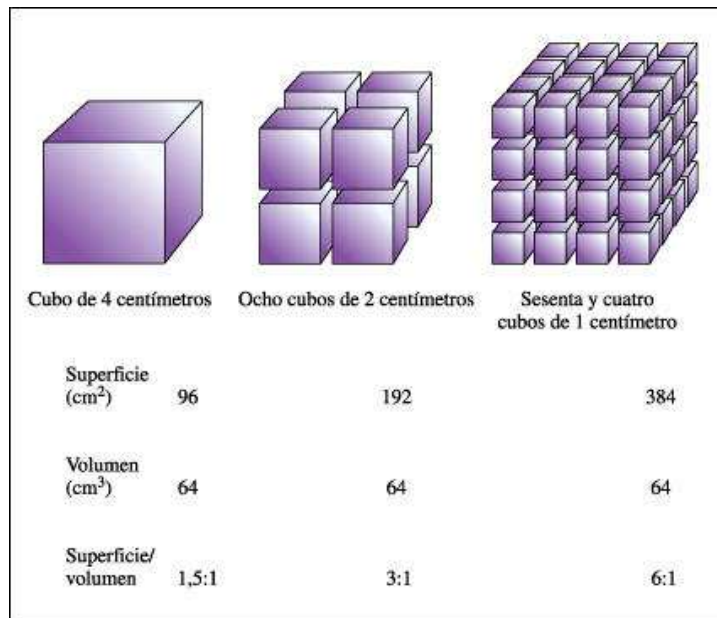
El citoplasma de la célula es una solución acuosa concentrada que contiene enzimas, moléculas disueltas e iones -además de organelas en el caso de las células eucarióticas- que desempeñan funciones especializadas en la vida de la célula. Las células eucarióticas contienen una gran cantidad de organelas, la mayoría de las cuales no existen en las células procariontes.

El citoplasma eucariótico tiene un citoesqueleto que sirve de soporte e incluye microtúbulos, filamentos de actina y filamentos intermedios. El citoesqueleto mantiene la forma de la célula, le permite moverse, fija sus organelas y dirige su tránsito.

Tamaño y forma celular

La mayoría de las células que constituyen el cuerpo de una planta o de un animal miden entre 10 y 30 micrómetros de diámetro. La principal restricción al tamaño de la célula es la que impone la relación entre el volumen y la superficie. Las sustancias como el oxígeno, el dióxido de carbono, los iones, los nutrientes y los productos de desecho que entran y salen de una célula viva deben atravesar su superficie, delimitada por una membrana. Estas sustancias son los materiales simples y los productos del metabolismo celular que representa el total de las actividades químicas en las que se encuentra comprometida una célula. Cuanto más activo es el metabolismo celular, más rápidamente deben intercambiarse los materiales con el ambiente para que la célula siga funcionando. En células grandes, la relación superficie-volumen es menor que en células más chicas, es decir, las células de mayor tamaño disponen de una superficie de intercambio con el medio ambiente proporcionalmente menor.

El cubo de 4 centímetros, los ocho cubos de 2 centímetros y los sesenta y cuatro cubos de 1 centímetro, tienen el mismo volumen total. Sin embargo, a medida que el volumen se divide en unidades más pequeñas, la cantidad total de superficie se incrementa al igual que la relación superficie a volumen. Por ejemplo, la superficie total de los sesenta y cuatro cubos de 1 centímetro es 4 veces mayor que la superficie del cubo de 4 centímetros y la relación superficie a volumen en cada cubo de 1 centímetro es 4 veces mayor que la del cubo de 4 centímetros. De modo similar, las células más pequeñas tienen una mayor relación de superficie a volumen que las células más grandes. Esto significa, no sólo más superficie de membrana a través de la cual los materiales pueden entrar en la célula o salir de ella, sino también menos materia viva para atender y distancias más cortas a recorrer por los materiales en el interior de la célula.



La relación superficie-volumen en función del tamaño celular.

Por ese motivo y, dado que una célula más grande requiere del intercambio de cantidades mayores de materiales para satisfacer sus necesidades, el tamaño de las células se ve así limitado. Una estrategia que permite aumentar la superficie de intercambio con el entorno es el plegamiento de la membrana.

Una segunda limitación al tamaño de una célula eucariótica parece estar relacionada con la capacidad del núcleo el centro de control de la célula- para suministrar suficientes copias de moléculas con la información necesaria para regular los procesos que ocurren en una célula grande, metabólicamente activa.

No es sorprendente que las células con un metabolismo más activo sean habitualmente pequeñas. Al igual que las gotas de agua y las burbujas de jabón, las células tienden a ser esféricas. Sin embargo, a menudo tienen otras formas. Esto ocurre a causa de la existencia de las paredes celulares, encontradas en plantas, hongos y muchos organismos unicelulares. La forma de la célula también se debe a la adhesión y la presión de otras células o de superficies vecinas (como ocurre con las células del epitelio intestinal). También, la forma depende de la disposición de ciertos elementos estructurales internos, como el citoesqueleto, y está generalmente relacionada con las funciones especiales que esas células cumplen.

Organización subcelular

Las técnicas microscópicas modernas han confirmado que las células eucarióticas contienen una multitud de estructuras especializadas en forma y función, y así desempeñan actividades particulares requeridas por la economía celular. Así como los órganos de los animales multicelulares trabajan juntos en sistemas de órganos, las organelas de las células están comprometidas en varias funciones cooperativas e interdependientes.

Las adquisiciones de los eucariotas marcaron muchas diferencias con sus predecesores procariotas. En las células procarióticas, todos los procesos ocurren en un único compartimiento limitado por la membrana celular. Por el contrario, en las células eucarióticas existe una separación espacial de las funciones: el DNA se mantiene en un compartimiento separado, el núcleo, y en el citoplasma se encuentran distintas organelas, entre ellas las mitocondrias, presentes en todas las células eucarióticas, o los cloroplastos, presentes en células fotosintéticas. Es importante comprender que una célula no es una combinación fortuita de componentes, sino una entidad dinámica e integrada.

