

MATERIAL DE REPASO BIOLOGÍA BACHILLERATO

PARTE II

1. MEMBRANA PLASMÁTICA

La membrana plasmática es una envoltura continua que rodea a la célula y la separa del medio externo confiriéndola individualidad. Está presente en todas las células eucariotas y procariotas. No es rígida, sino que permite movimientos y deformaciones. Representa el límite entre los medios intra y extracelular. Presenta cierta permeabilidad y consigue mantener unas condiciones fisicoquímicas constantes en el interior de la célula. Composición 52% Proteínas. 40% Lípidos (fosfolípidos y colesterol fundamentalmente). 8% Polisacáridos, asociados a los lípidos y a las proteínas.

1.2. COMPOSICION QUIMICA

La membrana plasmática esta formada por: lípidos, proteínas y glúcidos. Los lípidos y las proteínas son los componentes mayoritarios de la membrana, la cantidad y tipo de cada uno de ellos varia en las diferentes membranas.

Lípidos:

Los lípidos que forman las membranas representan, por termino medio alrededor del 40 % del peso de la misma.

Los principales tipos de lípidos que forman la membrana son: los fosfolípidos (son los más abundantes), el colesterol (se sitúan entre los fosfolípidos, faltan en las células procariotas y dentro de las eucariotas abunda más en las animales que en las vegetales) y los glucolípidos (estos sólo se presentan en la monocapa externa y la fracción glucídica se dirige hacia el exterior).

Los tres tipos son anfipáticos, es decir en ellos se diferencia una zona hidrófila polar y una zona hidrófoba apolar; por ello cuando se encuentran en un medio acuoso se disponen espontáneamente formando una bicapa que tiende a cerrarse sobre si misma, debido a que se enfrentan por sus extremos hidrófobos, mientras que los extremos hidrófilos quedan hacia el exterior. Esta bicapa lipídica constituye la estructura básica de la membrana y sirve de soporte para el resto de las moléculas de la membrana.

Proteínas:

Representan por término medio el 52 % del peso de la misma.

Las proteínas de la membrana son características de cada especie y en parte de cada tipo celular, y confieren a la membrana sus funciones específicas. Algunas intervienen en el transporte de moléculas, otras son enzimas e intervienen en el metabolismo, otras actúan como receptores de señales químicas del exterior, etc

Glúcidos:

Los glúcidos que se encuentran en la membrana son en su mayoría oligosacáridos, no están libres sino que están unidos a lípidos (glucolípidos) y a proteínas (glucoproteínas).

1.3. PROPIEDADES

Entre las propiedades más importantes de la membrana plasmática destacan las siguientes:

- **Fluidez**

La membrana plasmática no es una estructura estática sino que tiene fluidez debido a que sus componentes (lípidos y proteínas) pueden moverse. Estos movimientos son posibles gracias a que no existen enlaces covalentes entre los lípidos que forman la membrana, ni tampoco entre éstos y las proteínas, la estructura se mantiene gracias a enlaces débiles (interacciones hidrofóbicas, electrostáticas, etc).

- **Impermeabilidad**

La bicapa lipídica, debido a su interior hidrofóbico, confiere impermeabilidad a la membrana frente a la mayor parte de las moléculas hidrófilas, polares o con carga eléctrica, especialmente si son de tamaño grande.

Las moléculas que atraviesan la bicapa son:

- Moléculas no polares como O₂, N₂, hormonas esteroides, etc.

- Moléculas polares sin carga de tamaño reducido como el agua, CO₂ etc,

Estas moléculas pasan libremente a través de vías que se abren en la bicapa debido a los movimientos moleculares.

Como a través de la membrana se realizan todos los intercambios de materia con el exterior, tanto la captura de nutrientes como la eliminación de desechos. Se han desarrollado sistemas de transporte que permiten el paso de sustancias hidrófilas, ionizadas o de gran tamaño, en estos sistemas intervienen las proteínas de la membrana.

1.4. FUNCIONES

La membrana plasmática desempeña numerosas funciones entre las que destacan las siguientes:

- Actúa como una barrera con permeabilidad selectiva, controlando el intercambio de sustancias entre el exterior y el interior, regulando la composición iónica y molecular del medio intracelular.

- Son la tarjeta de identidad de las células, gracias a moléculas que se sitúan en ellas, que nos permiten saber a que grupo celular pertenecen.

- Intervienen en la transferencia de información entre el exterior y el interior celular gracias a la existencia en ella de receptores específicos.

- Produce y conserva gradientes electroquímicos, responsables de la excitabilidad de las células.

- Delimita numerosos compartimentos intracelulares.

