

Capítulo 3

LA CÉLULA EUCARIOTA

CÉLULA EUCARIOTA. GENERALIDADES.

Al observar con un microscopio un corte de tejido animal o vegetal, se aprecia que está constituido por pequeñas unidades similares entre sí, **las células**, que son la base estructural y funcional de los seres vivos.

De los estudios realizados en corcho por Robert Hooke (1665), surge la palabra "célula", que designa a las pequeñas cavidades de la pared de ese vegetal, constituido fundamentalmente por celulosa. Posteriormente, el término, se aplicó a todos los organismos vivos microscópicos, que tienen vida independiente, es decir, a aquellos organismos que, colocados en un ambiente con las condiciones adecuadas de oxígeno, CO₂, nutrientes, pH y temperatura mantienen el metabolismo celular.

Los organismos pueden ser **unicelulares** y **pluricelulares**. Los **unicelulares** constituyen los microorganismos, como por ejemplo, las bacterias; y los **pluricelulares**, por el contrario, están constituidos por varios tipos celulares, cada uno de los cuales realiza determinadas funciones especializadas.

Las células pueden ser de dos tipos: **Procariotas**, cuando el material genético se encuentra libre en el citoplasma sin ninguna membrana que lo aisle, y **Eucariota**, cuando el material genético está aislado por un sistema de membranas formando el núcleo celular.

TEORÍA CELULAR.

La **teoría celular** plantea esencialmente que todos los organismos están compuestos por **células** y elementos que estas producen.

El estudio de las células, se debe al trabajo científico de muchos investigadores, el cual comienza en el siglo XVII con la utilización de lentes y el invento del microscopio. A principios del siglo XIX con los descubrimientos de diversos autores comienza a elaborarse y quedar definida la teoría celular.

En la actualidad la teoría celular plantea lo siguiente:

- La célula es la unidad estructural y funcional de los organismos vivos.
- Las células de un organismo determinan las características estructurales y funcionales del mismo.

Las células se originan a partir de otras células y la continuidad se mantiene a través de la información contenida en el material genético celular.

- La célula constituye por tanto la unidad de la materia viviente.

Comenzaremos a estudiar las características generales de las células haciendo siempre referencia a la célula eucariota, pues el estudio de las células procariotas se hará en otras disciplinas, como la Microbiología.

FORMA Y TAMAÑO CELULAR.

La forma de las células es muy variable, y existen múltiples factores que la determina. En general, la forma depende de la función que realice la célula; por ejemplo, las **células musculares**, especializadas en la contracción, presentan una forma alargada y las **células nerviosas**, especializadas en la conducción de estímulos, tienen largas prolongaciones que se ramifican.

Otras células, como los glóbulos blancos de la sangre, adoptan una forma esférica debido a la tensión superficial dentro de los vasos sanguíneos, pero cuando salen de los mismos a ejercer sus funciones de defensa, presentan una forma irregular con pequeñas prolongaciones ó **seudópodos** que facilitan su movimiento. Las células de los epitelios que están muy unidas entre sí, son poliédricas y pueden verse aplanadas, cúbicas ó cilíndricas.