Comparación de características celulares en organismos de los distintos reinos

Características nucleares						
Reino	Eubacteria	Archaeabacteria	Protista	Fungi	Plantae	Animalia
Tipo celular	Procariótico			Eucariótico		
Envoltura Nuclear	✗			✓		
Cromosomas	Molécula de DNA única y continua			Múltiple, consistente en DNA e histonas		
Características extracelulares						
Reino	Eubacteria	Archaeabacteria	Protista	Fungi	Plantae	Animalia
Pared celular	Sin celulosa, (otros polisacáridos y peptidoglicanos)	Ausencia de peptidoglicanos	Presente en algunas formas, varios tipos	Quitina y otros polisacáridos celulósicos	Celulosa y otros polisacáridos	✗
Membrana Celular	✓	Presente, con lípidos inusuales de distinta composición	✓	✓	✓	✓
Citoplasma						
Reino	Eubacteria	Archaeabacteria	Protista	Fungi	Plantae	Animalia
Ribosomas	Pequeños			Más grandes		
Retículo Endoplásmico	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Mitocondrias	✗	✗	Habitualmente presente	✓	✓	✓
Plástidos	✗	✗	Presentes en alguna forma	✗	✓	✗
Complejos de Golgi	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Lisosomas	✗	✗	Habitualmente presentes	Habitualmente presentes	Estructuras similares (compartimientos lisosómicos presentes)	Habitualmente presentes
Plástidos	✗	✗	Presentes en alguna forma	✗	✓	✗
Complejos de Golgi	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Lisosomas	✗	✗	Habitualmente presentes	Habitualmente presentes	Estructuras similares (compartimientos lisosómicos presentes)	Habitualmente presentes
Peroxisomas	✗	✗	Frecuentemente presentes	Presentes en alguna forma	Habitualmente presentes	Habitualmente presentes
Vacuolas	✗	✗	✓	✓	Habitualmente un único vacuolo grande en la célula madura	Pequeño o ausente
Centríolos	✗	✗	Habitualmente presentes	✗	✗ presentes sólo en plantas con flor	✓
Cilios o flagelos 9+2	✗	✗	Habitualmente presentes	✗	✗ presentes sólo en plantas con flor	Habitualmente presentes

Cuadro 5

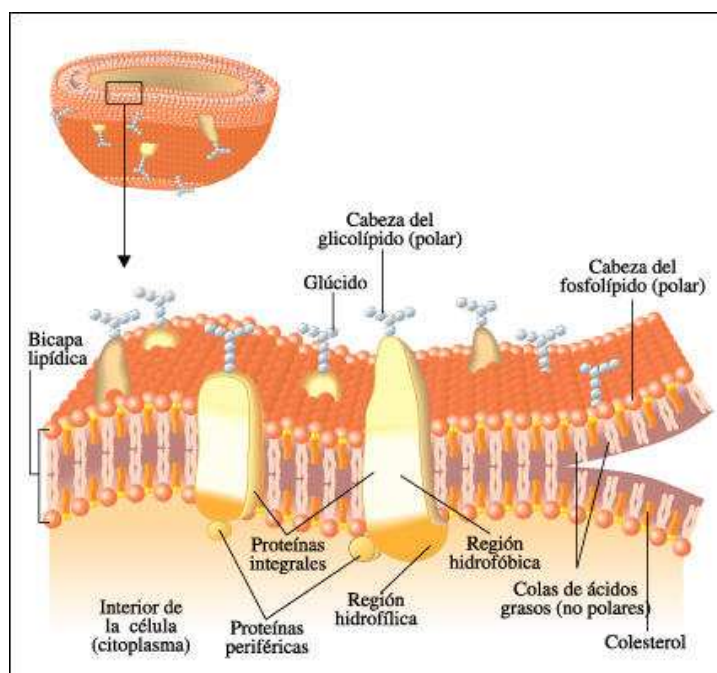
Límites celulares y subcelulares

Todas las células son básicamente muy semejantes. Todas tienen DNA como material genético, desempeñan los mismos tipos de reacciones químicas y están rodeadas por una membrana celular externa -o plasmática- es esencial en la vida celular. No solamente define los límites de la célula, sino que además permite que la célula exista como una entidad diferente de su entorno. Esta membrana regula el tránsito de sustancias hacia fuera y hacia adentro de la célula. En las células eucarióticas, además, define los compartimientos y organelas, lo que permite mantener las diferencias entre su contenido y el citosol.

La membrana celular, como todas las membranas biológicas, consiste en una delgada capa de fosfolípidos y proteínas; tiene entre 7 y 9 nanómetros de grosor y no puede ser resuelta por el microscopio óptico. En cambio, con el microscopio electrónico, puede verse como una doble línea delgada y continua.

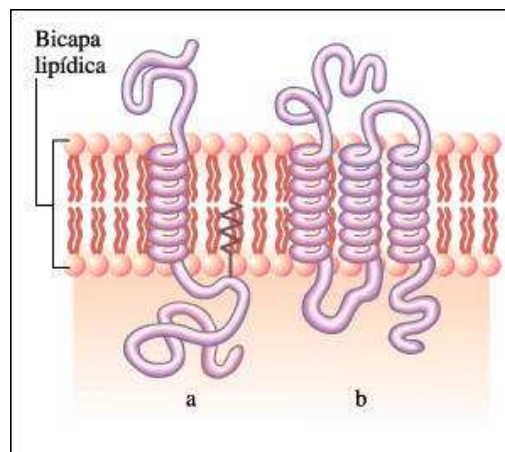
Las membranas están generalmente rodeadas por un medio acuoso, lo que hace que las moléculas de fosfolípidos se dispongan formando una bicapa. De acuerdo con el modelo del mosaico fluido, las membranas celulares, estructuras fluidas y dinámicas, se forman a partir de estas bicapas de fosfolípidos, en las cuales están embutidas moléculas de proteínas y de colesterol. Las moléculas de lípidos y proteínas pueden, en general, desplazarse lateralmente por la bicapa.

La disposición de los fosfolípidos en una bicapa en solución acuosa se debe a su particular estructura química. En el esquema, se indican los distintos componentes de las membranas biológicas: carbohidratos, colesterol, proteínas integrales y periféricas. En procariontes y algunos protistas, así como en plantas y hongos, no se encuentra colesterol. La estructura básica de la membrana es una red de moléculas fosfolípicas, en las que se encuentran embutidas moléculas de colesterol y moléculas grandes de proteína. Las moléculas de fosfolípido están dispuestas en una bicapa, con sus colas hidrofóbicas apuntando hacia el interior y sus cabezas hidrofílicas de fosfato apuntando al exterior. Las moléculas de colesterol se encuentran insertas entre las colas hidrofóbicas. Las proteínas embutidas en la bicapa se conocen como proteínas integrales de membrana. Sobre la cara citoplasmática de la membrana, las proteínas periféricas de membrana se encuentran unidas a algunas de las proteínas integrales. La porción de la superficie de una molécula de proteína que se encuentra dentro de la bicapa lipídica es hidrofóbica; la porción de la superficie expuesta afuera de la bicapa es hidrofílica. Se cree que poros con superficies hidrofílicas atraviesan algunas de las moléculas de proteína. Entremezcladas con las moléculas de fosfolípidos de la capa externa de la bicapa se encuentran moléculas de glucolípidos. Las cadenas de carbohidratos unidas a los glucolípidos y a las proteínas que sobresalen de la cara exterior de la membrana están implicadas en la adhesión de las células entre sí y en el "reconocimiento" de moléculas en la superficie de la membrana.