- En ella se producen numerosas reacciones químicas, que son catalizadas por proteínas presentes en la misma.
- Interviene en los procesos de endocitosis y exocitosis

2. TRANSPORTE DE SUSTANCIAS A TRAVES DE LA MEMBRANA

El transporte de sustancias a través de la membrana depende entre otros factores de la naturaleza y del tamaño de las moléculas a transportar. Según el tamaño se diferencian dos tipos de transporte: transporte de pequeñas moléculas y transporte de macromoléculas y grandes partículas

2.1.-Transporte de moléculas pequeñas

El transporte de pequeñas moléculas y de iones a través de la membrana se realiza mediante procesos que no alteran la estructura de la membrana. Este tipo de transporte se denomina transporte de transmembrana, en muchos casos intervienen unas proteínas transportadoras especializadas. Atendiendo a que se consuma o no energía puede ser: pasivo y activo.

✓ Transporte pasivo.

En él no se gasta energía. Se realiza a favor de un gradiente, que puede ser de concentración, eléctrico o electroquímico; las moléculas se desplazan desde el lugar donde la concentración, la carga o ambas a la vez es mayor hacia el lugar donde es menor. El transporte pasivo puede realizarse de dos formas: Difusión simple y difusión facilitada.

-Difusión simple. Las moléculas atraviesan por sí mismas la membrana bien a través de los lípidos de la bicapa lipídica o través de canales acuosos formados por unas proteínas transmembrana llamadas proteínas de canal, estos canales pueden estar permanentemente abiertos o hacerlo solo de manera transitoria.

A través de los lípidos de la bicapa lipídica pasan las moléculas no polares tales como: O₂, N₂, etc. moléculas lipídicas como: hormonas esteroideas, fármacos liposolubles; también pueden pasar moléculas polares sin carga si su tamaño es reducido como: el agua, CO₂, urea, etanol, glicerol, etc. La difusión del agua se llama ósmosis.

A través de canales acuosos pasan los iones.

-Difusión facilitada. Las moléculas atraviesan la membrana gracias a que se unen a unas proteínas transmembrana transportadora específicas para cada molécula, llamada permeasa. Estas proteínas, al unirse a la molécula a transportar cambian su conformación, lo que las permite trasladar a dicha molécula de uno al otro lado de la membrana. Así se transportan la mayoría de las moléculas polares de pequeño tamaño como: la glucosa, los aminoácidos, los nucleótidos etc.

✓ Transporte activo.

Este transporte se realiza en contra de gradiente de concentración, eléctrico, o electroquímico. En este proceso se gasta energía que se obtiene de la hidrólisis del ATP. En este transporte intervienen unas proteínas transmembrana transportadoras llamadas bombas, que transportan las moléculas desde el lugar más diluido o de menor carga al más concentrado o de mayor carga.

Bomba de sodio/potasio

Entre las bombas más importantes se encuentra la bomba de sodio/potasio que bombea contra gradiente electroquímico 3 cationes de sodio hacia el exterior y 2 cationes de potasio hacia el interior por cada molécula de ATP hidrolizada.

La bomba de Na^+/K^+ está constituida por una proteína tetramérica, formada por dos subunidades α glucosiladas que se encargan del transporte y dos subunidades β no glucosiladas que mantiene la bomba unida a la membrana.

Esta proteína presenta dos conformaciones alternativas: una de ellas posee una cavidad abierta hacia el interior de la célula a la que pueden acoplarse 3 iones Na^+ , la otra conformación tiene la cavidad abierta hacia el exterior a la que pueden acoplarse 2 K^+ .

Funcionamiento

-Partimos de la conformación proteica que tiene la cavidad abierta al interior. Se unen 3 iones Na^+ a la proteína transportadora, esto provoca que una molécula de ATP se hidrolice y el P_i se transfiere a la proteína, fosforilándola.

-Esta fosforilación provoca un cambio en la conformación de la proteína transportadora, produciéndose la liberación de los 3 Na^+ en el exterior celular y la unión de 2 K^+ .

-Esta unión de los K^+ induce a que la proteína se defosfore es decir pierda el grupo P_i lo cual hace que la proteína adquiera de nuevo su conformación original liberando los 2 K^+ en el interior. Se repite el proceso.

2.2.-Transporte de macromoléculas y de grandes partículas

Las macromoléculas y las grandes partículas se incorporan y se eliminan de la célula mediante procesos en los que se produce una deformación de la membrana plasmática.

El proceso de incorporación recibe el nombre de endocitosis, mientras que el de eliminación se llama exocitosis.

✓ Endocitosis.