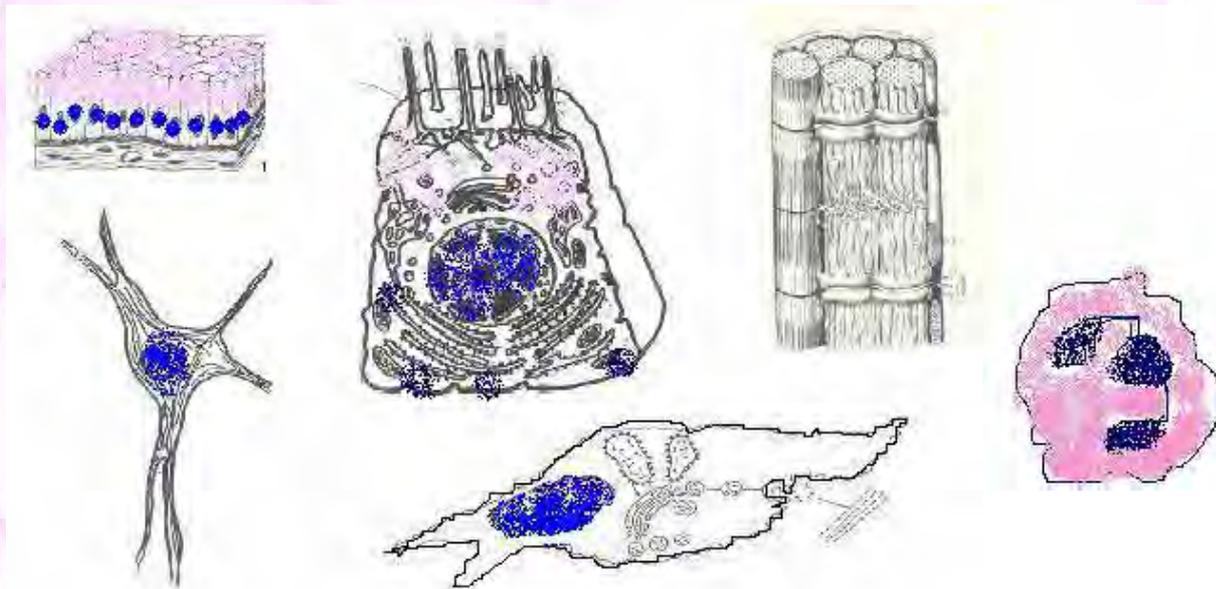


Fig. 3.1 Se muestran las variedades de formas celulares, determinadas por múltiples factores, siendo la más importante, la función que realiza la célula.

El tamaño celular también varia, pero se pueden clasificar como lo hizo el histólogo español Santiago Ramón y Cajal en:

- Células pequeñas ----- menos de 12 micrómetros
- Células medianas ----- entre 12 y 30 micrómetros
- Células grandes ----- más de 30 micrómetros.

Existen células con un tamaño de aproximadamente 4 μm como es el de las células granulosas del cerebelo y otras que alcanzan tamaños de 100 μm o más como las neuronas motoras del asta anterior de la médula espinal.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CÉLULAS EUCARIOTAS.

Todas las células eucariotas, independientemente de la función que realicen tienen en común:

- La presencia de una **membrana plasmática** que delimita el contenido celular, del medio que la rodea.
- Una endomatriz fluida (**citósol**) compuesta por una solución de proteínas, electrolitos y carbohidratos, en la que está presente un **sistema de endomembranas** que delimitan: **compartimentos (organitos)** en los cuales se desarrolla el metabolismo celular y sus productos (**inclusiones**) y el mayor de los compartimentos, el **núcleo** que constituye por su contenido en ADN, el centro rector de la actividad metabólica celular.
- La presencia en la matriz citoplasmática de estructuras proteicas filamentosas (microtúbulos, microfilamentos y filamentos intermedios), que constituyen el **citoesqueleto**.

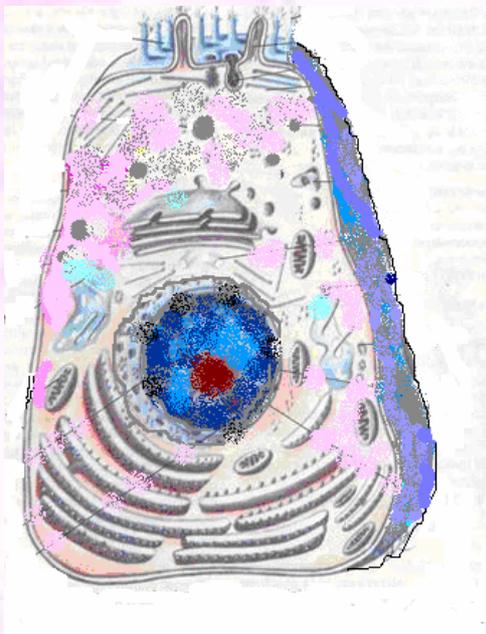


Fig. 3.2. Se muestra un esquema de una célula vista al Microscopio electrónico. Se observa el núcleo centralmente como un cuerpo redondeado, limitado por una envoltura nuclear en la que se aprecian poros. Debajo se observan las cisternas del Retículo endoplasmático rugoso, por la presencia de ribosomas adheridos a las membranas. El retículo endoplasmático rugoso se continúa con el retículo endoplasmático liso. Entre las cisternas del retículo se pueden identificar varias mitocondrias, con su doble membrana. Por encima del núcleo, observamos el Complejo de Golgi, con sus cisternas características y las vesículas asociadas a las mismas. Las estructuras filamentosas que se ven en el citoplasma apical, son elementos del citoesqueleto. Los espacios que no están ocupados por organitos o por el citoesqueleto, se corresponden con la matriz celular.