Modelo de la membrana plasmática de una célula animal, determinado a partir de fotomicrografías electrónicas y datos

Las moléculas de proteína embutidas, que típicamente atraviesan la membrana, se conocen como proteínas integrales de membrana. Diferentes proteínas integrales desempeñan funciones diferentes; algunas son enzimas, otras son receptores y otras son proteínas de transporte. Las dos caras de la membrana difieren en composición química. Las dos capas generalmente tienen concentraciones diferentes de distintos tipos de moléculas lipídicas. En muchas clases de células, la capa externa es particularmente rica en moléculas de glucolípidos. Las cadenas de carbohidratos de estas moléculas -así como las cabezas fosfato de las moléculas de fosfolípidos- están expuestas sobre la superficie de la membrana; las colas hidrofóbicas de los ácidos grasos están dentro de la membrana. La composición de proteínas de las dos capas también difiere. En el lado citoplasmático de la membrana, hay moléculas de proteína adicionales, conocidas como proteínas periféricas de membrana, que están ligadas a parte de las proteínas integrales que sobresalen de la bicapa.



Esquema de dos configuraciones principales que han sido determinadas para las proteínas de las membranas.

La mayoría de las proteínas integrales presentan una de dos configuraciones básicas:

- una hélice alfa y
- una estructura globular terciaria, formada por segmentos repetidos de hélice alfa que se disponen en zig-zag a través de la membrana.

Los segmentos helicoidales están unidos por segmentos hidrofílicos irregulares de la cadena polipeptídica, que se extienden a cada lado de la membrana.

Una de las estructuras es una hélice alfa embutida en el interior hidrofóbico de la membrana, con porciones hidrofílicas menos regulares que se extienden a uno u otro lado y están, a menudo, extensamente plegadas en una intrincada estructura terciaria. La otra configuración se encuentra en moléculas globulares grandes que poseen estructuras cuaternarias o terciarias complejas, resultantes de "pasajes" repetidos a través de la membrana. Las porciones de estas proteínas embutidas en el interior hidrofóbico de la bicapa son segmentos de hélice alfa apretadamente enrollados. Aunque las superficies embutidas en contacto con la bicapa lipídica siempre son hidrofóbicas, las porciones interiores de algunas proteínas globulares son aparentemente hidrofílicas; esto permite la existencia de "poros" a través de los cuales ciertas sustancias polares pueden cruzar la membrana.

Las membranas celulares de eucariotas y procariotas, así como las de las organelas de células eucarióticas, tienen la misma estructura básica. Sin embargo, hay diferencias en los tipos de lípidos y, particularmente, en el número y tipo de proteínas y carbohidratos. Estas diferencias confieren a las membranas de diferentes tipos de células y de diferentes organelas propiedades únicas que pueden correlacionarse con diferencias en la función.

La mayoría de las membranas tiene aproximadamente 40% de lípidos y 60% de proteínas, aunque existe una variación considerable. Las proteínas, extremadamente diversas en su estructura, desempeñan una variedad de actividades y son las responsables de la mayoría de las funciones esenciales que cumplen las membranas biológicas. Algunas proteínas son enzimas y regulan reacciones químicas particulares; otras son receptores, implicados en el reconocimiento y unión de moléculas señalizadoras, tales como las hormonas; y aun otras son proteínas de transporte, que desempeñan papeles críticos en el movimiento de sustancias a través de la membrana.

Una distinción fundamental entre las células animales y vegetales es que las células vegetales están rodeadas por una pared celular. La pared se encuentra por fuera de la membrana y es construida por la célula. Cuando una célula vegetal se divide, se forma una capa delgada de material aglutinante entre las dos células nuevas; ésta constituirá la laminilla media.

Formada por pectinas (los compuestos que constituyen el gel de las gelatinas) y por otros polisacáridos, la laminilla media mantiene juntas a células contiguas. Luego, cada célula vegetal construye su pared celular primaria a cada lado de la laminilla media. La pared primaria contiene, principalmente, moléculas de celulosa asociadas en haces de microfibrillas dispuestos en una matriz de polímeros viscosos.

En las plantas, el crecimiento tiene lugar, fundamentalmente, por alargamiento celular; estudios sobre el tema demostraron que en este proceso de alargamiento, la célula agrega nuevos materiales a sus paredes. Sin embargo, no crece igual en todas las direcciones; la forma final de una célula está determinada por la estructura de su pared celular.

A medida que la célula madura, puede constituirse una pared secundaria. Esta pared no es capaz de expandirse de la misma manera que la pared primaria; frecuentemente contiene otras moléculas, como la lignina, que sirven para reforzarla. En estas células, el material que en principio estaba vivo, a menudo muere, dejando solamente la pared externa como una obra arquitectónica de la célula. Las paredes celulares que contienen celulosa también se encuentran en muchas algas. Los hongos y los procariotas también tienen paredes celulares, pero usualmente no contienen celulosa.

Las paredes celulares procarióticas contienen polisacáridos y polímeros complejos conocidos como peptidoglicanos, formados a partir de aminoácidos y azúcares.

El núcleo

El núcleo es un cuerpo grande, frecuentemente esférico y, por lo común, es la estructura más voluminosa dentro de las células eucarióticas. Está rodeado por la envoltura nuclear, constituida por dos membranas concéntricas, cada una de las cuales es una bicapa lipídica. Estas dos membranas están separadas por un intersticio de unos 20 a 40 nanómetros pero, a intervalos frecuentes, las membranas se fusionan creando pequeños poros nucleares, por donde circulan los materiales entre el núcleo y el citoplasma.

