



## ESTRUCTURA DE LA CÉLULA: ANIMAL Y VEGETAL

### MEMBRANA CELULAR

#### INTRODUCCIÓN

A fines del siglo pasado, se llevaron a cabo estudios bioquímicos y de permeabilidad que condujeron al descubrimiento de una estructura presente en todas las células, pero invisible al microscopio óptico. Esta estructura se conoce como membrana plasmática o plasmalema y tiene una naturaleza lipoproteica.

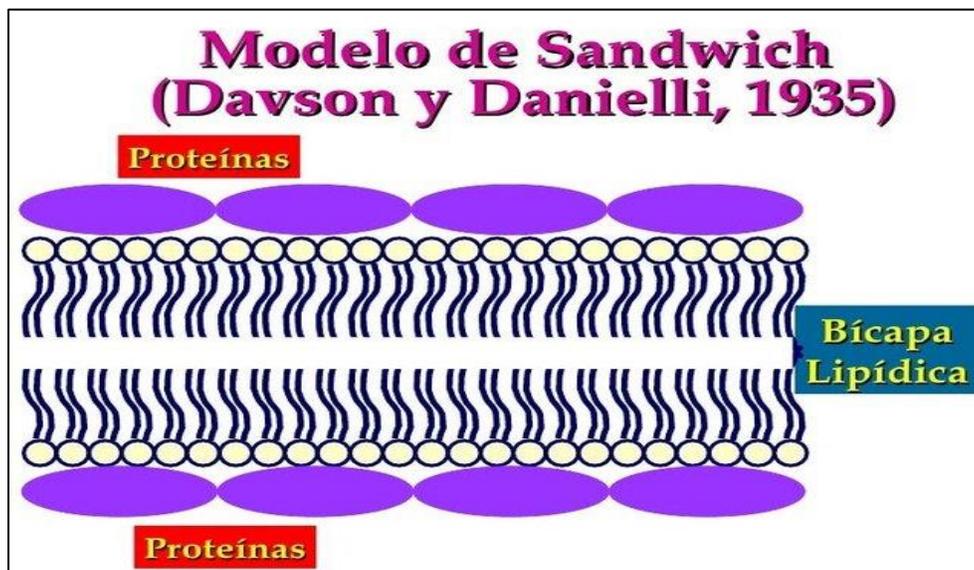
Antes de la década de 1950, los investigadores que estudiaron la membrana planteaban diferentes modelos hipotéticos debido a que el microscopio óptico no tenía suficiente poder de resolución para visualizar la estructura de la membrana. Estos modelos intentaban relacionar la composición química de la membrana con sus propiedades de permeabilidad.

Sin embargo, el desarrollo de técnicas de microscopía electrónica a partir de 1950 permitió observar la membrana citoplasmática con mayor detalle. Se descubrió que estaba formada por tres láminas con un grosor de aproximadamente 7.5-10 nm. Esta estructura trilaminar consistía en dos capas oscuras periféricas y una capa central clara. Se observó que esta organización no solo estaba presente en la membrana plasmática, sino también en las membranas de otros orgánulos celulares. Esto llevó a la introducción del concepto de "unidad de membrana" propuesto por Robertson, que sugiere que las membranas de diferentes orgánulos están compuestas por una estructura básica similar.

Sin embargo, en la actualidad se ha reconsiderado el concepto de unidad de membrana debido a que la imagen observada con microscopía electrónica puede ser más bien un artefacto de la técnica de fijación utilizada, en lugar de reflejar la verdadera estructura de las membranas celulares. Además, se ha demostrado que la composición química y la función de las membranas pueden ser diferentes entre células y dentro de una misma célula.

#### MODELOS MOLECULARES DE MEMBRANAS

La comprensión de la estructura molecular y las propiedades funcionales de la membrana plasmática ha sido objeto de investigación durante décadas. A lo largo del tiempo, se han propuesto varios modelos moleculares hipotéticos para explicar la organización de los componentes de la membrana. Uno de los primeros modelos fue el modelo de Davson-Danielli, que planteaba que la bicapa lipídica de la membrana estaba cubierta por dos capas de proteínas monomoleculares. Posteriormente, Lehninger modificó este modelo al incluir una capa externa de proteínas. Sin embargo, ninguno de estos modelos pudo explicar completamente la relación entre la estructura molecular y las funciones de la membrana en la célula.

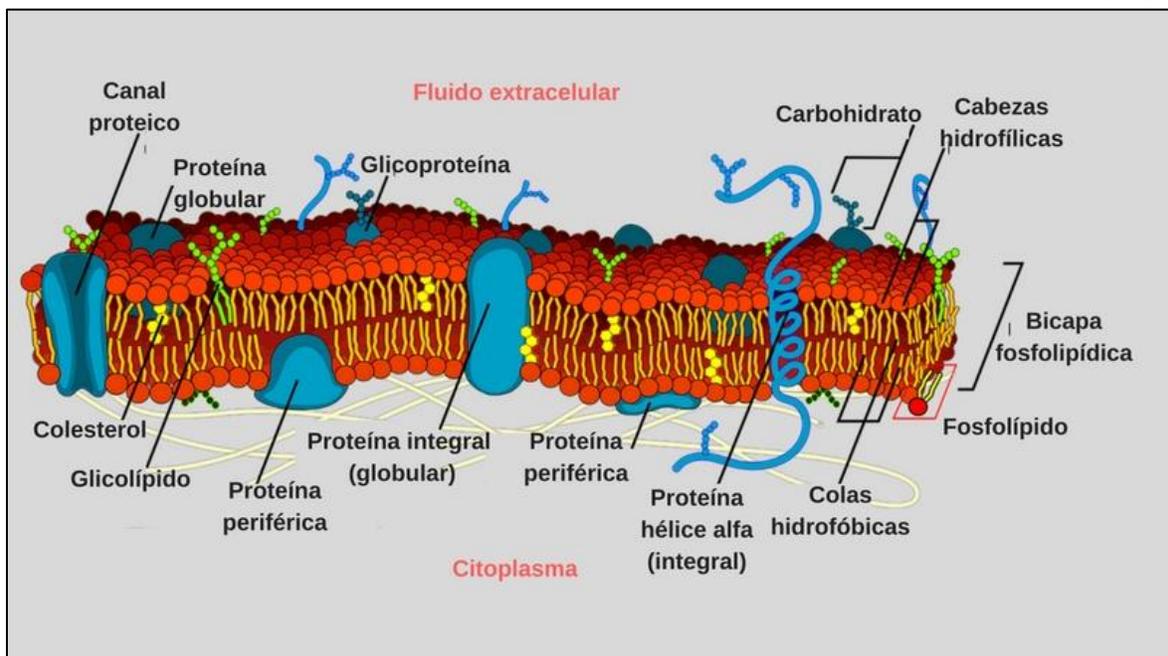


En la década de 1970, se realizaron estudios en membranas de eritrocitos que revelaron la cantidad suficiente de lípidos presentes en la membrana para formar una bicapa lipídica. Sin embargo, fue a través de las observaciones realizadas por Singer utilizando las técnicas de congelación-fractura y congelación-grabado que se obtuvieron avances significativos en la comprensión de la estructura de la membrana. En estas técnicas, se fractura la membrana a nivel central, separando las dos zonas proteicas. Contrariamente a lo que se esperaba, en la zona de fractura se observaron estructuras globulosas encajadas en la membrana, que posteriormente se identificaron como proteínas globulares.

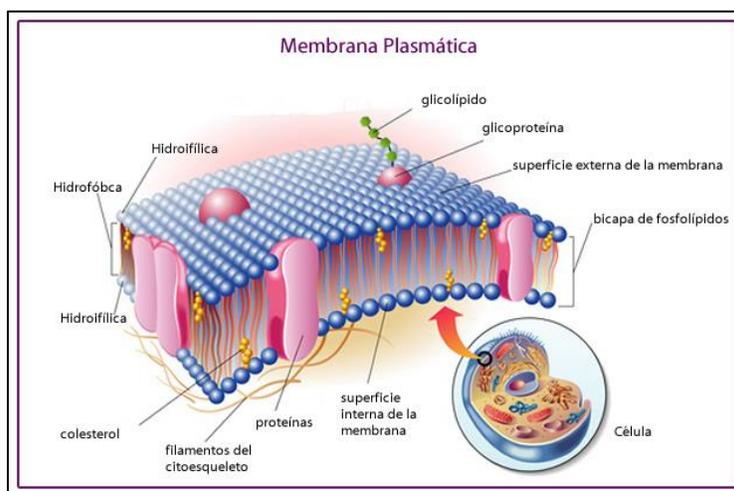
Estos hallazgos llevaron a un cambio en el concepto molecular de la membrana, particularmente en relación con las proteínas. En 1972, Singer y Nicholson propusieron el modelo de mosaico fluido. Este modelo describe una matriz lipídica en la que las proteínas se disponen en forma de mosaico, tanto en la periferia como a lo largo del espesor de la membrana. Tanto los lípidos como las proteínas tienen cierta movilidad lateral y rotacional debido a las interacciones no covalentes y a su estructura y composición molecular. Las proteínas que se encuentran en la periferia de la membrana se denominan proteínas periféricas o extrínsecas, mientras que las que atraviesan la bicapa lipídica se conocen como proteínas integrales o intrínsecas.

Este modelo del mosaico fluido sugiere la existencia de un mar de lípidos en el que se encuentran "témpanos" de proteínas. Además, muchas de las proteínas integrales de la membrana están directa o indirectamente asociadas con los microtúbulos y microfilamentos del citoplasma, lo que proporciona un soporte estructural y está relacionado con diversas funciones celulares.

Es importante destacar que la comprensión de la estructura y función de la membrana plasmática ha seguido evolucionando desde la proposición del modelo de mosaico fluido. Se han descubierto otros componentes, como los lípidos de membrana especializados y los dominios de lípidos y proteínas que confieren una organización espacial específica a la membrana. Además, se han identificado diversos mecanismos de interacción y señalización que ocurren en la membrana, lo que ha llevado a un mayor entendimiento de su importancia en la regulación de procesos celulares fundamentales.



### ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA MEMBRANA PLASMÁTICA



La estructura de la membrana celular es fundamental para su correcto funcionamiento, ya que desempeña un papel crucial en el mantenimiento de la integridad de la célula y en la regulación de las interacciones con su entorno. La membrana celular está compuesta por una variedad de moléculas, incluyendo lípidos, proteínas y carbohidratos, que trabajan en conjunto para llevar a cabo diversas funciones.

Los lípidos son los componentes más abundantes en la membrana celular y desempeñan un papel fundamental en su organización. Entre los lípidos presentes se encuentran los fosfolípidos, triglicéridos, esteroides y glicolípidos. Estos lípidos se organizan en una bicapa lipídica que forma la estructura básica de la membrana. La bicapa lipídica proporciona flexibilidad y fluidez a la membrana, permitiendo que se adapte a los cambios en el entorno celular. Además, el colesterol, presente en la bicapa lipídica, actúa como un regulador de la fluidez de la membrana, amortiguando los cambios bruscos en su estado fluido.



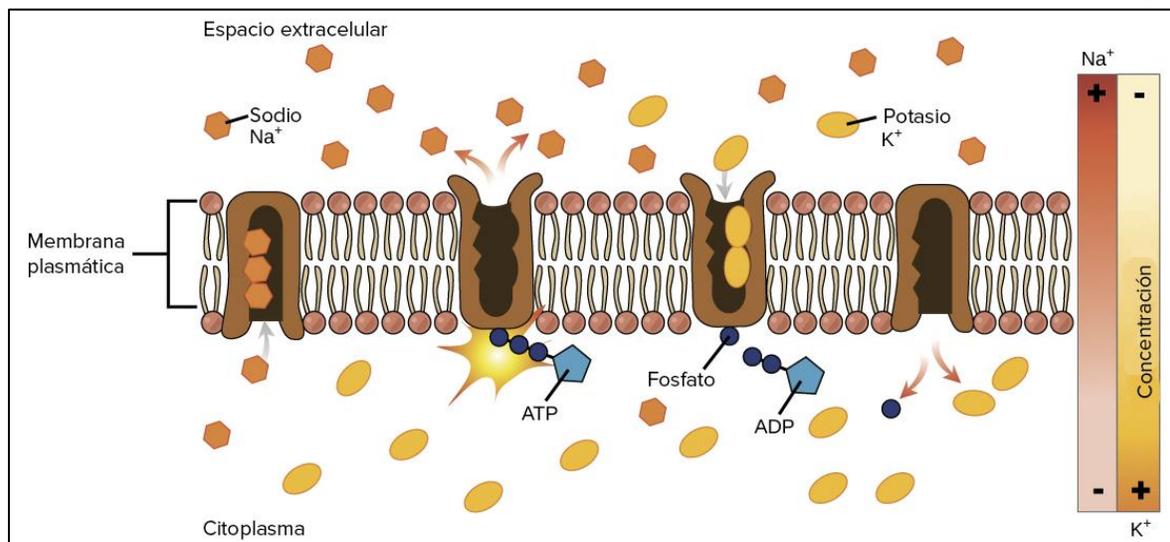
Las proteínas también son componentes esenciales de la membrana celular y desempeñan una amplia variedad de funciones. Pueden ser clasificadas en dos categorías principales: proteínas integrales y proteínas periféricas. Las proteínas integrales atraviesan completamente la bicapa lipídica, mientras que las proteínas periféricas se encuentran en la superficie de la membrana. Las proteínas integrales son responsables del transporte selectivo de moléculas polares, como iones, azúcares y aminoácidos, a través de la membrana. Además del transporte, las proteínas también pueden actuar como receptores de señales, enzimas y moléculas de adhesión celular, entre otras funciones importantes.

Los carbohidratos, por su parte, se encuentran unidos a los lípidos y a las proteínas, formando glicolípidos y glicoproteínas. Estos carbohidratos juegan un papel crucial en la comunicación celular y en el reconocimiento de células vecinas. La presencia de carbohidratos en la cara externa de la membrana confiere una asimetría estructural, creando una estructura filamentososa conocida como glicocálix, que rodea la membrana plasmática. Uno de los carbohidratos más comunes en la membrana celular es el ácido siálico, el cual, junto con grupos carboxilos, confiere una carga negativa a la superficie celular y participa en diversas interacciones celulares.

### PROPIEDADES FISIOLÓGICAS

La membrana celular es una estructura vital para el funcionamiento adecuado de las células, ya que posee diversas propiedades fisiológicas que desempeñan un papel fundamental en su función. Estas propiedades incluyen:

- **Permeabilidad selectiva:** La membrana celular es selectivamente permeable, lo que significa que regula el paso de moléculas y iones, permitiendo el ingreso de sustancias necesarias para la célula y evitando la entrada de otras no deseadas. Este control se logra gracias a la presencia de proteínas de transporte y canales iónicos en la membrana, que regulan selectivamente el movimiento de las moléculas a través de ella.
- **Transporte activo:** La membrana celular tiene la capacidad de realizar transporte activo, lo que implica el gasto de energía para mover moléculas o iones en contra de su gradiente de concentración. Este proceso se lleva a cabo mediante proteínas transportadoras que utilizan adenosín trifosfato (ATP) como fuente de energía. El transporte activo es esencial para mantener la homeostasis celular y permitir la acumulación de sustancias necesarias o la eliminación de desechos.
- **Endocitosis y exocitosis:** La membrana celular puede llevar a cabo procesos de endocitosis y exocitosis. La endocitosis es la captura de partículas o moléculas del medio extracelular mediante la formación de vesículas que se fusionan con la membrana celular internamente, permitiendo la entrada de sustancias al interior de la célula. Por otro lado, la exocitosis es la liberación de sustancias al medio extracelular a través de vesículas que fusionan con la membrana celular y liberan su contenido al exterior.
- **Comunicación celular:** La membrana celular desempeña un papel crucial en la comunicación entre células. A través de proteínas receptoras presentes en la membrana, las células pueden recibir señales químicas provenientes del entorno y responder a ellas. Estas señales pueden ser hormonas, neurotransmisores u otras moléculas señalizadoras que activan vías de transducción de señales y desencadenan respuestas celulares específicas.
- **Mantenimiento del potencial de membrana:** La membrana celular es responsable de mantener el potencial de membrana, que es la diferencia de carga eléctrica entre el interior y el exterior de la célula. Este potencial es crucial para la transmisión de señales eléctricas en células nerviosas y musculares, así como para el transporte de iones a través de la membrana y la regulación de la actividad celular.



## CITOPLASMA

El citoplasma es una solución ubicada en el interior de la membrana celular, presente en todas las células. Se trata de una sustancia gelatinosa que está compuesta principalmente por agua, sales y proteínas. El citoplasma alberga en su interior el núcleo en el caso de las células eucariotas, así como otros orgánulos celulares.

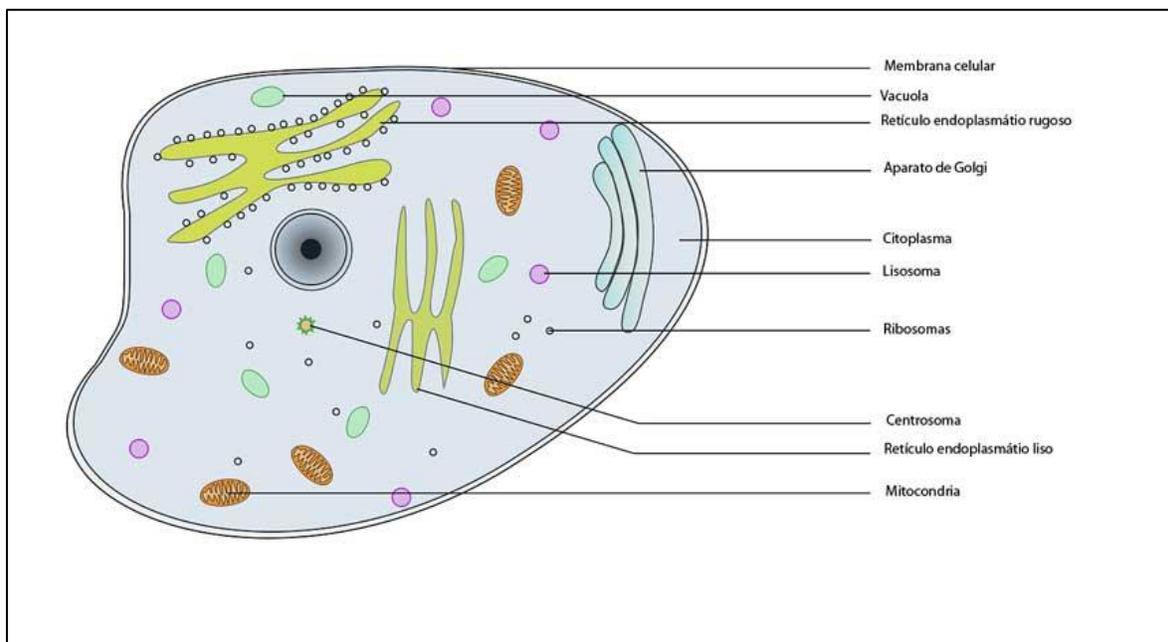
El citoplasma desempeña una serie de funciones esenciales para el funcionamiento celular. A continuación, se detallan las tres funciones primordiales del citoplasma:

- **Función de nutrición:** El citoplasma es el sitio donde ocurren numerosas reacciones químicas necesarias para el metabolismo celular. Aquí, las moléculas de nutrientes se unen al citoplasma y son modificadas o descompuestas en procesos como la glucólisis, el ciclo de Krebs y la respiración celular. Estas reacciones liberan energía que es utilizada por la célula para llevar a cabo sus actividades vitales.
- **Función de almacenamiento:** El citoplasma sirve como un lugar de almacenamiento para diferentes tipos de sustancias. Puede acumular nutrientes, como glucosa y lípidos, que son utilizados como reservas de energía cuando sea necesario. Además, también almacena otros compuestos importantes para la célula, como pigmentos, enzimas y sustancias de desecho.
- **Función estructural y de soporte:** El citoplasma, junto con su estructura de citoesqueleto, otorga forma y sostén a la célula. El citoesqueleto está formado por una red de filamentos proteicos, como microtúbulos, microfilamentos y filamentos intermedios, que se extienden por todo el citoplasma. Estos filamentos proporcionan estabilidad y rigidez a la célula, permitiendo su forma característica y brindando soporte a los desplazamientos celulares, como la división celular y el movimiento de los orgánulos.