La Matriz citoplasmática con los componentes del citoesqueleto, los organitos, las inclusiones y el citósol, constituyen el citoplasma que observamos en las células con la coloración de rutina que se emplea en Histología es decir Hematoxilina-Eosina (H/E).

En el **citoplasma**, se produce, almacena y libera energía; se sintetizan proteínas, lípidos y polisacáridos y se llevan a cabo otras múltiples funciones. Su organización, renovación y generación depende de la información contenida en el núcleo.

El volumen del citoplasma es proporcional al del núcleo. La relación núcleo citoplasma, varía de un tipo celular a otro; en la mayoría de las células el citoplasma excede en tres a cinco veces el volumen nuclear.

COMPARTIMENTACIÓN CELULAR.

El concepto **compartimentación** define el hecho de que existan distintos espacios celulares, limitados por una membrana, que realicen distintas funciones, lo cual crea en la célula una división del trabajo: por ejemplo, en las mitocondrias se efectúa la respiración; en los lisosomas, la digestión celular; en el retículo endoplasmático, la síntesis de diversas sustancias; etcétera. Es por esto que podemos hablar de orgánitos membranosos y orgánitos no membranosos. A partir de la utilización del microscopio electrónico (M/E), cambió totalmente la imagen estructural que se tenía de la célula. Esto se debió a que en el hialoplasma, aceptado hasta entonces como un complejo coloidal, se observaron un conjunto de estructuras, algunas rodeadas de membrana, y otras no, que condujeron a la clasificación que actualmente tenemos de los orgánitos.

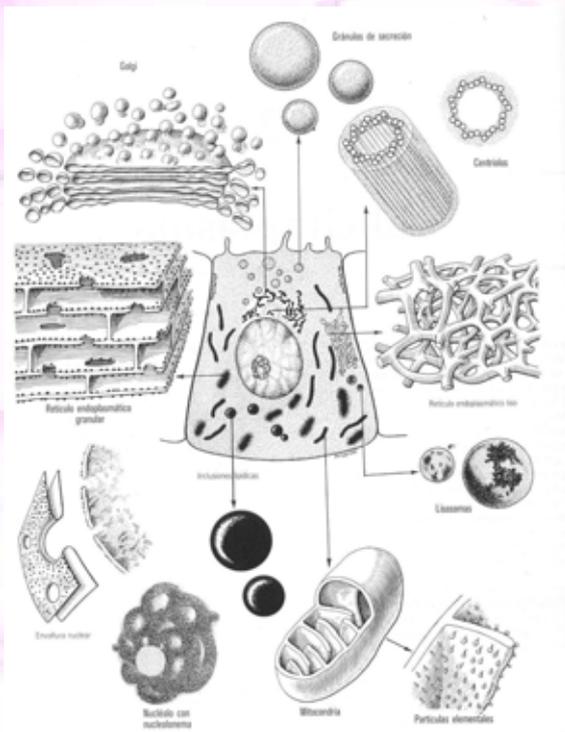


Fig. 3.3 Se muestran en el esquema los diferentes orgánitos presentes en la célula.

Los orgánitos membranosos son:

- Retículo endoplasmático liso y rugoso.
- Aparato de Golgi.
- Mitocondrias.
- Lisosomas.
- Peroxisomas.

Los organitos que no poseen membranosos incluyen:

- Ribosomas.
- Centríolos.

El límite de la célula está determinado por la membrana plasmática. Los organitos son: retículo endoplasmático, aparato de Golgi, mitocondrias, ribosomas, lisosomas, peroxisomas y centriolos. Las inclusiones son lípidos, glucógeno, caroteno, melanina y otros.

MEMBRANA CITOPLASMÁTICA.

A fines del siglo pasado, a partir de estudios bioquímicos y de permeabilidad, se determinó la existencia en todas las células de una estructura de naturaleza lipoproteica, no visible al microscopio óptico, y que se denominó **membrana plasmática o plasmalema**.

Debido a que el poder de resolución del microscopio óptico no permite la visualización de la estructura de la membrana, los investigadores que trabajaron al respecto antes de la década del cincuenta de este siglo, plantearon diferentes modelos hipotéticos de membrana, los cuales trataban de conjugar la composición química de ella, con sus propiedades de permeabilidad.