Es el proceso mediante el cual se incorporan en la célula sustancias de gran tamaño (macromoléculas, grandes partículas sólidas, restos celulares, bacterias, etc).

Este proceso comienza con la formación en alguna zona del interior de la membrana, de una red de clatrina (proteína filamentosa), esta red arrastra hacia el interior a la membrana, formándose en la superficie de la misma una invaginación. En esta invaginación quedan englobadas las sustancias a ingerir; posteriormente la invaginación se cierra y se estrangula formándose una vesícula revestida de clatrina dentro del citoplasma y en cuyo interior se encontraran las moléculas que se incorporan, el revestimiento posteriormente se pierde. Esta vesícula se denomina vesícula endocítica. Se diferencian tres tipos de endocitosis: fagocitosis, pinocitosis y endocitosis mediada por receptor.

✓ Fagocitosis

Es un tipo de endocitosis mediante el cual se incorporan en la célula grandes partículas sólidas (microorganismos, restos celulares etc). Estas partículas son rodeadas por expansiones de la membrana llamadas pseudópodos, o quedan englobadas en el interior de una invaginación, en

cualquier caso se forma una vacuola dentro del citoplasma, llamada vacuola fagocítica o fagosoma donde quedaran alojadas.

Este mecanismo lo utilizan algunas células del sistema inmunitario (macrófagos y neutrófilos) para eliminar gérmenes, células muertas, partículas extrañas etc. Igualmente lo utilizan algunos protozoos para ingerir alimentos.

✓ Exocitosis.

Es el proceso contrario a la endocitosis. Mediante este proceso vesículas intracelulares se fusionan con la membrana plasmática y liberan al exterior su contenido. De esta forma las células liberan macromoléculas sintetizadas por ellas y productos de desecho. Mediante la exocitosis la membrana de la vesícula intracelular se incorpora a la membrana plasmática aumentando la superficie celular, mientras que con la endocitosis ocurre lo contrario. Por lo que es necesario que haya equilibrio entre ambos procesos para mantener invariable el volumen celular.

3. PARED CELULAR

La pared celular es una envoltura gruesa y rígida que rodea externamente la membrana plasmática de las células de algunos organismos como las plantas, los hongos, las algas y las bacterias. En estos individuos tiene distinta composición

3.1. Estructura

En las paredes celulares de las células vegetales se diferencian varias capas que van siendo segregadas por la propia célula a medida que va creciendo:

✓ Lámina media.

Es la primera capa que se forma y por lo tanto la más externa, se sitúa entre las paredes primarias de las células adyacentes y es común a las dos células. Esta compuesta principalmente por pectina (polisacárido complejo).

Se forma en la citocinesis a partir de la placa celular que se origina en el ecuador de la célula al fusionarse las vesículas provenientes del aparato de Golgi.

✓ Pared primaria.

Es delgada y semirrígida permitiendo el crecimiento. Se sitúa por debajo de la lámina media. Se sintetiza durante el crecimiento celular. Esta formada por fibras de celulosa que se disponen de forma reticular y una abundante matriz, en la que abunda mucho el agua más del 60 % es agua, además hay hemicelulosa y pectina.

✓ Pared secundaria.

Es la capa más gruesa y rígida, se sitúa debajo de la pared primaria, por lo tanto es la capa más interna. Se forma una vez que ha finalizado el crecimiento de la célula. Es muy rica en fibras de celulosa que se disponen ordenadas paralelamente lo que la confiere gran resistencia, la matriz es escasa, contiene poco agua (30 %) y hemicelulosa. Se suelen distinguir tres estratos o subcapas (externa, media e interna) que se diferencian por la distinta orientación de las fibras de celulosa.

3.2 Función

La pared celular desempeña las siguientes funciones:

- La pared celular constituye una especie de exoesqueleto que da forma a la célula y la protege de deformaciones mecánicas.
- Las paredes celulares de las células vegetales permiten que estos se puedan mantener erguidos.
- Permite vivir a las células vegetales en el medio hipotónico que las rodea, impidiendo que estas se hinchen y estallen.
- Gracias a ciertas especializaciones que hay en ella permite el intercambio de fluidos y la comunicación intercelular.