El citoplasma se divide en tres partes fundamentales:

- **Matriz citoplasmática o citosol:** Es una sustancia homogénea y viscosa que constituye la mayor parte del citoplasma. Está compuesta principalmente por agua y proteínas solubles en ella. La matriz citoplasmática actúa como un medio para el transporte de moléculas, orgánulos y otras estructuras dentro de la célula.
- **Citoesqueleto:** Como se mencionó anteriormente, el citoesqueleto es una red de filamentos proteicos que se extienden por todo el citoplasma. Estos filamentos proporcionan soporte estructural a la célula, mantienen su forma y participan en diversos procesos celulares, como la división celular y el movimiento de orgánulos y vesículas.

- **Orgánulos:** Los orgánulos son estructuras especializadas que se encuentran suspendidas en el citoplasma. Estos orgánulos desempeñan funciones específicas dentro de la célula. Algunos ejemplos comunes son las mitocondrias, que producen energía en forma de ATP; el retículo endoplasmático, que participa en la síntesis de proteínas y lípidos; el aparato de Golgi, que se encarga del procesamiento y empaquetamiento de moléculas; y los lisosomas, que están involucrados en la digestión celular.



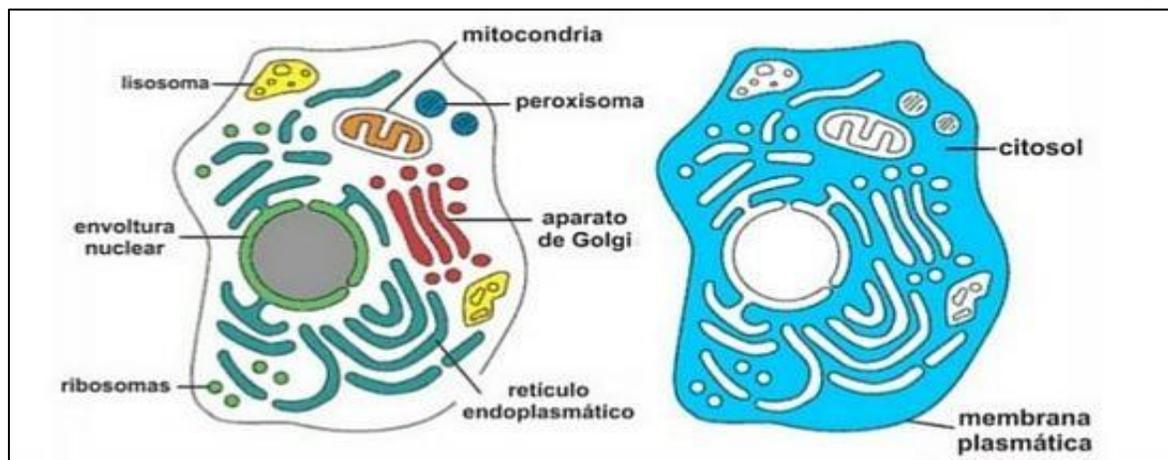
## CITOSOL

El citosol, una sustancia acuosa semifluida, desempeña un papel fundamental en las células animales al rodear a los orgánulos y al núcleo, convirtiéndose en el componente mayoritario en su volumen celular. Una de las características distintivas del citosol es su concentración de potasio, que es alta, mientras que su concentración de sodio y calcio es baja en comparación con el entorno extracelular.

Este medio acuoso no solo es un reservorio de iones, sino que también es un escenario dinámico donde ocurren diversas reacciones metabólicas clave para el funcionamiento celular. La glicólisis, un proceso esencial para la generación de energía tiene lugar en el citosol. Además, los ribosomas libres en el citosol son responsables de la traducción de proteínas, un paso crucial en la síntesis proteica. Asimismo, se desarrollan cascadas de señalización celular en este entorno activo, lo que permite la comunicación y coordinación entre las distintas partes de la célula.

El citosol no solo facilita la difusión de iones y segundos mensajeros necesarios para la transducción de señales, sino que también permite el movimiento de moléculas y vesículas, que actúan como mensajeros intracelulares, transportando componentes vitales hacia diferentes regiones de la célula. De esta manera, el citosol juega un papel crucial en la comunicación y el intercambio de materiales dentro de la célula.

Además de su función metabólica, el citosol alberga una estructura esencial conocida como citoesqueleto. Este entramado de filamentos proteicos altamente versátiles y plásticos actúa como el esqueleto y los músculos de la célula, proporcionando soporte estructural, permitiendo la forma y la movilidad celular, y facilitando el transporte intracelular. El citosol también sirve como un sitio de almacenamiento de moléculas de reserva, como gotas de grasa y glucógeno, que pueden ser utilizadas cuando se necesita energía adicional.



## CITOESQUELETO

El citoesqueleto es propio de las células eucarióticas. Es una estructura tridimensional dinámica que se extiende a través del citoplasma. Por lo tanto, la idea de que el citoplasma de la célula es una masa amorfa y gelatinosa es equivocada.

Esta matriz fibrosa de proteínas se extiende por el citoplasma entre el núcleo y la cara interna de la membrana plasmática, ayudando a definir la forma de la célula e interviniendo en la locomoción y división celular. Es decir que el citoesqueleto no sólo da estabilidad a la célula como un esqueleto, sino que es también como el músculo interviene en el movimiento celular. Por lo tanto, podríamos llamarlo también “citomusculatura”. Podemos agregar que el citoesqueleto condiciona el movimiento de las organelas del interior de la célula y tiene gran importancia metabólica, dando un andamiaje a los procesos moleculares que se realizan en el citoplasma.

El citoesqueleto es característico de las células eucariontes ya que está ausente en los procariontes. Por lo que podría ser un factor esencial en la evolución de los eucariotas

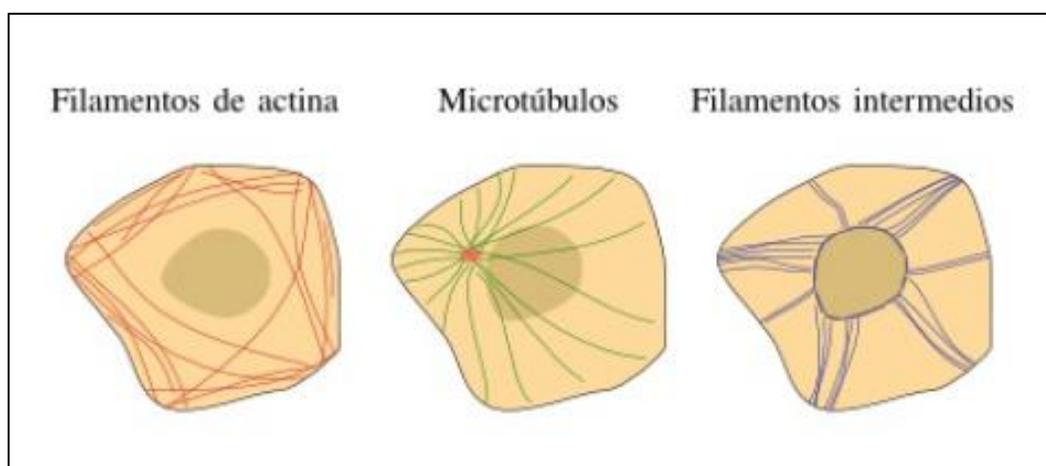
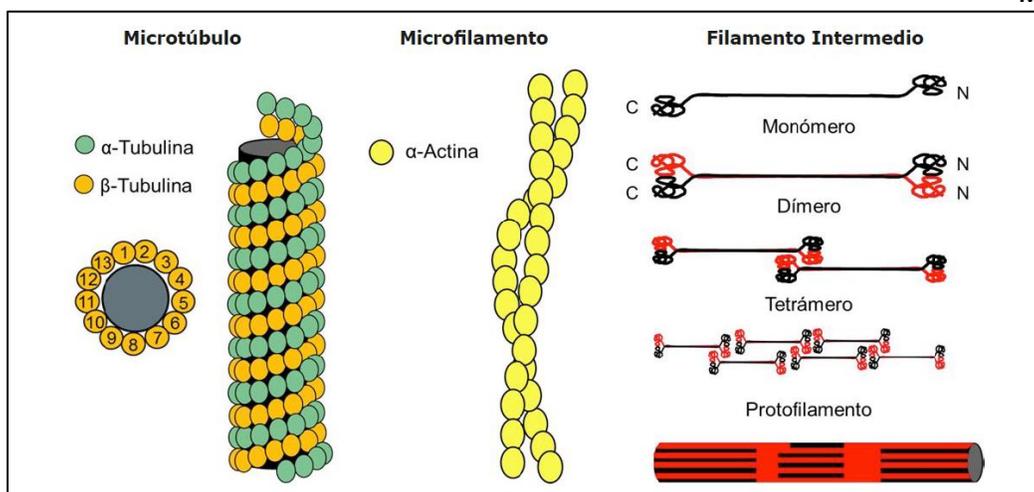
De esta forma podemos enunciar las siguientes funciones del citoesqueleto:

- Estabilidad y forma celular.
- Locomoción celular
- División celular
- Movimiento de los orgánulos internos
- Regulación metabólica

En los años 1950-1960, la microscopía electrónica consiguió sacar a luz tres sistemas distintos de filamentos del citoplasma. Estudios bioquímicos e inmunológicos posteriores identificaron el conjunto específico de proteínas que caracteriza a cada sistema de filamentos. Los tres sistemas primarios de fibras que componen el citoesqueleto son: microfilamentos, microtúbulos y filamentos intermedios.