Con el desarrollo de las técnicas de microscopía electrónica, a partir de 1950, se aprecia la membrana citoplasmática, formada por tres láminas con un grosor de 7.5-10 nm. La estructura *trilaminar* formada por dos capas oscuras periféricas y una capa central clara, no solo se observaba en la membrana plasmática, sino que también fue observada en las membranas de todos los organitos membranosos, por lo que surge el concepto de **unidad de membrana** planteado por Robertson. El concepto de unidad de membrana en la actualidad se ha reconsiderado debido a que la imagen observada al M/E corresponde más bien a un artefacto de la técnica empleada en la fijación, que a la estructura de las membranas celulares, así como, la composición química y la función de las membranas es diferente en las células y dentro de una misma célula.

En la composición química de la membrana plasmática están presentes lípidos, proteínas y carbohidratos. Las proporciones de estos tres elementos varían de un tipo celular a otro.

Los lípidos, más abundantes en la membrana, son: fosfolípidos, triglicéridos, esteroides y glicolípidos, los cuales se organizan formando una bicapa que se corresponde con la línea central clara que se observa, al M/E, en la estructura trilaminar de la membrana.

Las proteínas, por su parte, son moléculas anfóteras que se encuentran formando una complicada estructura tridimensional. Su disposición en la membrana es más compleja que la de los lípidos, y en la estructura trilaminar son responsables de las capas oscuras periféricas que en ellas se observan.

Los carbohidratos se localizan en la membrana unidos a los lípidos y a las proteínas formando glicolípidos y glicoproteínas.

La presencia de los carbohidratos en la cara externa de la membrana le confieren cierta asimetría (de la que hablaremos con posterioridad). Estos carbohidratos son la base de una estructura filamentosa que rodea a la cara externa de la membrana plasmática y que se denomina **cubierta celular o glicocálix**.

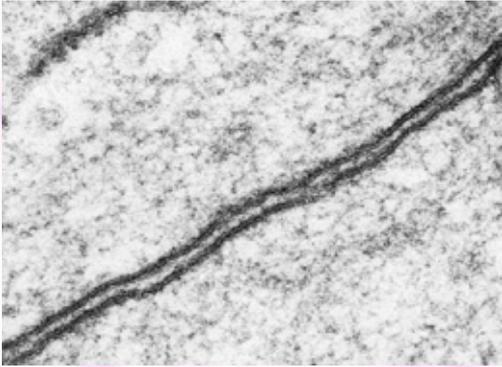


Fig. 3.4 Se muestra la estructura trilaminar de la membrana plasmática.

La estructura trilaminar tan relativamente sencilla que se observa de la membrana plasmática al M/E, no explica las propiedades fisiológicas tan complejas que ella presenta; por lo que a partir de su observación al M/E. han sido muchos los modelos moleculares hipotéticos que se han planteado para explicar la organización molecular de los compuestos constituyentes de la membrana.

En estudios realizados en membranas de eritrocitos, se determinó que la cantidad de lípidos presentes en ella eran suficientes para que los lípidos se organizaran formando una bicapa.

No es hasta 1970, que producto de observaciones realizadas por Singer con las técnicas de congelación-fractura y congelación-grabado, que se plantea un modelo que respondiera a los conocimientos que se tenían en la membrana.

En esta técnica se fractura la membrana a nivel central, separando las dos zonas proteicas. Contrario a lo que se esperaba, en la zona de fractura se observaron unas estructuras globulosas que se hallaban encajadas en la membrana; posteriormente fueron identificadas como proteínas globulares.

Esto hizo cambiar en cierto aspecto el concepto molecular que se tenía de la membrana en relación con las proteínas, y es así que en 1972, Singer y Nicholson, plantean el **modelo de Mosaico fluido**.