4. CITOESQUELETO

Es una compleja red de filamentos proteicos que recorre el citoplasma. Componentes:

- ✓ *Microtúbulos* (25 nm) Composición: tubulinas a y b (globulares) unidas formando dímeros. Estructura: los dímeros forman protofilamentos; 13 (9 - 14) protofilamentos se unen para formar un microtúbulo. Son estructuras dinámicas que pueden montarse y desmontarse rápidamente permitiendo cambiar la forma de la célula. Funciones: mecánica (mantienen la forma de las células y la distribución del contenido celular); transporte intracelular de sustancias; forman el huso acromático durante la mitosis.
- ✓ *Filamentos intermedios* (8 – 12 nm) Aunque existen al menos cinco tipos de filamentos intermedios, todos ellos están formados por proteínas de la familia de las queratinas. Los más abundantes son los denominados tonofilamentos (queratina). Funciones: mantienen la forma de las células y la distribución del contenido celular; proporcionan resistencia a la tracción; forman los desmosomas.
- ✓ *Microfilamentos* (7 nm) Están formados por dos hebras de moléculas de actina trenzadas formando una doble hélice. Estos filamentos pueden ensamblarse o desmontarse fácilmente según las necesidades de la célula. Funciones: permiten la contracción de la célula o de una parte de la misma (asociados a los filamentos de miosina son responsables de la contracción de las fibras musculares); mantienen la forma de la célula; intervienen en procesos de la motilidad celular (ciclosis, pseudópodos...), citocinesis, endocitosis

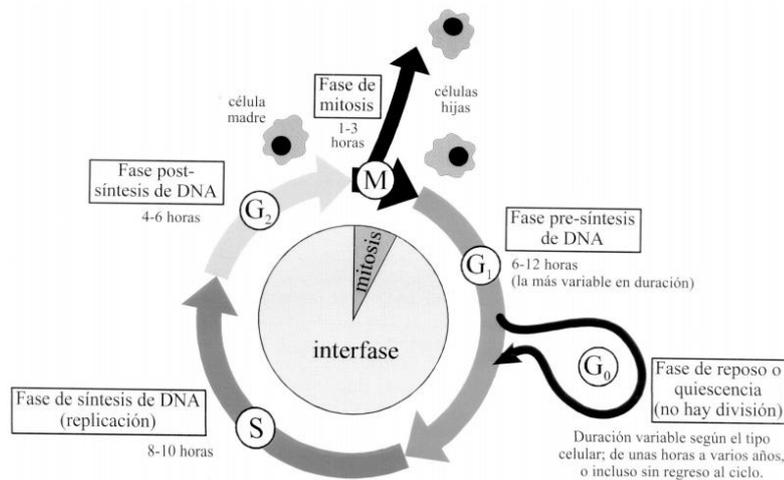


5. REPRODUCCIÓN CELULAR

5.1. Mitosis (1 h)

Es un proceso complejo que garantiza la separación del material genético y el resto de los componentes celulares en dos partes iguales. La mitosis incluye dos procesos: la cariocinesis (división del núcleo) y citocinesis (división del citoplasma), que ocurre cuando se ha completado la primera. Aunque se trata de un proceso continuo, para facilitar su estudio se divide en las siguientes etapas:

- ✓ Profase: Los filamentos (fibras de ADN) que forman la cromatina del núcleo van acortándose a la vez que engrosan por lo que los cromosomas se van haciendo cada vez más patentes pudiendo observarse cada uno formado por dos cromátidas. En el citoplasma los dos pares de centriolos empiezan a separarse y entre ellos se forman las fibras que constituirán el huso acromático. El desarrollo del huso coincide con la desaparición de los nucléolos y de la membrana nuclear. En las células vegetales, al no existir centriolos, el huso se forma independientemente de ellos y la mitosis se denomina anastral (por carecer de áster, estructura formada por los centriolos y las fibras del huso que los rodean).
- ✓ Metafase: El huso acromático está totalmente formado y los cromosomas, ya perfectamente individualizados, se sitúan en la zona central de la célula constituyendo la placa ecuatorial. Algunas fibras del huso se encuentran unidas al centrómero de los cromosomas por una estructura denominada cinetocoro.
- ✓ Anafase: Las fibras del huso se acortan y tiran de los cromosomas hacia los extremos de la célula, de tal manera que cada uno se divide en sus dos cromátidas dirigiéndose cada una, precedida por el centrómero, hacia un polo de la célula.
- ✓ Telofase: Cuando los cromosomas alcanzan los polos de la célula se inicia un proceso semejante a la profase pero en sentido inverso. Los cromosomas empiezan a desenrollarse y cada masa de cromatina resultante se rodea de segmentos discontinuos de envoltura nuclear que posteriormente se fusionarán. Los nucléolos aparecen en las fases finales a nivel de los organizadores nucleolares. Simultáneamente se produce la citocinesis, es decir, la separación del citoplasma en dos partes iguales. En las células animales la citocinesis ocurre por una constricción en la zona ecuatorial. En las células vegetales, debido a la existencia de la pared celular, el proceso es más complejo y se produce a partir de una estructura denominada fragmoplasto que comprende microtúbulos del huso y algunas vesículas derivadas del aparato de Golgi.