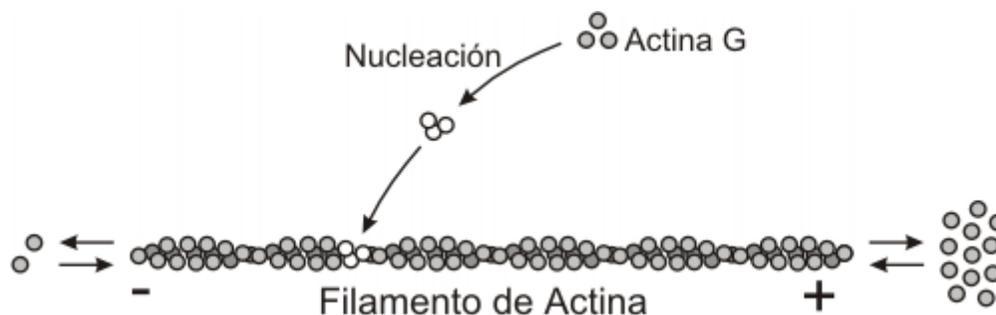
Estos sistemas primarios de filamentos (microfilamentos, filamentos intermedios y microtúbulos), están asociados a un conjunto de proteínas llamadas proteínas accesorias. Las proteínas accesorias cumplen distintas funciones y de acuerdo con estos roles se las clasifican en:

- Proteínas reguladoras: regulan los procesos de alargamiento (polimerización) y acortamiento (despolimerización) de los filamentos principales.
- Proteínas ligadoras: conectan los filamentos entre sí y con distintas estructuras celulares
- Proteínas motoras: sirven para la motilidad, contracción y cambios de forma celulares. También trasladan macromoléculas y organoides de un punto a otro del citoplasma.



## MICROFILAMENTOS

Son las fibras más delgadas de 3-6 nm, están formados por la proteína actina. La actina es una proteína con funciones contráctiles, es también la proteína celular más abundante. La asociación de estos microfilamentos de actina con la proteína miosina es la responsable de la contracción muscular. Los microfilamentos también pueden llevar a cabo los movimientos celulares, incluyendo desplazamiento, contracción y citocinesis.

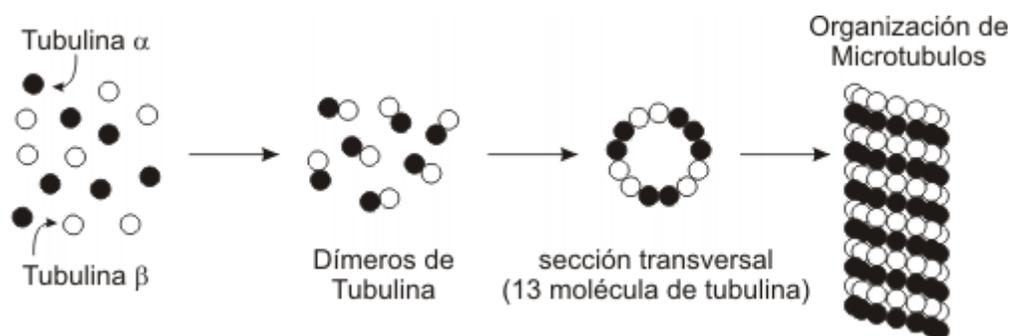


*Polimerización y despolimerización de los filamentos de actina. (a) actina G, (b) nucleación, (c) polimerización y despolimerización.*

La actina es la proteína base de los microfilamentos. El monómero es conocido como actina G, o actina globular. En presencia de ATP, se polimeriza formando largas hélices dobles, denominadas actina F, o actina filamentososa. Para que se lleve a cabo esta polimerización el ATP debe convertirse en ADP, liberando la energía necesaria para el proceso. La actina, presenta polaridad, tiende a polimerizarse (alargarse) y despolimerizarse (acortarse) a gran velocidad por un extremo más (el extremo positivo), y a realizar los mismos procesos por el otro extremo, menos (extremo negativo), a menor velocidad.

## MICROTÚBULOS

Los microtúbulos son tubos cilíndricos de 20-25 nm de diámetro. Están compuestos de subunidades de la proteína tubulina, estas subunidades se llaman alfa y beta. Los microtúbulos actúan como un andamio para determinar la forma celular, y proveen un conjunto de “pistas” para que se muevan las organelas y vesículas. Los microtúbulos también forman las fibras del huso para separar los cromosomas durante la mitosis y la meiosis. Cuando se disponen en forma geométrica dentro de cilios y flagelos, son usados para la locomoción (autopropulsión) o para mover líquido circundante o partículas (motilidad).



*Polimerización de la tubulina a partir de las tubulinas alfa y beta*

La tubulina es una proteína globular, de la que existen dos polipéptidos distintos, aunque similares, la alfa tubulina y la beta tubulina. La alfa y la beta tubulina se asocian y forman dímeros. En presencia de GTP, los dímeros de tubulina se unen y forman un tubo cuya parte central se mantiene vacía. Al igual que la actina F, los microtúbulos manifiestan polaridad, un extremo tiende a la polimerización o despolimerización a mayor velocidad (extremo +) y en el otro extremo ocurre lo mismo, pero a menor velocidad (extremo).

Los microtúbulos se organizan a partir de centros organizadores especializados, que controlan su localización y orientación en el citoplasma. El centro organizador principal en las células animales es el centrosoma, próximo al núcleo. El centrosoma está formado por estructuras en forma de anillo que contiene otro tipo de tubulina, la gama tubulina. Estos anillos actúan como centros de nucleación (crecimiento) de microtúbulos. Los dímeros de tubulina se añaden a los anillos de gama tubulina con una orientación específica, siempre el "extremo -" de cada microtúbulo queda dentro del centrosoma y el crecimiento se produce por el "extremo +".





### *Extremos + y - de un microtúbulo*

Las proteínas asociadas a los microtúbulos reciben el nombre de proteínas MAP (proteínas asociadas a los microtúbulos).

Por su localización, podemos clasificarlos en:

- Citoplasmáticos (célula en interfase)
- Mitóticos (fibra del huso)
- Ciliares (en el eje de los cilios)
- Centriolares (en cuerpos basales y centríolos)

### **FILAMENTOS INTERMEDIOS**

Los filamentos intermedios tienen 10 nm de diámetro y proveen fuerza de tensión (resistencia mecánica) a la célula. Según el tipo celular varían sus proteínas constitutivas. Podemos decir que existen seis tipos de filamentos intermedios:

- Neurofilamentos (en la mayoría de las neuronas).
- Filamentos de desmina, en el músculo.
- Filamentos gliales, en las células del mismo nombre, que sirven de soporte en el cerebro, médula espinal y sistema nervioso periférico.
- Filamentos de vimentina en células del tejido conjuntivo y en los vasos sanguíneos.
- Queratinas epiteliales, (o filamentos de queratina o también llamados tonofilamentos), en células epiteliales.
- Lamina filamentos, forman la lámina nuclear, una delgada malla de filamentos intermedios sobre la superficie interna de la envoltura nuclear. Son los únicos que no se encuentran en el citoplasma.

### **ORGANELOS CITOPLASMÁTICOS**

Los orgánulos citoplasmáticos, también conocidos como orgánulos celulares, son estructuras especializadas presentes en el citoplasma de las células eucariotas. Estos orgánulos desempeñan funciones vitales para el funcionamiento celular, contribuyendo a la organización, regulación y ejecución de diversas actividades celulares.

El citoplasma, un componente esencial de la célula, es el espacio que se encuentra entre la membrana plasmática y el núcleo. Dentro de este espacio, los orgánulos citoplasmáticos están dispersos de manera ordenada, cada uno con una estructura y función específicas.

Uno de los orgánulos más conocidos es la mitocondria, considerada la "central energética" de la célula debido a su papel crucial en la producción de energía en forma de ATP a través de la respiración celular. Otra estructura importante es el retículo endoplasmático, que se encarga de la síntesis y el transporte de proteínas, así como de la síntesis de lípidos. Además, encontramos el complejo de Golgi, responsable del procesamiento y empaquetamiento de proteínas para su distribución a otras partes de la célula o para su secreción al exterior. Los lisosomas, por su parte, contienen enzimas digestivas y participan en la degradación de moléculas y en la autodestrucción controlada de la célula, conocida como apoptosis.

Otros orgánulos citoplasmáticos incluyen los ribosomas, que se encargan de la síntesis de proteínas, y el citoesqueleto, una red de filamentos que brinda soporte estructural y permite el movimiento celular. También están presentes los peroxisomas, implicados en la desintoxicación celular, y las vacuolas, que participan en el almacenamiento de sustancias y el mantenimiento de la presión osmótica.

En conjunto, los orgánulos citoplasmáticos constituyen una intrincada red de estructuras y funciones que permiten la supervivencia y el funcionamiento adecuado de la célula. Su interacción coordinada y sus actividades especializadas son

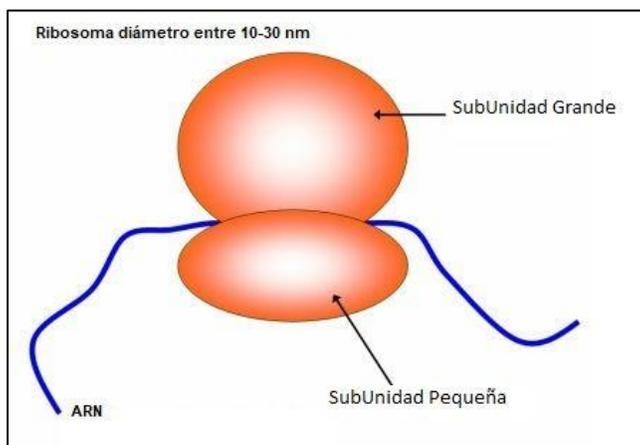
fundamentales para el mantenimiento del equilibrio homeostático, el metabolismo celular y la respuesta a estímulos ambientales.

Cabe destacar que la presencia, estructura y función de los orgánulos citoplasmáticos pueden variar en diferentes tipos de células y organismos, adaptándose a las necesidades específicas de cada uno. Estos orgánulos, estudiados a través de técnicas de microscopía y bioquímica, continúan siendo objeto de investigación científica para comprender mejor su diversidad y contribución en la complejidad de la vida celular.