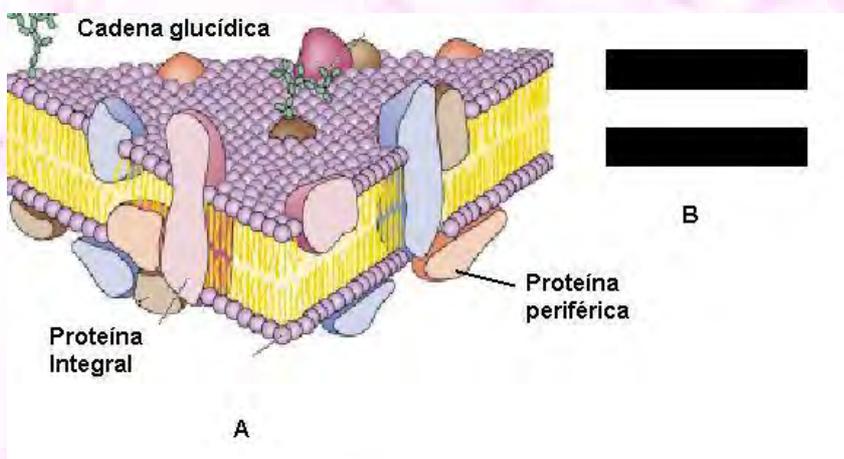


Fig. 3.5. A. Modelo de Mosaico fluido. Se observan las proteínas integrales, las periféricas, la bicapa lipídica y las glicoproteínas y glicolípidos de la cubierta celular. B. Estructura trilaminar.

El modelo plantea una matriz lipídica acuosa, y proteínas de tipo globular que se disponen de dos formas: en la periferia y en todo el espesor de la membrana. Los lípidos y las proteínas están dispuestos en una forma parecida a mosaicos permitiendo cierto movimiento de lateralización y rotación.

Las primeras que atraviesan todo el espesor de la membrana, se denominan **proteínas o integrales o extrínsecas**, las otras se denominan **proteínas periféricas o intrínsecas**. Este modelo hace pensar en un mar de lípidos en el que están incluidos "témpanos" que son las proteínas. Muchas de las moléculas de proteínas integrales que atraviesan la bicapa lipídica, están unidas de manera directa o indirecta a microtúbulos y microfilamentos del citoplasma.

La membrana plasmática presenta asimetría, que establece ciertas diferencias entre las superficies internas y externas. La distribución asimétrica significa la distribución desigual de los componentes moleculares que forman parte de la membrana, pudiéndose encontrar los mismos formando parte de la cara protoplasmática y en otros casos de la cara extracelular. Por ejemplo, los oligosacáridos unidos a glicoproteínas y glicolípidos forman parte de la cubierta celular o glicocálix, es decir, se limitan a la cara externa de la membrana. También, en la mitad de la superficie externa se localizan varias moléculas receptoras, las cuales se relacionan con elementos del medio externo de la célula.

Por otra parte se ha determinado que el contenido de lípidos y proteínas de ambas caras de la membrana es diferente. También, se han observado microfilamentos y microtúbulos unidos a proteínas de la parte citoplasmática de la membrana y que, al parecer, controlan el movimiento de ellas.

La membrana plasmática funciona como una barrera protectora que mantiene la integridad del protoplasma a la par que determina el transporte de sustancias entre el medio interno celular y el medio externo. La membrana es selectivamente permeable y muestra distintos mecanismos de transporte, los cuales van desde la simple difusión u osmosis, hasta procesos tan complejos como son la pinocitosis y fagocitosis. En la membrana se generan potenciales eléctricos que se transmiten como una onda de excitación de un punto a otro de la célula. Por último, en la membrana hay moléculas que funcionan como receptores hormonales en el reconocimiento de determinadas hormonas hidrosolubles.

MATRIZ CITOPLASMÁTICA O ENDOMATRIZ.

Como explicamos anteriormente, los componentes del citoesqueleto, los orgánulos y las inclusiones citoplasmáticas están suspendidos en una solución de proteínas y otras sustancias que se denomina **citósol** o componente fluido de la matriz.

La matriz citoplasmática está formada por:

- Componentes para las funciones metabólicas.
- Enzimas solubles, que son componentes proteicos que intervienen en la glucólisis anaeróbica, en la activación de los aminoácidos para la síntesis proteica y en general, en el metabolismo celular (como catalizadores biológicos).
- Proteínas estructurales, en su mayoría de forma globular y de las cuales dependen la viscosidad celular, los movimientos internos y ameboides, la formación de microtúbulos y otros.
- Ácidos ribonucleicos, que intervienen directamente en la síntesis proteica.

CITOESQUELETO.

El citoesqueleto, está constituido por **microfilamentos**, **filamentos intermedios** y **microtúbulos** que forman una **red tridimensional** de soporte al resto de las estructuras citoplasmáticas y que se fija a proteínas de la membrana. Mientras más caprichosa es la forma celular, más desarrollo es necesario en este andamiaje proteico, ya que contribuye a la arquitectura celular, la fijación de los organitos y a sus movimientos a través del citosol. También facilita los movimientos celulares y el mantenimiento de las uniones celulares.