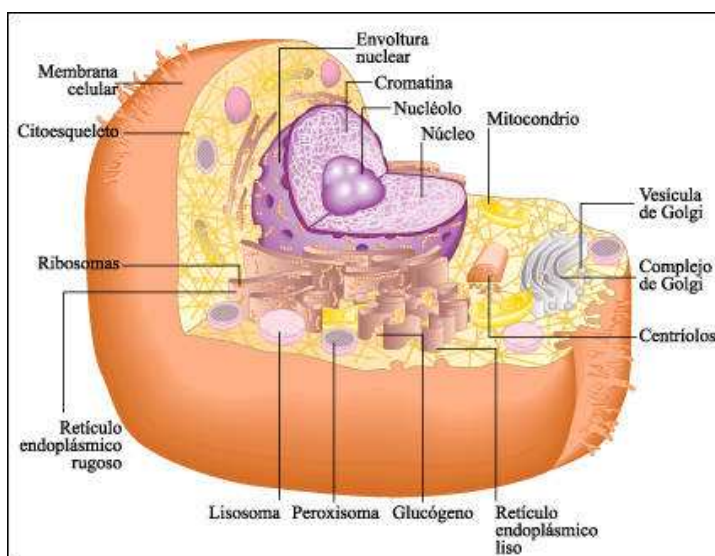
En las células eucarióticas, el material genético -DNA- es lineal y está fuertemente unido a proteínas especiales llamadas histonas. Cada molécula de DNA con sus histonas constituye un cromosoma. Los cromosomas se encuentran en el núcleo. Cuando una célula no se está dividiendo, los cromosomas se ven como una maraña de hilos delgados, llamada cromatina. Cuando la célula se divide, la cromatina se condensa y los cromosomas se hacen visibles como entidades independientes. El cuerpo más conspicuo dentro del núcleo es el nucléolo. Hay típicamente dos nucléolos por núcleo. El nucléolo es el sitio en el que se construyen las subunidades que constituyen los ribosomas. Visto con el microscopio electrónico, el nucléolo aparece como un conjunto de delicados gránulos y fibras diminutas. Estos gránulos y fibras están constituidos por filamentos de cromatina, RNA ribosómico que está siendo sintetizado y partículas de ribosomas inmaduros. Los nucléolos pueden variar en tamaño en relación con la actividad sintética de la célula, y pueden llegar a representar un 25% del volumen total nuclear.

El citoplasma

No hace mucho tiempo, la célula era vista como una bolsa de fluido que contenía enzimas y otras moléculas disueltas, juntamente con el núcleo, unas pocas mitocondrias y, ocasionalmente, otras organelas que podían examinarse por técnicas microscópicas especiales. Con el desarrollo del microscopio electrónico, sin embargo, se ha identificado un número creciente de estructuras dentro del citoplasma, que ahora se sabe que está altamente organizado y atestado de organelas. Entre las células eucarióticas se distinguen las células animales y las vegetales. Ambos tipos de células difieren en varios aspectos aunque, como veremos, comparten muchas características.

Como todas las células, la de la siguiente figura -una célula animal- se halla limitada por una membrana celular (la membrana plasmática), que actúa como una barrera selectivamente permeable respecto al medio circundante. Todos los materiales que entran o salen de la célula, incluyendo los alimentos, los desechos y los mensajeros químicos, deben atravesar esta barrera. Dentro de la membrana se encuentra el citoplasma, que contiene las enzimas y otros solutos de la célula.

El citoplasma está atravesado y subdividido por un complejo sistema de membranas, el retículo endoplásmico, parte del cual se muestra aquí. En algunas áreas, el retículo endoplásmico está cubierto por ribosomas, que son las estructuras especiales sobre las cuales los aminoácidos se ensamblan en proteínas. También se encuentran ribosomas en otras partes del citoplasma. Los complejos de Golgi son centros de empaquetamiento o compactación de moléculas sintetizadas dentro de la célula. Los lisosomas y peroxisomas son vesículas en las cuales diferentes tipos de moléculas se degradan a constituyentes más simples que pueden ser utilizados por la célula o en el caso de productos de desecho, eliminados fácilmente. Las mitocondrias son el asiento de las reacciones químicas que suministran energía para las actividades celulares.



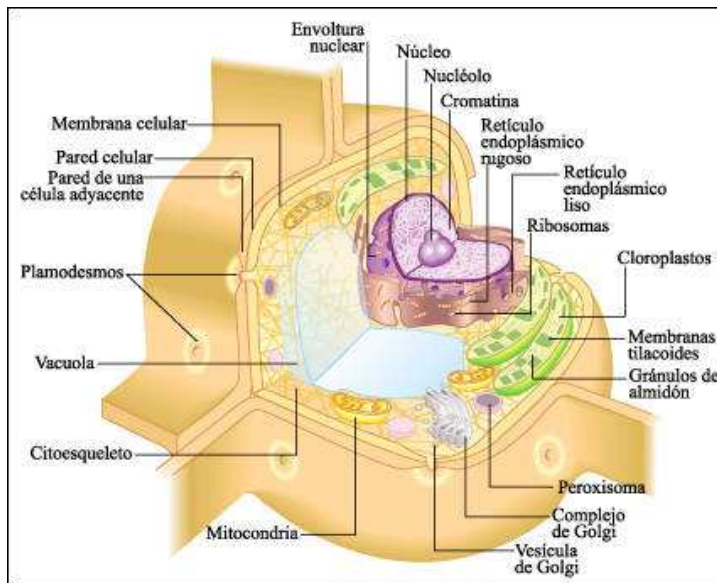
Célula animal representativa, interpretada según microfotografías electrónicas.

El cuerpo más grande dentro de la célula es el núcleo. Está rodeado por una membrana doble, la envoltura nuclear, cuya membrana externa es continua con el retículo endoplásmico. Dentro de la envoltura nuclear se encuentran un nucléolo, que es el sitio donde se forman las subunidades ribosómicas.

El citoesqueleto, que es una red altamente estructurada y compleja de filamentos proteicos, ocupa todo el citoplasma. Entre sus componentes están los microtúbulos, que tienen aspecto de bastones y los filamentos intermedios, que son estructuras filiformes que se concentran cerca de la membrana celular. Otros elementos del citoesqueleto son

demasiado delgados como para ser vistos con este aumento. Los filamentos intermedios del citoesqueleto mantienen la forma de la célula, fijan sus organelas y dirigen el tránsito molecular intracelular. En el núcleo, los filamentos intermedios forman la lámina nuclear, que actúa como soporte de la membrana nuclear interna (no se representa en este esquema).

Al igual que la célula animal, la célula vegetal de la siguiente figura está limitada por una membrana celular. Rodeando a la membrana celular hay una pared celular que contiene celulosa. Los plasmodesmos, que son canales que atraviesan las paredes celulares, permiten una conexión citoplasmática entre células contiguas. La estructura más prominente en muchas células vegetales es una vacuola grande, llena con una solución de sales y otras sustancias.



Una célula vegetal relativamente joven, interpretada según fotomicrografías electrónicas.