## ORGÁNULOS SIN MEMBRANA

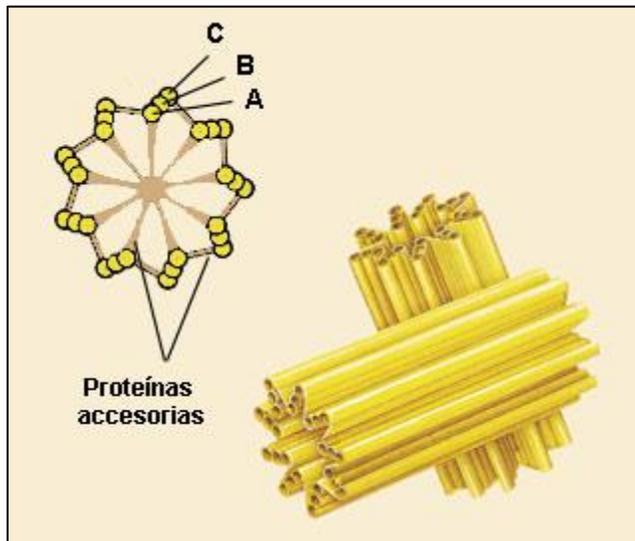
### RIBOSOMAS

Son partículas de pequeño tamaño formadas por ARN y proteínas. Se componen de dos subunidades. La formación de la subunidad de menor tamaño se debe a la llegada de proteínas ribosomales al nucléolo, que sería la parte de la célula donde se fabrica el ARNr, es decir, el ARN ribosómico (ya que como sabemos existen tres tipos diferentes de ARN). Cuando la parte de menor tamaño se ha formado, se traslada al citoplasma de la célula uniéndose al ARNm (ARN mensajero). Posteriormente, se unen las dos unidades y el ribosoma quedaría completamente formado. Los ribosomas permanecen pegados a la membrana del retículo endoplasmático rugoso o bien en el citoplasma. Estos orgánulos se encuentran tanto en células procariontas como eucariotas.



### CENTRIOLOS

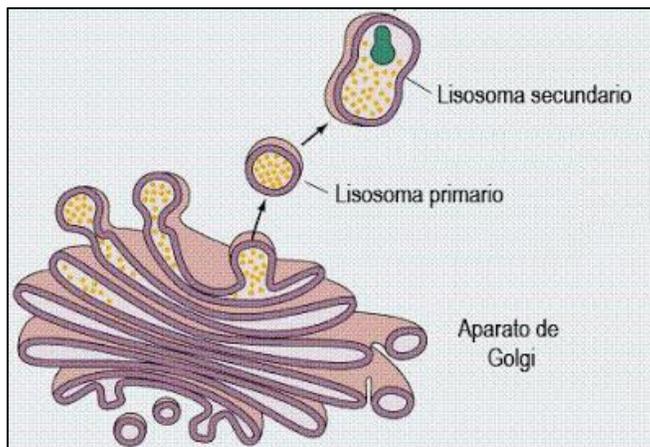
Estos orgánulos se encuentran exclusivamente en las células animales. Por cada célula hay dos centriolos, de pequeño tamaño y forma cilíndrica (se asemejarían a dos tubitos), que aparecen y desaparecen durante la división del núcleo de la célula, debido a la función que estos tienen y que veremos en el siguiente apartado.



## ORGÁNULOS CON UNA SOLA MEMBRANA

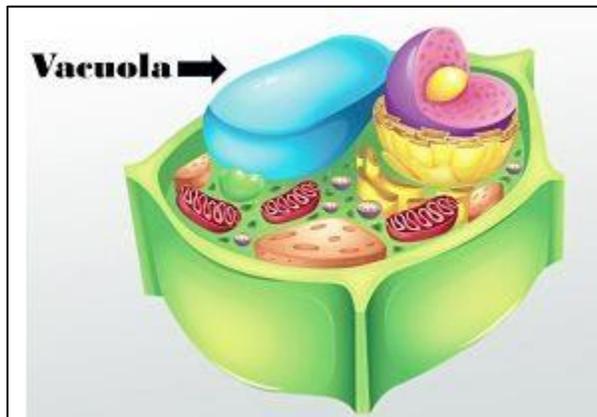
### LISOSOMAS

Son vesículas de pequeño tamaño formadas por una membrana que incluyen enzimas hidrolíticas, necesarias para la función que los lisosomas tienen en la célula y que veremos en el siguiente apartado. Se forman en el aparato de Golgi, y algunas de las enzimas que contienen se forman en los ribosomas.



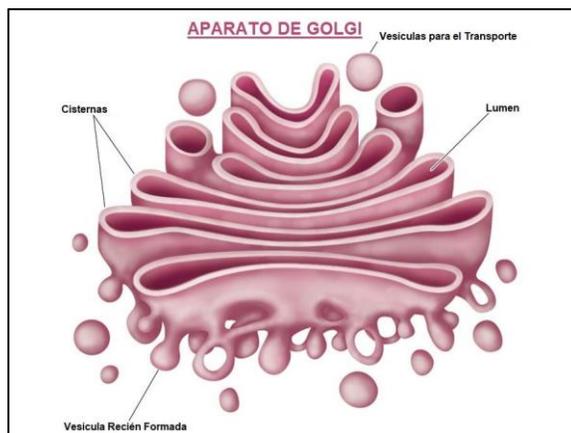
### VACUOLAS Y VESÍCULAS

Estos orgánulos tienen forma de saco o bolsa. Están formados por una membrana y se producen o bien en el retículo endoplasmático o bien con membrana de la membrana plasmática de la célula. La diferencia entre vacuolas y vesículas es principalmente su tamaño, ya que las vacuolas son más grandes que las vesículas. Generalmente las vacuolas se encuentran en las células vegetales, y debido a su gran tamaño y la posición central que ocupan en ellas, desplazan el núcleo de estas a una esquina; mientras que las vesículas son de menor tamaño (son como esferas) y por lo tanto son más numerosas, se encuentran en las células animales.



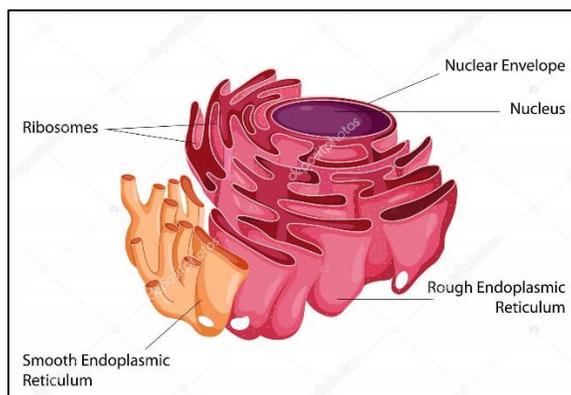
### APARATO DE GOLGI

Es un conjunto de vesículas que componen un sistema membranoso formado por sacos aplanados, a los que se les llaman cisternas. Estas cisternas se encuentran en contacto con el retículo endoplasmático y a su vez están intercomunicadas entre sí.



### RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO

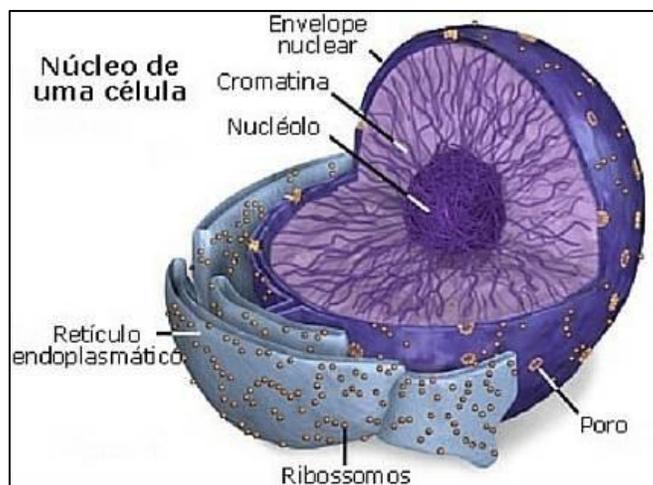
Es una red de membranas que está formada por un conjunto de sacos aplanados y de conductos tubulares interconectados. Se divide en dos tipos: si lleva adosados ribosomas recibe el nombre de rugoso, y si carece de ellos se llama liso. Las membranas que forman el retículo endoplasmático rugoso se conectan con la membrana del núcleo de la célula.



## ORGÁNULOS CON DOBLE MEMBRANA

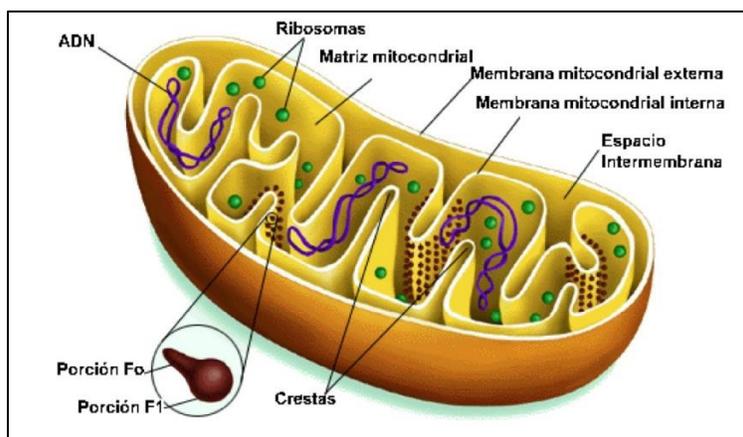
### NÚCLEO

Es una parte esencial de las células procariotas, tiene forma esférica y está delimitado por una membrana. En el interior del núcleo se encierran los ácidos nucleicos (el ADN y el ARN). Generalmente el ADN se encuentra descondensado, formando la cromatina, y cuando se condensa forma los cromosomas. La membrana que delimita al núcleo está formada por una doble membrana, que conecta con el retículo endoplasmático. Esta membrana está repleta de poros, por los cuales entra el ARN mensajero transportando información para ser descodificada. El núcleo estaría compuesto por la membrana nuclear, el nucleoplasma y el nucléolo.



### MITOCONDRIAS

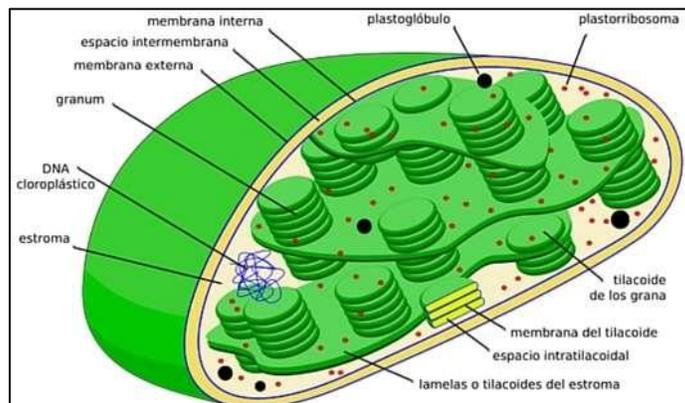
Son orgánulos que tienen una forma esférica y alargada, con una doble membrana. Las mitocondrias proceden por división de mitocondrias que ya existían anteriormente, por lo que poseen su propio ADN independiente del núcleo. Al estar formadas por una doble membrana existe entre ambas un espacio o cápsula externa. La membrana interna posee repliegues hacia el interior, denominados crestas. En el interior de la mitocondria se encuentra la matriz (que se asemejaría al citoplasma de la célula).