5.2 Meiosis y ciclos biológicos

La meiosis es un proceso de división celular que tiene por objeto formar células con la mitad de cromosomas que la célula madre. Tiene lugar en todos los ciclos biológicos de los organismos con reproducción sexual, de forma que se consigue mantener constante el número de cromosomas de generación en generación. La meiosis consta de dos divisiones consecutivas. En la primera división meiótica una célula diploide forma dos células haploides, cada una de las cuales formará otras dos células haploides en la segunda división meiótica. En cada una de estas dos divisiones se suceden las mismas fases: profase, metafase, anafase y telofase.

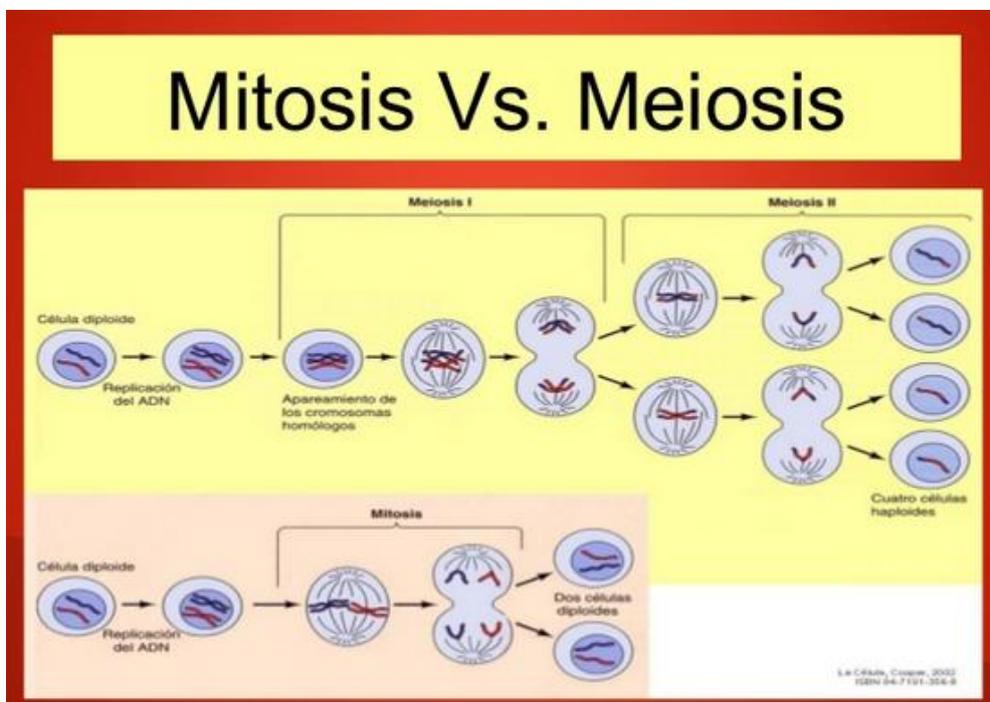
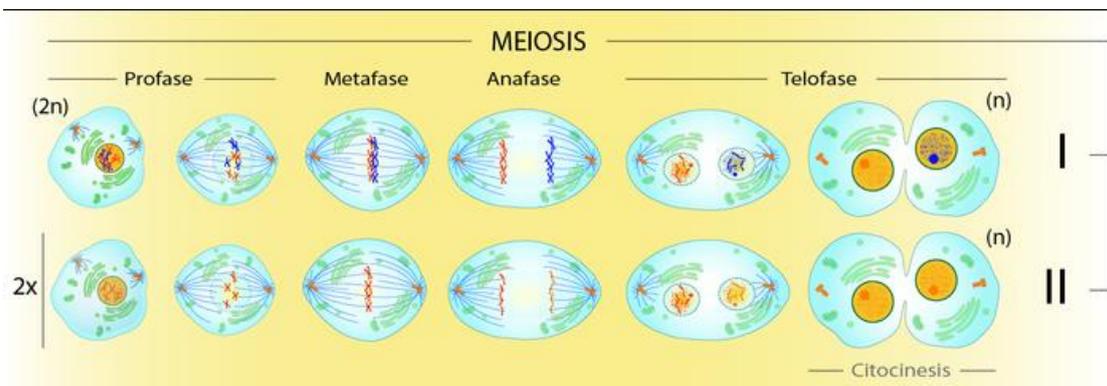
La primera división meiótica es larga, y en ella suceden los dos procesos básicos de la meiosis: la recombinación del material hereditario y la reducción cromosómica. En la profase I suelen distinguirse cinco subfases: leptotene, Zigotene, paquitene, diplotene y diacinesis. En el estadio de leptotene los cromosomas se hacen visibles. Los filamentos de ADN, previamente duplicados, comienzan a condensarse, lo que da lugar a cromosomas formados por dos cromátidas. La fase de zigotene se inicia con el emparejamiento de los cromosomas homólogos. Cada cromosoma se aparea longitudinalmente, gen a gen, con su homólogo correspondiente. Este proceso se conoce como sinapsis, y los elementos resultantes, formados por cuatro cromátidas se denominan tétradas. En la paquitene los filamentos cromosómicos se acortan, haciéndose más gruesos. Las cromátidas homólogas se unen íntimamente en algunos puntos, formando quiasmas.