En las células vegetales maduras, la vacuola frecuentemente ocupa la mayor parte de la célula y los otros contenidos celulares son relegados a una región estrecha, próxima a la membrana celular. La vacuola desempeña un papel central al mantener la rigidez de la pared celular y la lozanía del cuerpo de la planta. Los cloroplastos, las organelas grandes en las que ocurre la fotosíntesis, generalmente se concentran cerca de la superficie de la célula. Las moléculas de clorofila y las otras sustancias involucradas en la captura de energía luminosa proveniente del Sol están situadas en las membranas tilacoides dentro de los cloroplastos. Al igual que la célula animal, la célula vegetal viva contiene un núcleo prominente, un retículo endoplásmico extenso y muchos ribosomas y mitocondrias. En la célula vegetal en crecimiento, los complejos de Golgi son especialmente numerosos; ellos desempeñan un papel importante en el ensamble de materiales para la pared celular en expansión. La orientación de las microfibrillas de celulosa, a medida que son añadidas a la pared celular, está determinada por la orientación de los microtúbulos en las porciones del citoesqueleto próximas a la membrana celular.

Los organelos más numerosos (tanto en procariotas como en eucariotas) son los ribosomas, los sitios de ensamble de proteínas. Los ribosomas no están rodeados por una membrana; están constituidos por dos subunidades, cada una de las cuales está formada por un complejo de RNA ribosomal y proteínas. Tanto en las células procarióticas como en las eucarióticas, los ribosomas tienen una estructura similar, sin embargo, los ribosomas de las células eucarióticas son un poco más grandes. Los ribosomas son los sitios en los cuales ocurre el acoplamiento de los aminoácidos que forman las proteínas. Cuanto más proteína esté fabricando una célula, más ribosomas tendrá.

Las células eucarióticas poseen sistemas membranosos internos que las dividen en compartimientos especializados con límites establecidos por membranas cerradas, selectivamente permeables. Estos compartimientos son funcionalmente diferentes; contienen un grupo característico de enzimas concentradas que son las encargadas de llevar a cabo las funciones características de cada organelo. Sin embargo, si bien los distintos compartimientos están físicamente separados, veremos que están interconectados funcionalmente. Estos compartimientos u organelos que constituyen el sistema de endomembranas: vacuolas y vesículas, retículo endoplásmico, complejo de Golgi y lisosomas.

El citoplasma de las células eucarióticas contiene un gran número de vesículas, organelos en forma de sacos rodeados de membranas cuyas principales funciones son el almacenamiento temporario y el transporte de materiales, tanto dentro de la célula como hacia el interior y exterior. La mayoría de las células de plantas y hongos contienen un tipo particular de vesícula, denominada vacuola, cuya membrana se conoce en las células vegetales como tonoplasto. Las vacuolas son grandes vesículas llenas de fluido, que pueden ocupar de un 30 a un 90% del volumen celular. Las vacuolas incrementan el tamaño celular, así como la superficie expuesta al ambiente, con una mínima inversión de materiales estructurales por parte de la célula. Son las encargadas de mantener la turgencia celular; por otra parte, pueden almacenar temporariamente nutrientes o productos de desecho, y funcionar como un compartimiento de degradación de sustancias. En una misma célula pueden coexistir distintas vacuolas con diferentes funciones.

El citoplasma de las células eucarióticas está subdividido por una red de membranas conocidas como retículo endoplásmico, que sirven como superficie de trabajo para muchas de sus actividades bioquímicas. Es una red de sacos aplanados, tubos y canales conectados entre sí, que caracteriza a las células eucarióticas. La cantidad de retículo endoplásmico de una célula no es fija, sino que aumenta o disminuye de acuerdo con la actividad celular.

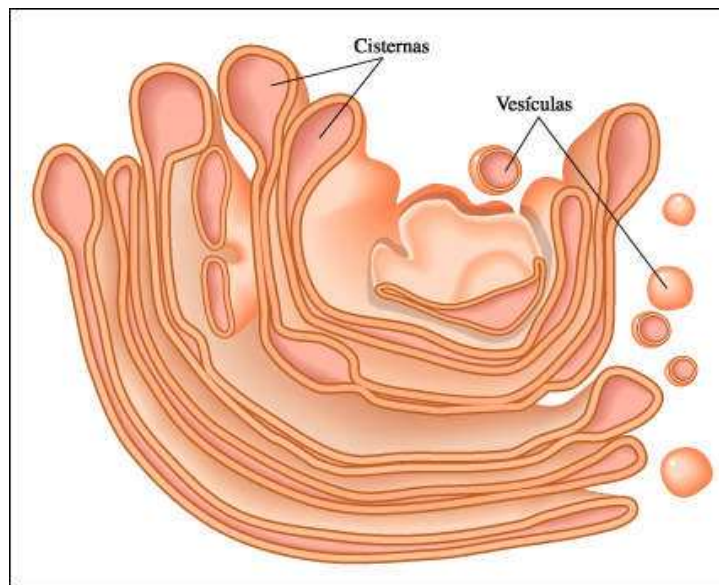
En las células eucarióticas muchos ribosomas están unidos a la superficie del retículo endoplásmico, produciendo el retículo endoplásmico rugoso, que es especialmente abundante en células que producen proteínas de exportación. El retículo endoplásmico liso, que carece de ribosomas, es abundante en células especializadas en la síntesis lipídica o en el metabolismo de lípidos.

El destino de una proteína -ya sea salir de la célula, ser incorporada en la membrana celular o formar parte del sistema de endomembranas- depende de la adición de un "guía" formado por aminoácidos hidrofóbicos. Esta porción de la molécula dirige a la proteína que está siendo sintetizada y a los ribosomas que están participando en su síntesis hacia una región específica del retículo endoplásmico rugoso donde la proteína ingresa a la cavidad interior. La molécula de proteína recién sintetizada se mueve luego dentro del retículo endoplásmico rugoso y es luego compactada en una vesícula de transporte cuyo destino es el complejo de Golgi.

En el curso de esta progresión desde el retículo endoplásmico al complejo de Golgi y, finalmente, a su destino final, la molécula de proteína sufre un procesamiento ulterior que incluye el clivaje (separación) de la secuencia señal y, frecuentemente, la adición de grupos de carbohidratos a la proteína (glicosilación).