### CLOROPLASTOS

Estos orgánulos se encuentran exclusivamente en las células vegetales. Los cloroplastos son los que dan color a las células que los contienen, gracias a sus pigmentos. Están formados por una membrana exterior y una membrana interior,

separadas por el espacio intermembranal. El estroma es el líquido que equivaldría al citoplasma, en el estroma se encuentran los tilacoides, que tienen aspecto de monedas apiladas, formando granas (conjunto de tilacoides).



### FUNCIONES DE LOS ORGÁNULOS

- **Ribosomas:** estos orgánulos se encargan de la síntesis de proteínas, una función muy importante en la célula ya que la proteína que fabrique esa célula determinará su función en el organismo.
- **Centriolos:** son orgánulos que se encargan de la formación del huso acromático durante la división celular, por eso decíamos que aparecen y desaparecen durante ese proceso, ya que cuando la célula va a comenzar a dividirse aparecen, y cuando este proceso finaliza desaparecen.
- **Microtúbulos y filamentos:** la función de estos orgánulos es formar el citoesqueleto de la célula.
- **Lisosomas:** al tener una estructura esférica, acogen en su interior sustancias complejas para digerirlas, transformarlas en sustancias más sencillas y así facilitar el trabajo a las mitocondrias. Para ellos contienen enzimas relacionados con la digestión y oxidación de macromoléculas.
- **Vacuolas y vesículas:** funcionan principalmente como almacén de nutrientes y productos de desecho. En particular, las vacuolas almacenan gran cantidad de agua.
- **Aparato de Golgi:** en las cisternas que forman este orgánulo se acumulan sustancias procedentes del retículo endoplasmático y se segregan al exterior mediante pequeñas vesículas que se forman en su periferia.
- **Retículo endoplasmático:** al dividirse en RER y REL cada una de sus partes se encarga de una función. El retículo endoplasmático rugoso se encarga de distribuir los productos o moléculas que la célula ha fabricado. Además, como en su superficie hay ribosomas, se sintetizan algunas proteínas. El retículo endoplasmático liso se encarga de sintetizar lípidos, con la misión de reemplazar o crear membranas.
- **Núcleo:** es como el corazón y el cerebro de la célula. En su interior se descifra toda la información genética para que la célula pueda realizar correctamente su función, además se produce la replicación y la síntesis de ARN.
- **Mitocondrias:** en ellas tienen lugar las reacciones de oxidación de las moléculas orgánicas, que producen la energía necesaria para que la célula pueda realizar sus funciones vitales.
- **Cloroplastos:** en ellos se lleva a cabo la fotosíntesis, gracias a la clorofila que hay en su interior y que atrapa energía luminosa. La fotosíntesis se puede llevar a cabo gracias a las enzimas catalizadoras que hay en los estromas de los cloroplastos.

## NÚCLEO

Cuando hablamos de núcleo celular, hacemos referencia a un orgánulo membranoso, que se ubica en la parte central de las células eucariontes o eucariotas. En el mismo, se encuentra la mayor parte de la información genética celular, la cual se organiza en diversas moléculas de ADN, formando complejos con varias proteínas, unas de ellas son las histonas, que forman los cromosomas.

El conjunto de genes de los cromosomas es llamado genoma celular. Y el núcleo debe encargarse de mantener esos genes resguardados y completos, controlando actividades de la célula y regulando la expresión génica. Es por ello por lo que el núcleo es mejor conocido como el centro de control total de las células.

La envoltura nuclear es la principal estructura que lo constituye, la cual es una membrana doble que rodea todo el orgánulo, separándolo del contenido citoplasmático, además posee poros nucleares, los cuales hacen posible que pase la expresión de los genes y se mantengan los cromosomas.

A pesar de que el núcleo no posee compartimientos membranosos en la parte interna, su contenido no se dispone de manera uniforme, ya que existen cuerpos sub nucleares dentro del mismo, conformados por proteínas, moléculas de ARN y varios segmentos de cromosomas. Uno de estos cuerpos es el nucléolo, encargado de la síntesis en los ribosomas, los cuales son enviados al citoplasma traduciendo el ARN.

## HISTORIA Y ORIGEN DEL NÚCLEO CELULAR

El primer orgánulo descubierto fue, precisamente, el núcleo celular, aunque no en humanos. Es posible que la imagen más antigua que se tiene del núcleo celular corresponda a un dibujo realizado por el microscopista, Antón Van Leeuwenhoek, quien murió en 1723.

El especialista dilucidó un punto hueco o “lumen”, es decir, el núcleo celular, en eritrocitos de un salmón. A diferencia de los mamíferos, los eritrocitos de otras especies vertebradas poseen núcleos.

Posteriormente, el núcleo celular también obtuvo notoriedad por los estudios de Franz Bauer en 1804 y fue descrito con mayor detalle por el botánico escocés, Robert Brown, quien habló sobre él en una charla ante la Sociedad Linneana londinense, en 1831.

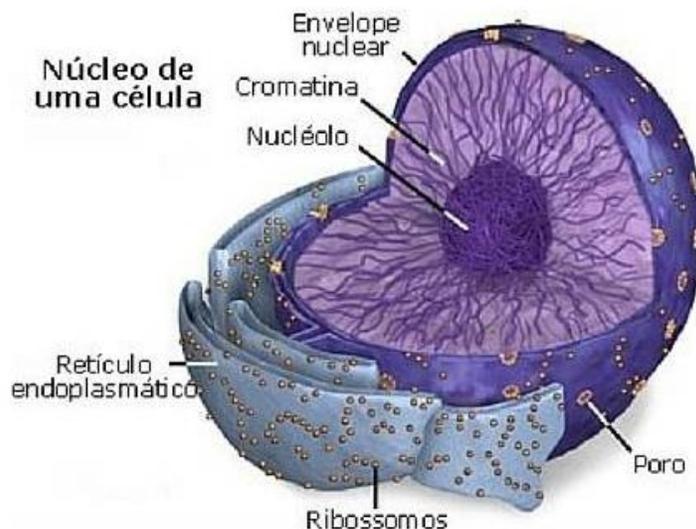
Brown logró obtener la información tras la evaluación microscópica de orquídeas, cuando logró ver un punto opaco, al cual llamó areola o núcleo, ubicado en las células de la capa exterior de la flor.

Sin embargo, para el momento no estableció una función específica para esta curiosa mancha.

Fue hasta 1838 que Matthias Schleiden se atrevió a precisar el funcionamiento del núcleo, como una estructura que formaba parte de la generación de células, razón por la cual le nombró “citoblasto”, que significa “constructor de células”. Durante su observación pensó haber visto nuevas células alrededor del núcleo.

Pronto enfrentó oposición de otros estudiosos, especialmente de Franz Bauer, quien defendió que las células se multiplicaban por división, afirmando que estas no contenían núcleo. Lo cierto es que ambas teorías, tanto la generación de células por citoblasto o separación iba en contra de los trabajos de Robert Remak y Rudolf Virchow.

Tanto Remak como Virchow (1855) mantuvieron que las células solo eran producidas por otras células, conclusión que dieron a conocer ampliamente en el mundo científico. Lo cierto es que hasta entonces la función del núcleo celular seguía sin ser clara.



## FUNCIONES DEL NÚCLEO

El núcleo celular ostenta una tarea fundamental en el organismo: garantizar la integridad de los genes y regular la actividad celular, mediante el control de la expresión génica. Asimismo, debe fungir como mediador en la replicación del ADN, que se da justo en el ciclo celular.

El núcleo celular focaliza la transcripción en el citoplasma, permitiendo nivelar ciertas actividades que no pueden llevar a cabo las procariontas. Sus funciones principales son tres y todas guardan relación con la conformación del ADN que contiene: Resguardar los datos genéticos en el ADN, restablecer la información guardada en el ADN, ahora como ARN, y realizar, conducir y controlar las tareas citoplasmáticas, por medio de las proteínas en los genes.

De igual forma, en el núcleo celular se llevan a cabo procesos vitales que dan lugar a estos otros procesos:

- La duplicación del ADN y su posterior unión con las proteínas, específicamente las histonas, para poder generar la cromatina.
- La llamada “transcripción de los genes” a ARN y la transformación de ellos a sus estados maduros, algunos de los cuales se trasladan al citoplasma para el proceso de traducción.
- La regulación de la expresión genética.

## CARACTERÍSTICAS DEL NÚCLEO

- Es el orgánulo más grande ubicado en las células animales, teniendo un tamaño en las células de los mamíferos de unos 6 micrómetros, ocupando el 10% del volumen de la célula. Y en los vegetales mide unos 5 a 25 micrómetros, lo que hace posible que se vea con un microscopio óptico. En los hongos en cambio, es más pequeño, llegando a medir al menos 0,5 micrómetros.
- Posee un líquido viscoso dentro llamado nucleoplasma, siendo similar al líquido del citosol, ubicado en la parte externa del núcleo.
- Es un orgánulo con forma esférica y bastante densa.
- Consta de una envoltura nuclear la cual evita que pequeñas moléculas se difundan de modo libre en el nucleoplasma y el citoplasma.
- Posee una lámina nuclear que envuelve la cara interna y se compone por proteínas, que se sintetizan en el citoplasma para entrar al núcleo.



## ESTRUCTURA DEL NÚCLEO

### ENVOLTURA NUCLEAR

La envoltura nuclear está formada por una doble membrana con poros, que controla y regula la comunicación entre el citoplasma y el nucleoplasma. Dentro de la envoltura nuclear se encuentran los siguientes elementos:

- Membrana externa: está comunicada con el retículo endoplasmático rugoso y realiza sus mismas funciones.
- Membrana interna: tiene unas proteínas en la membrana que constituyen la lámina nuclear. Entre la membrana externa e interna se encuentra el espacio perinuclear o intermembranoso.
- Lámina nuclear o lámina fibrosa: es una capa densa de proteínas fibrilares con características semejantes a los filamentos intermedios del citoesqueleto situada debajo de la membrana interna.
- Poros: cada poro está formado por una serie de proteínas que lo rodean, el llamado complejo del poro nuclear. Se trata de una estructura anular formada por ocho gránulos.