A nivel de los quiasmas la cromátidas se rompen y se produce un intercambio de fragmentos de ADN entre los cromosomas homólogos. Este fenómeno recibe el nombre de sobrecruzamiento; como consecuencia del mismo, se produce una recombinación genética del material hereditario. En el estadio de diplotene los cromosomas homólogos inician su separación, permaneciendo unidos por los quiasmas. Durante la diacinesis se produce una contracción acentuada de los cromosomas y los puntos de unión entre las cromátidas se desplazan hacia los extremos de los cromosomas. En la metafase I los pares de cromosomas homólogos emigran al plano ecuatorial del huso, lo que da lugar a la placa metafásica, formada por pares de cromosomas homólogos (denominados bivalentes). En la anafase I se separan los cromosomas homólogos, yendo cada uno a un polo de la célula. De este modo, en la telofase I se forman los núcleos de las dos células hijas, habiendo recibido cada una de ellas un juego completo de cromosomas homólogos

con sus dos cromátidas. La segunda división meiótica, que es similar a la mitosis, tiene como misión separar las cromátidas de cada cromosoma.

Al final del proceso resultan cuatro células haploides cada una de las cuales tiene un juego completo de cromosomas con una sola cromátida. En función del instante en que se produce la meiosis, se distinguen tres tipos de ciclos biológicos:

- En el ciclo haplonte, la meiosis se produce inmediatamente después de la fecundación (meiosis zigótica). Cada una de las cuatro células haploides resultantes dará lugar a un individuo adulto haploide. En el adulto se formarán gametos por mitosis que, al unirse con los de otro individuo, formarán un cigoto diploide, comenzando de nuevo el ciclo. Este ciclo se da en algunas algas y hongos.
- El ciclo diplonte se da en los animales y, excepcionalmente, en algunas plantas. La meiosis tiene lugar al formarse los gametos (meiosis gametogénica). Tras la fecundación, el cigoto diploide origina un adulto diploide. En este ciclo, sólo los gametos presentan una dotación cromosómica haploide.
- Por último el ciclo haplodiplonte se da en los vegetales superiores. La meiosis tiene lugar al formarse las esporas (meiosis esporogénica). Una forma adulta de planta diploide, denominada esporofito, desarrolla unos esporangios, donde células diploides producen por meiosis esporas haploides (meiosporas). Estas esporas, al germinar, dan lugar a una forma adulta haploide, denominada gametofito, en la que se forman los gametos haploides. Tras la fecundación, el cigoto diploide da lugar a una nueva fase esporofítica diploide.



6. ORGÁNULOS

Una de las características del citoplasma de las células eucariotas es que está muy compartimentado, es decir mediante un **sistema de endomembranas** está dividido en numerosos compartimentos, en cada uno de los cuales se realizan diferentes funciones, necesarias para la supervivencia celular. Estos compartimentos delimitados por una membrana son los **orgánulos membranosos**.

Atendiendo a su estructura y función se diferencian dos tipos de orgánulos membranosos:

• **Orgánulos no energéticos.** Son el **retículo endoplasmático**, el **aparato de Golgi**, los **lisosomas** y las **vacuolas**. Estos orgánulos están rodeados por una membrana simple e intervienen en la síntesis, empaquetamiento y distribución de distintas sustancias así como en la digestión celular.

• **Orgánulos energéticos.** Son los **peroxisomas**, las **mitocondrias** y los **cloroplastos**. Excepto los primeros están rodeados por una doble membrana e intervienen en el metabolismo energético.

6.1. RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO.

Está formado por una **compleja red de membranas interconectadas** entre sí que se extiende por todo el citoplasma y forman una serie de cavidades de formas diversas: **sacos aplanados**, **túbulos**, **vesículas** etc. que se comunican entre sí, por lo que se cree que se trata de una sola membrana muy replegada que delimita un único espacio el **lumen**. Todas estas cavidades que forman el retículo representan el 10 % del volumen celular. La membrana del retículo se continúa con la membrana nuclear externa.