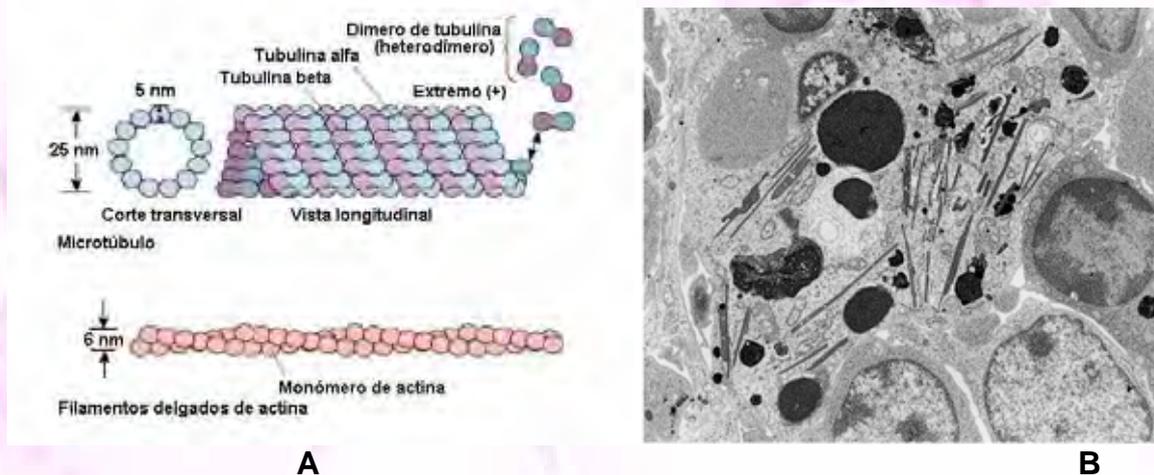


Fig. 3.6 A. Microtúbulos con sus dímeros de tubulina y los filamentos de actina. B. Microscopía electrónica donde se observan elementos del citoesqueleto.

Actualmente se conocen tres categorías de filamentos. En la primera categoría, se incluyen los microfilamentos que presentan entre 5-6 nm de diámetro y que están compuestos por la proteína actina. Esta proteína fue identificada primeramente con los músculos, actualmente se ha comprobado que está presente en muchos otros tipos celulares. Estos filamentos se localizan por debajo de la membrana plasmática y forman, junto con otros tipos de filamentos, el velo terminal. Asociados con estos filamentos, se pueden apreciar también otras proteínas: troponina, tropomiosina y α -actina.

La segunda categoría de filamento incluye los filamentos de miosina, que al igual que la actina se observó primero en las células musculares. Son filamentos más gruesos que los filamentos de actina y pueden llegar a medir hasta 10 nm de diámetro. Al igual que en el músculo forma complejos con la actina e interviene en los movimientos celulares.

El mecanismo de contracción de filamentos de actina y miosina, lo estudiaremos en el capítulo de tejido muscular.

Sistemas contráctiles no musculares se han demostrado en muchos animales, por ejemplo, en las células del epitelio intestinal se ha comprobado la presencia de actina en las microvellosidades que se conectan a los microfilamentos y a las proteínas de la membrana.

La tercera categoría de filamentos incluye los filamentos intermedios; estos tienen entre 7-10 nm de diámetro y se relacionan con el mantenimiento de la forma celular, constituyendo una malla a través del citoplasma.

Los tipos de filamentos intermedios son: filamentos de citoqueratina, neurofilamentos, filamentos de vimentina, filamentos de desmina, filamentos gliales y filamentos heterogéneos. En el núcleo, se unen a la superficie interna de la membrana interna de la envoltura nuclear y se denominan **lámina nuclear**.

Los microtúbulos se encuentran en casi todas las células del organismo. Son estructuras alargadas de un diámetro de unos 25 nm y de longitud variable y que tienden a ser rectos, lo que implica que tienen cierta rigidez, aunque son lo suficientemente flexibles para que se doblen sin romperse.

Los microtúbulos ayudan a la conservación de la forma celular, facilitan el flujo de diversas partículas y sustancias a lo largo de las células, siendo características en la célula nerviosa, la cual presenta en sus prolongaciones los llamados **neurotúbulos**, que son en realidad microtúbulos. Otra función fundamental de los microtúbulos es en el movimiento y la formación del huso mitótico.