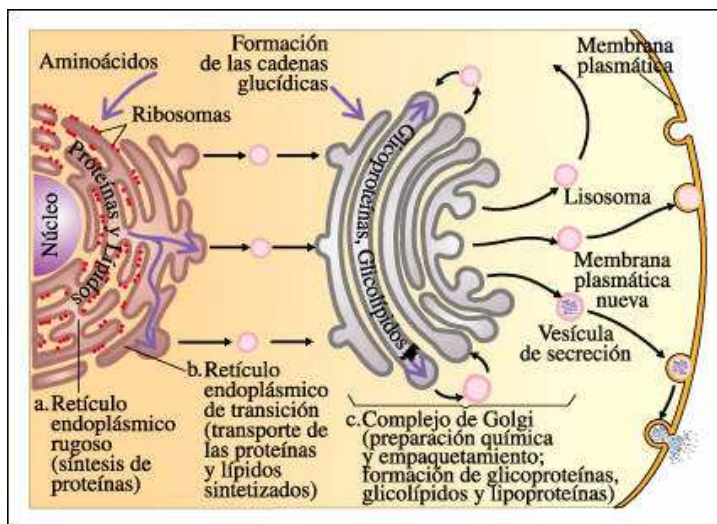
El retículo endoplásmico liso se encuentra muy desarrollado en células especializadas en la síntesis o metabolismo de lípidos, como las células glandulares que producen hormonas esteroideas y también se encuentra muy desarrollado en las células hepáticas, donde parece estar relacionado con varios procesos de desintoxicación (una de las muchas funciones del hígado).

El complejo de Golgi es un centro de procesamiento y compactación de materiales que se mueven a través de la célula y salen de ella. Cada complejo de Golgi recibe vesículas del retículo endoplásmico, modifica sus membranas y sus contenidos e incorpora los productos terminados en vesículas de transporte que los llevan a otras partes del sistema de endomembranas, a la superficie celular y al exterior de la célula.



Interpretación gráfica a partir de una fotomicrografía electrónica de un complejo de Golgi. Nótese las vesículas que se segregan de los bordes de las cisternas aplanadas.

Las diferentes etapas de este procesamiento químico ocurren en diferentes cisternas del complejo de Golgi y los materiales son transportados de una cisterna a la siguiente por medio de las vesículas. Después de completarse el procesamiento químico, el nuevo material de membrana, compactado dentro de las vesículas, es enviado a su destino final.



Interacción de los ribosomas, el retículo endoplásmico y el complejo de Golgi y sus vesículas.

Los ribosomas, el retículo endoplásmico y el complejo de Golgi y sus vesículas cooperan en la síntesis, procesamiento químico, empaquetamiento y distribución de macromoléculas y nuevo material de membrana.

Los lisosomas, un tipo de vesícula relativamente grande, formada en el complejo de Golgi, contienen enzimas hidrolíticas a las que aíslan de la célula y están implicados en las actividades digestivas intracelulares de algunas células. Estas enzimas están implicadas en la degradación de proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos. Para su óptima actividad, las enzimas hidrolíticas requieren de un medio ácido. Los lisosomas proveen este medio ya que su pH interno se mantiene cercano a 5. Las enzimas lisosomales son capaces de hidrolizar a todos los tipos principales de macromoléculas que se encuentran en una célula viva. Las enzimas hidrolíticas que los lisosomas liberan en las vacuolas, digieren su contenido. Las enzimas no destruyen la membrana de los lisosomas que las contienen.

Los peroxisomas son otro tipo de vesícula relativamente grande presente en la mayoría de las células eucarióticas; contienen enzimas oxidativas que remueven el hidrógeno de pequeñas moléculas orgánicas y lo unen a átomos de oxígeno formando peróxido de hidrógeno (H_2O_2), un compuesto que es extremadamente tóxico para las células vivas. Otra de las enzimas, la catalasa, escinde inmediatamente el peróxido de hidrógeno en agua e hidrógeno, evitando cualquier daño a las células. Los peroxisomas son particularmente abundantes en las células hepáticas, donde participan en la desintoxicación de algunas sustancias.

En las plantas, existen peroxisomas que cumplen funciones especiales como por ejemplo, los glioxisomas que, durante la germinación de la semilla, transforman los lípidos almacenados en azúcares. Otro tipo de peroxisoma, presente en las células fotosintéticas, participa en el proceso de fotorrespiración.

Las mitocondrias son organelas limitadas por membrana en las cuales las moléculas orgánicas que almacenan energía química son degradadas y la energía liberada es envasada en unidades más pequeñas.

En este proceso, la energía liberada es almacenada en moléculas de ATP que será utilizada luego en otros procesos celulares. En general, cuanto mayores son los requerimientos energéticos de una célula eucariótica en particular, más mitocondrias contiene.

Las mitocondrias pueden adoptar diferentes formas; están siempre rodeadas por dos membranas, la más interna de las cuales se pliega hacia adentro. Estos pliegues, conocidos como crestas, son superficies de trabajo para las reacciones mitocondriales. Las mitocondrias presentan vestigios de su vida como organismos independientes. Se reproducen por fisión binaria como las bacterias, tienen un pequeño genoma que codifica para algunas de sus proteínas y tienen además ribosomas similares a los procarióticos.

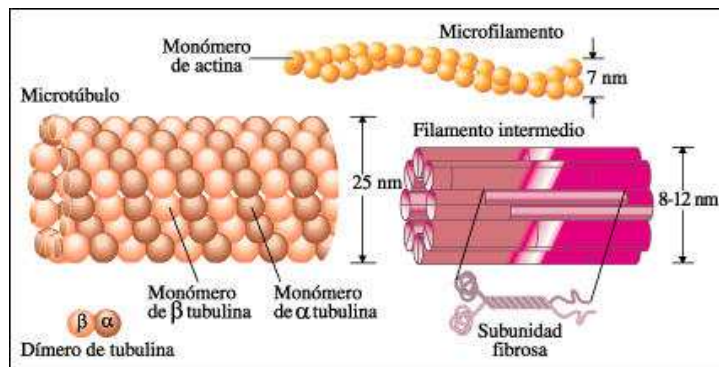
Los plástidos son organelas limitadas por membrana y se encuentran sólo en los organismos fotosintéticos. Están rodeados por dos membranas concéntricas, al igual que las mitocondrias, y tienen un sistema de membranas internas que pueden estar intrincadamente plegadas. Los plástidos maduros son de tres tipos: leucoplastos, cromoplastos y cloroplastos.

Los cloroplastos (chloro significa "verde") son los plástidos que contienen clorofila y en los cuales se produce energía química a partir de energía lumínica, en el proceso de fotosíntesis. Al igual que otros plástidos, están rodeados por dos membranas. Existe una tercer membrana interna -la membrana tilacoide que forma una serie complicada de compartimientos y superficies de trabajo. Al igual que las mitocondrias, los plástidos contienen múltiples copias de un pequeño genoma, así como ribosomas propios.