La membrana del RE puede tener adheridos ribosomas en el lado que da al hialoplasma, lo que nos permite diferenciar dos tipos de RE: **RE rugoso o granular** posee ribosomas y **RE liso** no tiene ribosomas.

6.2 RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO RUGOSO.

El retículo endoplasmático rugoso está formado por una serie de sacos aplanados o cisternas y vesículas, de tamaño variable que se comunican entre sí. Llevan ribosomas adosados a la cara externa de las membranas, que les dan aspecto rugoso de ahí el nombre. Los ribosomas se adhieren a la membrana por la subunidad mayor, en esta unión intervienen unas glucoproteínas transmembrana llamadas **riboforinas**.

Este retículo se continúa con el liso y con la envoltura nuclear, de hecho la envoltura nuclear se puede considerar como una parte de este retículo que se dispone alrededor del núcleo y lo separa del citoplasma.

Está presente en todas las células eucariotas excepto en los eritrocitos de los mamíferos, tampoco existe en las procariontas. El desarrollo y la distribución de este retículo varían según los diferentes tipos de células, está muy desarrollado en las células que intervienen en la síntesis de proteínas como las células secretoras de mucus.

Función:

- ✓ **Síntesis y almacenamiento de proteínas:** Los ribosomas, que hay adosados en la cara externa del RE rugoso, sintetizan proteínas. Estas proteínas pueden tener dos destinos:

-Algunas se incorporan a la membrana del retículo quedando como proteínas transmembrana.

-Otras son exportadas a otros destinos, incluido el exterior celular. Entonces pasan al interior de las cavidades (lumen) y de aquí pasaran al aparato de Golgi que se encargara de distribuirlas.

- ✓ **Glicosilación de proteínas:** Es el proceso mediante el cual a las proteínas sintetizadas por los ribosomas se unen oligosacáridos y forman las glicoproteínas. Este proceso se inicia en las cavidades del RE rugoso y se completa en el aparato de Golgi; por ello la mayoría de las proteínas sintetizadas en el RE rugoso son glicoproteínas, lo contrario de las proteínas que sintetizan los ribosomas que están libres en el hialoplasma.

6.3 RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO LISO.

Está formado por una red de finos túbulos interconectados que se extiende por todo el citoplasma. Sus membranas se continúan con las del retículo rugoso, pero no tiene ribosomas adosados a la parte externa.

Esta muy desarrollado en células que intervienen en el metabolismo lipídico, como los hepatocitos donde se sintetizan lipoproteínas o las células de las cápsulas suprarrenales donde se sintetizan hormonas esteroideas, etc. Igualmente abunda en las fibras musculares estriadas donde se llama retículo sarcoplásmico.

Funciones:

- ✓ **Interviene en procesos de detoxificación.** En las membranas del RE liso hay enzimas capaces de eliminar o reducir la toxicidad de sustancias perjudiciales para la célula, tanto si son producidas por ella misma mediante el metabolismo, como si proceden del exterior (conservantes, insecticidas, medicamentos, drogas, etc), para que puedan abandonar la célula y ser eliminadas al exterior por la orina o a través de la bilis. Estos procesos ocurren principalmente en el hígado.
- ✓ **Síntesis de lípidos:** En el RE liso se sintetizan la mayoría de los lípidos constituyentes de las membranas: fosfolípidos, colesterol, glucolípidos, etc. Solo los ácidos grasos se sintetizan en el citosol. Estos lípidos posteriormente son transportados hacia otros orgánulos mediante vesículas de transporte. Por consiguiente intervienen en la síntesis, almacenamiento y transporte de lípidos.
- ✓ **En células especializadas (células intersticiales del ovario, células de Leydig de los testículos, etc),** en el RE liso se sintetizan hormonas esteroideas a partir del colesterol.
- ✓ **Contracción muscular.** En las fibras musculares el retículo liso (retículo sarcoplásmico) libera iones de calcio acumulados en su interior, necesarios para la contracción muscular como respuesta a un estímulo nervioso.

6.4 APARATO DE GOLGI

Fue descubierto en 1898 por Camilo Golgi, al cual debe su nombre. El aparato de Golgi está formado por una serie vesículas aplanadas y discoidales llamadas **cisternas** que se disponen apiladas en grupos de 4 a 6; cada uno de estos apilamientos se llamada **dictiosoma**. Las cisternas que forman los dictiosomas están rodeadas de pequeñas vesículas.