La envoltura nuclear realiza las siguientes funciones: separa el nucleoplasma del citosol; regula el intercambio de sustancias a través de los poros; interviene en la constitución de los cromosomas previa a la división celular; participa en la distribución de las masas de cromatina en el nuevo núcleo.

### EL NUCLEOPLASMA O CLARIOPLASMA

Es el medio interno del núcleo. Es una dispersión coloidal en forma de gel, compuesta de agua, sales disueltas y proteínas. Presenta una red de proteínas fibrilares que constituyen una estructura tridimensional que mantiene fijos el nucléolo y las fibras de cromática.

### EL NUCLÉOLO

Es un corpúsculo esférico carente de membrana que se encuentra en el interior del núcleo. Está constituido básicamente por ARN y proteínas y sintetiza el ARN nuclear para llevar a cabo la formación de los ribosomas. Se distinguen dos zonas:

- zona fibrilar: se encuentra en el interior y está constituida por ARN nuclear (ARNn) asociado a proteínas.
- zona granular: suele estar en la periferia del núcleo y está formada por ARN ribosómico (ARNr) asociado a proteínas, que da lugar a subunidades ribosómicas (en proceso de maduración).

La función principal del nucléolo es la biosíntesis de ribosomas desde sus componentes de ADN para formar ARN ribosomal. Está relacionado con la síntesis de proteínas. En células con una síntesis proteica intensa hay muchos nucléolos. Aunque el nucléolo desaparezca en división, algunos estudios actuales aseguran que regula el ciclo celular. La estructura granular homogénea de los nucléolos puede ser observada con microscopía electrónica.

### CROMATINA

En el núcleo en interfase, el material genético está formado por cromatina. La cromatina consiste en largos filamentos de ADN asociados a unas proteínas llamadas histonas. Cuando la célula se va a dividir, los filamentos de cromatina se condensan y forman los cromosomas, más cortos y gruesos.

En eucariotas, cada cromosoma está formado por una sola molécula de ADN lineal.

### LOS CROMOSOMAS

Los cromosomas son los filamentos de material genético (ADN y proteínas) que aparecen en la célula cuando está en división. La cromatina se condensa para poder repartir la información genética de la célula madre entre las dos células hijas.

Un cromosoma tiene la siguiente estructura:

- Dos cromátidas hermanas. El ADN de cada cromátida es idéntico, por lo que se les llama cromátidas hermanas.
- Centrómero. Lugar en el que se unen las dos cromátidas hermanas.
- Brazos. Cada cromátida está formada por dos brazos que pueden tener la misma o distinta longitud, según el cromosoma. Cada brazo es la parte la cromátida que va desde el centrómero hasta el telómero.
- Telómeros. Son los extremos de los brazos.

## NÚMERO DE CROMOSOMAS

El número de cromosomas que tiene una especie es el mismo para todas las células (excepto los gametos) de todos los individuos de esa especie. Este número es característico de la especie y sus cromosomas siempre tienen tamaño y forma constante. El número de cromosomas no tiene una relación directa con la complejidad del ser vivo. Por ejemplo, los humanos tenemos 46 cromosomas, la mosca, 12, el perro, 78, y los chimpancés, 48 cromosomas.

La mayor parte de las células de los organismos son diploides ( $2n$ ), con dos juegos de cromosomas idénticos en forma y tamaño, aunque posiblemente distinta información genética, ya que uno procede del padre y otro de la madre. A estos cromosomas se les llama cromosomas homólogos.

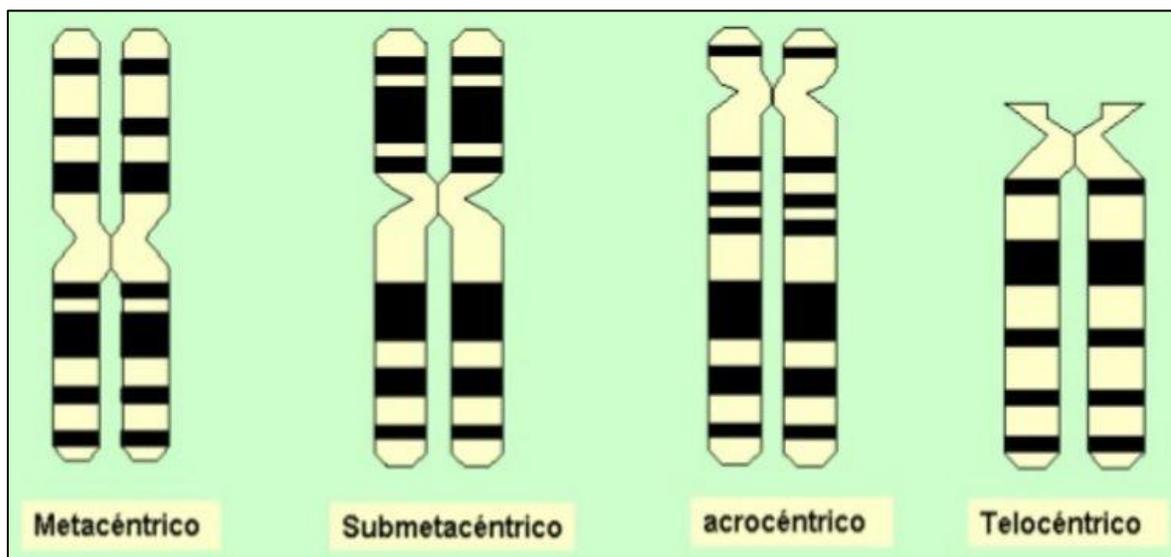
Los gametos o células reproductoras (y algunos otros organismos) son células haploides ( $n$ ), y no tienen cromosomas homólogos. Tienen la mitad de los cromosomas porque se unirá a otro gameto para formar el nuevo individuo que sí será diploide. Por ejemplo, los óvulos y espermatozoides humanos tienen 23 cromosomas, que cuando se produzca la fecundación darán lugar a un cigoto (diploide) de 23 parejas de cromosomas homólogos.

Más raro, pero también hay organismos poliploides, con varios juegos de cromosomas ( $3n$ ,  $4n$ , etc.).

## TIPOS DE CROMOSOMAS

Según la forma de los cromosomas, se distinguen varios tipos de cromosomas según la posición del centrómero:

- Cromosomas metacéntricos. El centrómero está situado en la mitad del cromosoma, por lo que los brazos tienen la misma longitud.
- Cromosomas submetacéntricos. Los brazos son ligeramente desiguales porque el centrómero se encuentra desplazado a uno de los extremos.
- Cromosomas acrocéntricos. Los brazos tienen distinta longitud, uno es bastante más largo que el otro, porque el centrómero está muy desplazado hacia un extremo.
- Cromosomas telocéntricos. El centrómero está en un extremo del cromosoma, por lo que sólo existe un único brazo.

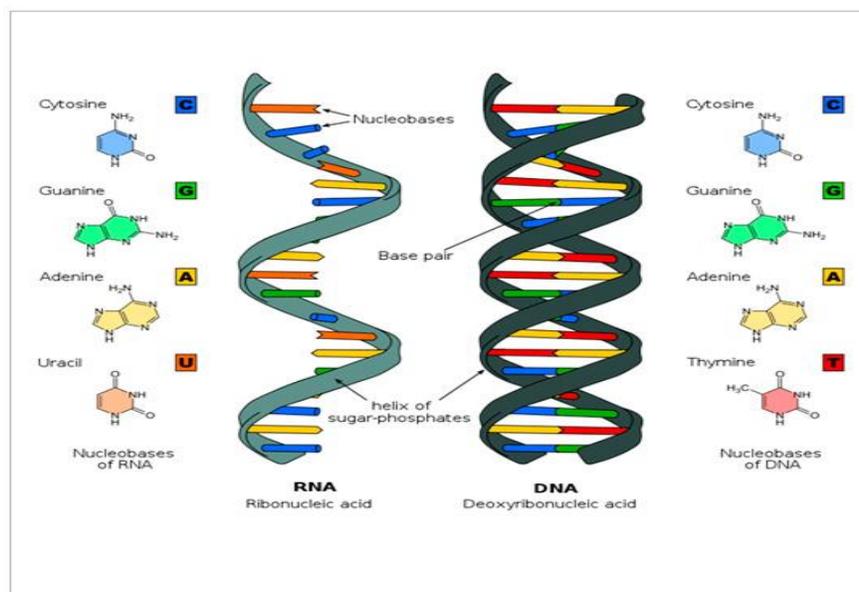


## ADN y ARN

El material genético es toda la totalidad de ADN que presenta un ser vivo. Se compacta en un área discreta de la célula formando los cromosomas. Éstos se encuentran en los virus, células procariotas, en el núcleo de células eucariotas y en cloroplastos y mitocondrias. Se emplea para guardar la información genética de una forma de vida orgánica. Para todos los organismos conocidos actualmente, el material genético es casi exclusivamente ácido desoxirribonucleico (ADN o DNA). Algunos virus usan ácido ribonucleico (ARN o RNA) como su material genético.

### ORIGEN

Se cree generalmente que el primer material genético fue el ARN, inicialmente manifestado por moléculas de ARN que auto replicaban flotando en masas de agua. Este período hipotético en la evolución de la vida celular se llama la hipótesis del mundo de ARN. Esta hipótesis está basada en la capacidad del ARN de actuar como un material genético y como un catalizador, conocido como una ribozima o ribosoma. Sin embargo, cuando las proteínas (que pueden formar enzimas) llegaron a la existencia, la molécula más estable, el ADN, se convirtió en el material genético dominante, una situación que continúa hoy. La naturaleza de la doble cadena del ADN permite que las mutaciones se corrijan, y también el ARN es intrínsecamente inestable. Las células modernas usan el ARN principalmente para construir proteínas de las instrucciones del ADN, en la forma de ARN mensajero, ARN ribosómico y ARN de transferencia. El ARN y el ADN son macromoléculas compuestas de nucleótidos, de los cuales hay cuatro en cada molécula.