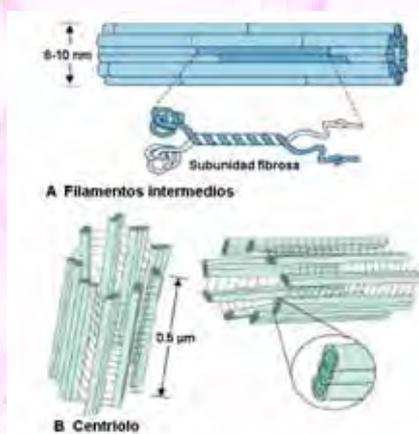


Fig. 3.7 Filamentos intermedios y centriolos.

CENTRIOLOS.

Los **centriolos** los estudiamos en este espacio por su relación con los microtúbulos, ya que actúan como un centro organizador de los mismos.

Los centriolos son dos estructuras cilíndricas, formadas por microtúbulos, que se encuentran constituyendo el centrosoma o región perinuclear.

Los centriolos miden 0,5 μm de longitud por 0,25 μm de diámetro, y presentan un extremo ocluido y otro abierto. Cada par de centriolos están orientados perpendicularmente.

Las células presentan uno o dos centrosomas, pero hay células poliploides (células hepáticas) que pueden presentar más. Los centriolos vistos al M/O se observan como dos pequeños puntos, pero, observados al M/E se observan formados por una pared de microtúbulos. Esta pared, cuando se corta transversalmente, se aprecia que está constituida por nueve grupos de tres microtúbulos (tripletes), los que se disponen simétricamente y equidistantes entre sí.

La matriz pericentriolar es densa, y hacia ella convergen microtúbulos citoplasmáticos.

Los centriolos se originan formando un ángulo de 90° con respecto al centriolo preexistente, y los tripletes se forman mediante un mecanismo de ensamblaje de tubulina, similar al de la formación de los microtúbulos.

NÚCLEO.

Una de las características de las células eucariotas es que presentan el material nuclear organizado y delimitado por una envoltura membranosa, a través de la cual se establece el intercambio de material con el citoplasma.

Ese núcleo que observamos en la célula eucariota en períodos de no división, se denomina Núcleo en Interfase.

NÚCLEO EN INTERFASE.

En el núcleo se aprecia, limitándolo del citoplasma, la envoltura nuclear, y en el interior del núcleo se observan gránulos de cromatina de diferente tamaño, uno o dos nucléolos y la matriz nuclear.

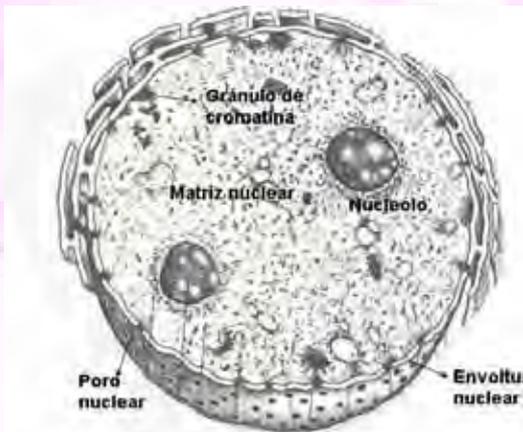


Fig. 3.8. Esquema de una imagen de un núcleo al Microscopio electrónico donde se aprecian todos sus componentes.

El tamaño del núcleo es de 5-15 μm aproximadamente y aunque las células más grandes son las que tienen un núcleo mayor, esto no constituye una regla. Lo que si existe para cada tipo celular es una relación entre el volumen del núcleo y el del citoplasma, que se expresa por:

Volumen nuclear

$$\frac{\text{Volumen nuclear}}{\text{volumen celular-volumen nuclear}} = \text{relación núcleo-citoplasma}$$

El número por células varía, aunque lo más frecuente es la presencia de un solo núcleo. Se pueden encontrar células con dos núcleos, como las células hepáticas o las cartilaginosas. Otros tipos de células presentan un mayor número de núcleos y se denominan multinucleadas, por ejemplo la fibra muscular esquelética. La forma del núcleo es variable, generalmente es de forma esférica, pudiendo presentarse de forma ovoide, arriñonada, fusiforme o alargada y multilobulada. La disposición del núcleo es variable entre los distintos tipos celulares, pero constante para un mismo tipo de célula, sobre todo en las células que