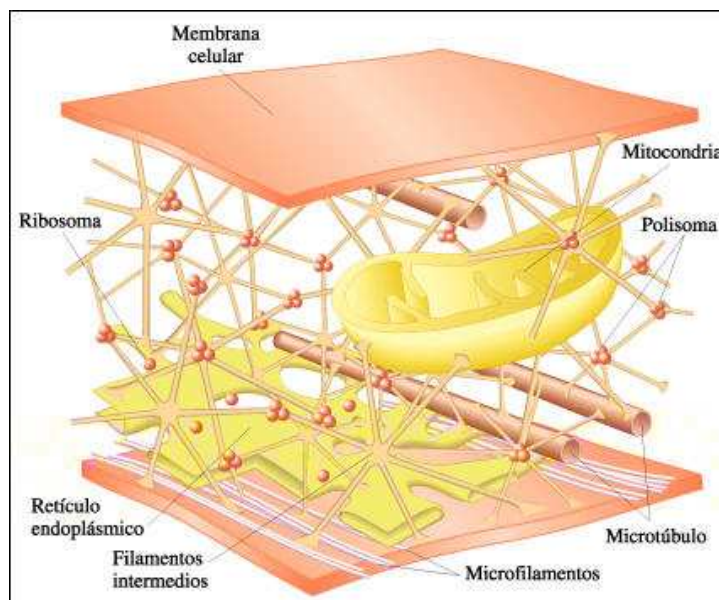
La observación del interior de la célula en tres dimensiones ha revelado interconexiones antes insospechadas entre estructuras de proteínas filamentosas dentro del citoplasma de células eucarióticas. Estas estructuras forman un esqueleto celular -el citoesqueleto- que mantiene la organización de la célula, le permite moverse, posiciona sus organelas y dirige el tránsito intracelular. Se han identificado tres tipos diferentes de filamentos como integrantes principales del citoesqueleto: los microtúbulos, los filamentos de actina (también conocidos como microfilamentos) y los filamentos intermedios.

Los microtúbulos son tubos huecos, largos, organizados a partir de dímeros de proteínas globulares, las tubulinas alfa y beta. Crecen por el agregado de dímeros y también pueden desarmarse por la eliminación de dímeros, de acuerdo con las necesidades de la célula y, en muchas células, se extienden radiando desde un "centro organizador" próximo al núcleo y terminan cerca de la superficie celular.

Los filamentos de actina son delicadas hebras de proteínas globulares. Cada filamento está constituido por muchas moléculas de actina unidas en una cadena helicoidal. Los filamentos de actina también pueden ser integrados y desintegrados fácilmente por la célula y también desempeñan papeles importantes en la división y la motilidad celular.

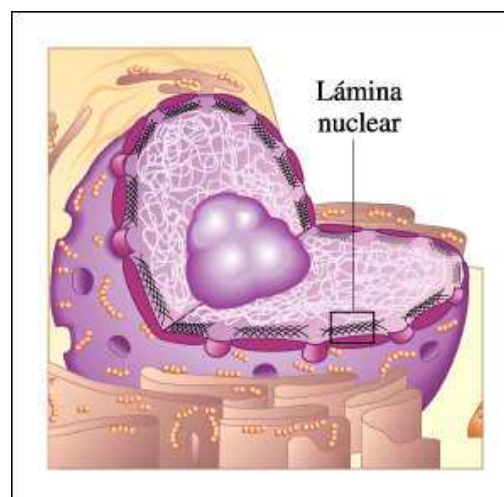


Esquema de un microtúbulo, un filamento de actina y un filamento intermedio.



En este corte esquemático de una célula se puede observar la disposición de los tres elementos principales del citoesqueleto.

Los filamentos intermedios, como lo indica su nombre, son intermedios en tamaño entre los microtúbulos y los filamentos de actina. A diferencia de los primeros, constituidos por subunidades de proteína globular, los filamentos intermedios están compuestos por proteínas fibrosas y no pueden ser tan fácilmente desintegrados por la célula una vez que han sido formados. Cada una de las moléculas proteicas que constituyen un filamento intermedio tiene una porción con forma de bastón de longitud constante, con regiones terminales que varían en su longitud y en su composición de aminoácidos. Los filamentos intermedios constituyen la lámina nuclear.



En este esquema se observa la disposición de los filamentos intermedios que forman la lámina nuclear. Este entramado de proteínas mantiene la forma del núcleo.

La lámina nuclear se interrumpe en los poros nucleares y actúa como soporte de la membrana nuclear interna. Los filamentos intermedios son particularmente prominentes en células que soportan tensión mecánica, como las células de la piel y el intestino.

El citoesqueleto y el movimiento

Todas las células exhiben alguna forma de movimiento. Aun las células vegetales, encerradas por una pared celular rígida, muestran movimientos del citoplasma dentro de la célula, movimientos cromosómicos y cambios de forma durante la división celular, además del movimiento de vesículas y organelas.

Los microtúbulos del citoesqueleto están involucrados en la división celular. Entre una división celular y otra, funcionan como "rieles" sobre los cuales se mueven unidireccionalmente proteínas motoras asociadas, llevando cargas especiales tales como organelas, vesículas llenas de hormonas, neurotransmisores o nutrientes.

Los microtúbulos son también componentes claves de los cilios y flagelos, estructuras permanentes usadas para la locomoción por muchos tipos de células. Estas estructuras largas y delgadas, presentes en las células eucarióticas, se extienden desde la superficie de muchos tipos de células eucarióticas. Los cilios y flagelos tienen la misma estructura, sólo que, cuando son cortos y aparecen en cantidades grandes se los llama cilios y cuando son más largos y más escasos se los llama flagelos. Las células procarióticas también tienen flagelos, pero su construcción es tan diferente de los de las células eucarióticas, que es útil darles un nombre diferente: undulipodios.

En muchos organismos unicelulares o multicelulares pequeños (como algunos pocos tipos de platelmintos), los cilios y los flagelos están asociados con el movimiento del organismo.

Por otra parte, la fuerza motriz de los espermatozoides humanos proviene de su poderoso flagelo único o "cola" y muchas de las células que tapizan las superficies existentes dentro de nuestro cuerpo, son ciliadas. Los óvulos humanos son impulsados hacia abajo por los oviductos a causa del batir de los cilios que tapizan las superficies internas de estos tubos. Los cilios y los flagelos se encuentran muy difundidos en el mundo vivo, sobre las células de los invertebrados, los vertebrados, las células sexuales de los helechos y otras plantas, así como en los protistas. Sólo unos pocos grupos grandes de organismos eucarióticos, como las algas rojas, los hongos, las plantas con flor y los gusanos redondos (nematodos), no tienen cilios ni flagelos en ninguna célula.