## ÁCIDOS NUCLEICOS

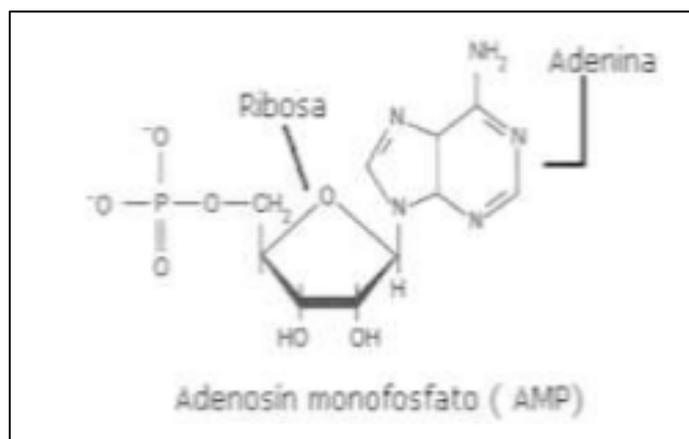
Son las únicas moléculas biológicas que poseen la capacidad de autoduplicación y están formados por C, H, O, N y P. Actúan transmitiendo la información genética de cada célula, tejido y organismo. Gran parte del desarrollo físico de un organismo a lo largo de su vida está programado en estas moléculas. Las proteínas que elaborarán sus células y las funciones que realizarán, están registradas en estas "cintas" moleculares. Existen dos tipos de ácidos nucleicos, el ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN). Cada uno de ellos está formado por la unión de unos monómeros (nucleótidos) similares formando así una cadena conectados entre sí por enlaces químicos llamados. Todos los seres vivos contienen ambos tipos de ácidos nucleicos.

### NUCLEÓTIDOS

Los nucleótidos constituyen la unidad fundamental de los ácidos nucleicos y está formada por tres subunidades características:



- Un grupo fosfato:
- Un azúcar de cinco carbonos (pentosa)
- Una base nitrogenada (púrica o pirimídica)



### ADN (ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO)

Es el material genético que los organismos heredan de sus padres. En él están los genes, porciones específicas de la macromolécula de ADN, que programan las secuencias de aminoácidos y que corresponde a la estructura primaria de las proteínas. De este modo, y a través de las acciones de las proteínas, el ADN controla la vida de la célula y del organismo. El orden y disposición de sus bases nitrogenadas constituyen el medio por el cual la información es codificada y transmitida a la descendencia.

El ADN es una macromolécula compuesta de dos cadenas polinucleotídicas que se disponen alrededor de un eje central imaginario formando una doble hélice, capaz de autorreplicarse. Dentro de cada cadena de ADN, el grupo fosfato de un nucleótido se enlaza con el azúcar (pentosa) del siguiente nucleótido de la cadena. Esta modalidad de enlazamiento produce un “esqueleto” de azúcares y fosfatos alternados unidos por enlaces covalentes. Así, las bases nitrogenadas conforman los “peldaños” de esta escalera de caracol. Estas dos hebras de ADN se mantienen unidas mediante puentes de hidrógeno entre las bases. Los pares de bases están formados siempre por una purina (de mayor tamaño) y una pirimidina (de menor tamaño) siendo complementarias entre sí. De esta forma ambas cadenas están siempre equidistantes una de la otra. Los pares de bases adoptan una disposición helicoidal. En cada extremo de la doble hélice, una cadena de ADN termina en un fosfato libre y la otra en un azúcar libre, por lo tanto, se dice que están orientadas en sentidos opuestos o antiparalela.

### ARN (ÁCIDO RIBONUCLEICO)

El ARN (ácido ribonucleico) es una molécula biológica que desempeña un papel esencial en la síntesis de proteínas y la transmisión de información genética en los organismos. Al igual que el ADN, el ARN contiene secuencias de nucleótidos que codifican la información genética necesaria para la formación de proteínas y la regulación de diversas funciones celulares.

El ARN se diferencia del ADN en varios aspectos. En lugar de ser una doble hélice, el ARN generalmente se presenta como una sola cadena lineal. Además, a diferencia del ADN que utiliza la base nitrogenada timina, el ARN utiliza uracilo como una de sus bases, que se empareja con adenina.

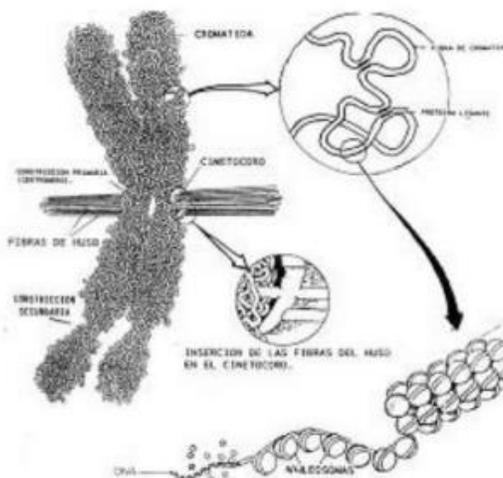
El ARN se sintetiza a partir de una plantilla de ADN en un proceso llamado transcripción. Durante la transcripción, la enzima ARN polimerasa sintetiza una molécula complementaria de ARN utilizando la secuencia de bases del ADN como guía. Este ARN recién sintetizado, llamado ARN mensajero (ARNm), lleva la información genética desde el núcleo de la célula hasta los ribosomas, donde se traduce en proteínas.

Además del ARNm, existen otros tipos de ARN con funciones específicas. El ARN de transferencia (ARNt) transporta los aminoácidos al ribosoma durante la síntesis de proteínas, mientras que el ARN ribosómico (ARNr) forma parte de los ribosomas y es responsable de la síntesis de proteínas. También hay ARN implicado en la regulación génica, como el ARN interferente (ARNi) y el ARN pequeño nuclear (ARNsn).

		ADN	ARN
PENTOSA		desoxirribosa	ribosa
BASES NITROGENADAS	Purinas (dos anillos)	adenina, guanina	adenina, guanina
	Pyrimídicas (un anillo)	citocina, <b>timina</b>	citocina, <b>uracilo</b>
FOSFATO		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>

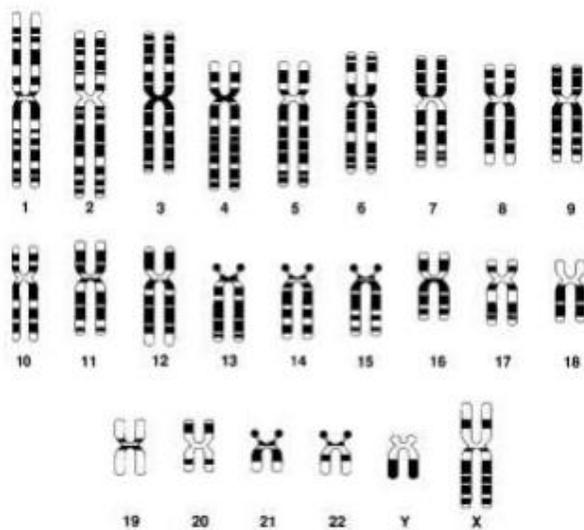
### NIVELES DE ORGANIZACIÓN DEL MATERIAL GENÉTICO EUCARIOTA

La fibra de cromatina (DNA), más la incorporación progresiva de proteínas, organizan las estructuras que forman los cromosomas. En la estructuración de la cromatina participa una familia de proteínas llamadas histonas, las cuales se asocian en grupos de ocho unidades, es decir, en octámeros. La molécula de DNA y los octámeros de histonas forman unidades llamadas nucleosomas. Lo que llamamos fibra de cromatina resulta por acercamiento y compactación de los nucleosomas entre sí. Cuando la cromatina se encuentra en su máximo grado de compactación (o enrollamiento) se le denomina cromosoma.



### CARIOTIPO

El cariotipo es la constitución cromosómica del núcleo de una célula, que es igual a la dotación cromosómica completa de una persona. También se llama cariotipo a la presentación gráfica de los cromosomas, ordenados en pares de homólogos. El cariotipo se puede estudiar en busca de enfermedades provocadas por irregularidades en los cromosomas, como puede ser el síndrome de Down. También sirve para identificar los problemas que un bebé concebido mediante reproducción asistida puede tener cuando nazca, al extraer el cariotipo que se encuentra en el líquido amniótico del embrión.

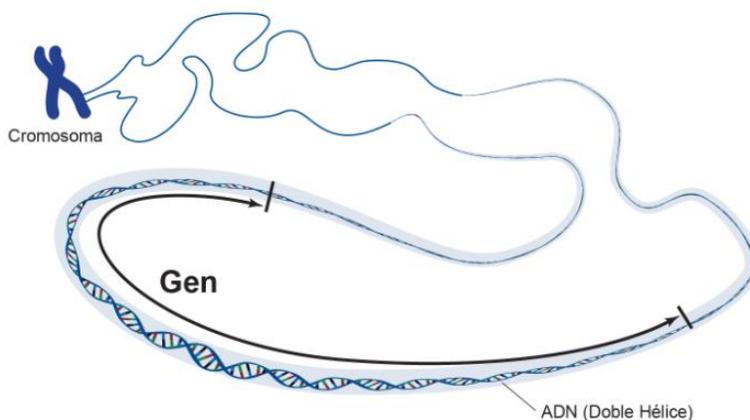


## CONSTITUCIÓN

El cariotipo cuenta con todos los cromosomas que se encuentran en el cuerpo humano. Existen 44 cromosomas denominados autosomas, agrupados en 22 pares, presentes tanto en hombres como en mujeres. A estos cromosomas se le suman 2 cromosomas sexuales, denominados XX para las mujeres y XY en el caso de los hombres. Las alteraciones que puedan sufrir estas estructuras pueden causar ciertas enfermedades o deficiencias en el desarrollo de la persona.

## GEN

El gen es la unidad física básica de la herencia. Los genes se transmiten de los padres a la descendencia y contienen la información necesaria para precisar sus rasgos. Los genes están dispuestos, uno tras otro, en estructuras llamadas cromosomas. Un cromosoma contiene una única molécula larga de ADN, sólo una parte de la cual corresponde a un gen individual. Los seres humanos tienen aproximadamente 20.000 genes organizados en sus cromosomas.



FIN DE LA SEMANA TRES

FIN DE LA UNIDAD UNO