Los cilios y los flagelos eucarióticos, ya sean de un Paramecio o de un espermatozoide, tienen la misma estructura interna y se originan en los cuerpos basales.

Virtualmente todos los cilios y flagelos eucarióticos tienen la misma estructura interna que consiste en un anillo externo de nueve pares de microtúbulos que rodean a otros dos microtúbulos centrales (estructura 9+2). Los microtúbulos se deslizan unos sobre otros por la acción de la proteína dineína que funciona como una ATPasa. Los "brazos", los rayos y los enlaces que conectan los microtúbulos están formados por diferentes tipos de proteínas. Los cuerpos basales de los que arrancan los cilios y los flagelos, tienen únicamente nueve tripletes externos, sin microtúbulos centrales. El "eje de la rueda" en el cuerpo basal no es un microtúbulo, aunque tiene aproximadamente el mismo diámetro.

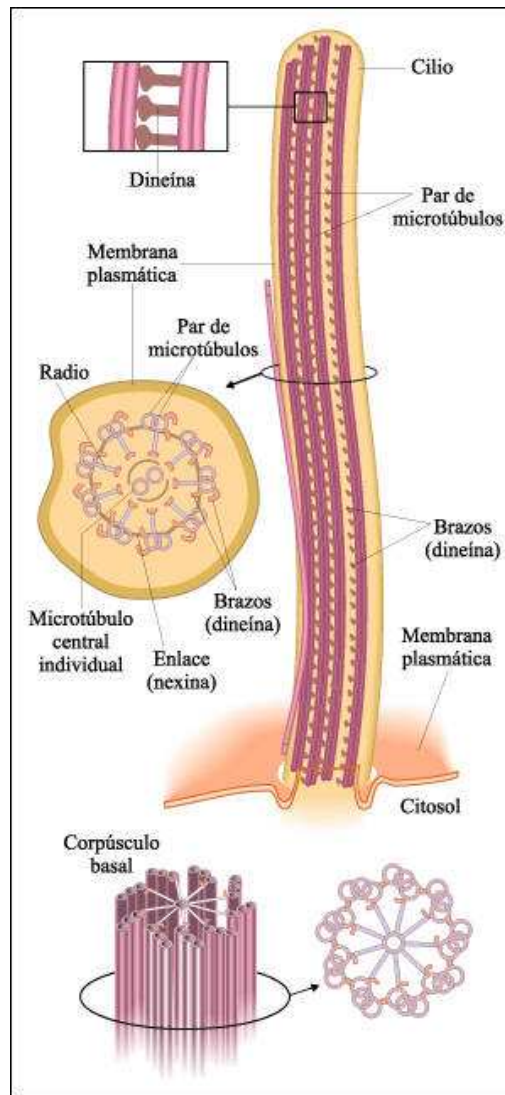
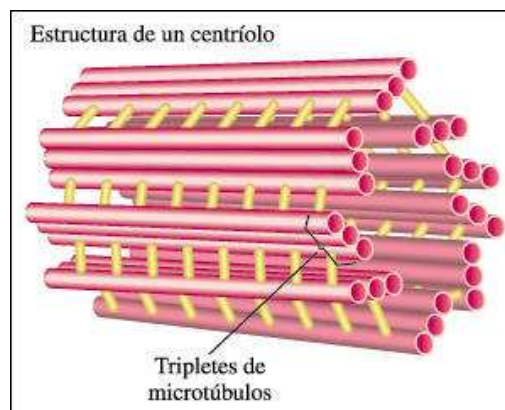


Diagrama de un cilio con su cuerpo basal subyacente.

Muchos tipos de células eucarióticas contienen centriolos. Los centriolos, que típicamente se encuentran en pares, son cilindros pequeños de aproximadamente 0,2 micrómetro de diámetro, que contienen 9 tripletes de microtúbulos.



Esquema que muestra la disposición de los microtúbulos en un centriolo de una célula de la mosca de la fruta, *Drosophila*. Los centriolos son estructuralmente idénticos a los cuerpos basales.

Su estructura es idéntica a la de los cuerpos basales; sin embargo, su distribución en la célula es diferente. Se encuentran sólo en aquellos grupos de organismos que también tienen cilios o flagelos (y, por lo tanto, cuerpos basales). Los centriolos habitualmente yacen en pares, con sus ejes longitudinales formando ángulos rectos, en la región del citoplasma próxima a la envoltura nuclear, el centrosoma, desde donde irradian los microtúbulos del citoesqueleto. El centrosoma es el principal centro organizador de microtúbulos y desempeña un papel en la organización de una estructura formada por microtúbulos, conocida como el huso mitótico, que aparece en el momento de la división celular y está relacionada con el movimiento de los cromosomas. Sin embargo, las células en las que los centrosomas no tienen centriolos, como las células de las plantas con flor, también son capaces de organizar microtúbulos para formar el huso.

Los filamentos de actina están presentes en una gran variedad de células, incluyendo células vegetales. Participan no solamente en el mantenimiento de la organización citoplásmica, sino también en la movilidad celular y en el movimiento interno de los contenidos celulares. En algunos casos, haces de otra proteína, conocida como miosina, actúan con los filamentos de actina para producir el movimiento celular. Además, algunas proteínas adicionales, que desempeñan funciones regulatorias, están asociadas con las moléculas de actina y miosina.

Los filamentos de actina, junto con la miosina, actúan como un tipo de "cordón de monedero" en las células animales durante la división celular, porque estrangulan al citoplasma para separar a las dos células hijas. En las células de las algas, los filamentos de actina se presentan en haces dondequiera que ocurra una corriente citoplasmática. El modo en que la actina y sus proteínas asociadas llevan a cabo el movimiento ameboide (modo en el que se desplazan las amebas y algunas células animales) y producen las corrientes citoplasmáticas es actualmente objeto de intensas investigaciones.

La actina y la miosina son también los componentes principales de los complejos conjuntos contráctiles que se encuentran en las células musculares de los vertebrados y en muchos otros animales. Esta organización especializada de la actina y la miosina hace posible los movimientos rápidos y coordinados de los animales, incluyendo los insectos, los peces, las aves, los caballos de carrera, y a nosotros mismos.



El cuarto Blanco - Biblioteca Web