El número de dictiosomas que forman el aparato de Golgi varía según el tipo de células.

El aparato de Golgi está presente en todas las células eucariotas excepto en los eritrocitos de mamíferos y su desarrollo depende de la función celular, en general está muy desarrollado en las células secretoras.

Se localiza cerca del núcleo, en las células animales los dictiosomas suelen rodear a los centríolos.

Estructura

El aparato de Golgi está **polarizado** esto quiere decir que en cada dictiosoma se diferencian dos caras con distinta estructura y función: la **cara cis o de formación** y la **cara trans o de maduración**.

- ✓ **La cara cis o de formación** tiene forma convexa, está relacionada con el RE y con la membrana nuclear externa. Está rodeada de pequeñas vesículas de transporte que se forman por gemación del RE, estas vesículas se denominan **vesículas de Golgi** o de **transición**; estas vesículas se fusionan con las cisternas de Golgi en esta cara.
- ✓ **La cara trans o de maduración** tiene forma cóncava, es la cara más cercana a la membrana plasmática. Está rodeada de vesículas más grandes, llamadas **vesículas de secreción**, que se forman por gemación a partir de las cisternas situadas en esta cara del dictiosoma. Entre ambas caras existen otras cisternas, cuyos bordes están rodeados de numerosas vesículas, llamadas **vesículas medianas**, estas vesículas transportan compuestos de unas cisternas a otras. Se forman por gemación del borde de una cisterna y se fusionan con la siguiente.

Función:

- ✓ **Interviene en el transporte y distribución celular de moléculas** sintetizadas en el RE (proteínas lípidos, etc.). Estas moléculas son transferidas desde el RE a las cisternas del dictiosoma situadas en la cara cis, mediante las vesículas de transición. Estas moléculas se desplazan a través de las cisternas del dictiosoma en dirección cis trans. Pasan de una cisterna a la siguiente mediante las vesículas medianas. Finalmente se liberan en la cara trans mediante las vesículas de secreción. Estas vesículas pueden acumularse en el citoplasma o se dirigen a la membrana y se fusionan con ella liberando su contenido al exterior mediante exocitosis. En este transporte a través del dictiosoma las proteínas sufren modificaciones necesarias para su maduración.
- ✓ **Forma lisosomas primarios** mediante un mecanismo similar al anterior.
- ✓ **Se completa la glicosilación de las proteínas** iniciada en el RE y se produce la **glicosilación de lípidos** para formar glicolípidos.
- ✓ **Interviene en la regeneración de la membrana plasmática**, ya que la fusión de muchas de las vesículas secretoras, procedentes del dictiosoma, con la membrana plasmática permite reponer los fragmentos de la membrana que se pierden mediante endocitosis.
- ✓ **Sintetiza y segrega los componentes de la pared celular** (celulosa, pectina, hemicelulosa).
- ✓ **Forma el acrosoma de los espermatozoides y la placa celular de las células vegetales que dará lugar a la lámina media**

7. LISOSOMAS

Son orgánulos que están presentes en todas las células eucariotas, si bien en las células vegetales son menos abundantes.

Los lisosomas son vesículas rodeadas por una membrana, que intervienen en la **digestión celular** ya que contienen gran cantidad de enzimas del tipo de las **hidrolasas ácidas** (proteasas, glucosidasas, lipasas, etc.). Estas enzimas catalizan la ruptura de diferentes tipos de enlaces (peptídicos, glucosídicos, éster etc) y por lo tanto son capaces de romper las macromoléculas y transformarlas en moléculas más simples (digestión). Son activas a un pH ácido (3-6).

La membrana del lisosoma es resistente a la acción de estas enzimas e impide la autodigestión celular, debido a que está rodeada internamente por una capa de **glucoproteínas**.

En la membrana lisosómica, hay una **bomba de protones**, que transporta H^+ desde el citosol al interior del lisosoma y mantiene en el interior un pH ácido próximo a 5 que permite que las enzimas sean activas, e igualmente hay **proteínas transportadoras** que permiten que salgan al citosol los productos resultantes de la digestión.

Formación y tipos de lisosomas:

Los lisosomas pueden ser de dos tipos:

- ✓ **Lisosomas primarios:** Sólo contienen enzimas hidrolíticas en su interior. Son vesículas de secreción que se desprenden por gemación de la cara tras de los dictiosomas del aparato de Golgi. Las enzimas que contienen se sintetizan en el RE rugoso.
- ✓ **Lisosomas secundarios:** Contienen además de enzimas otros compuestos en vías de digestión. Se forman al fusionarse un lisosoma primario con una vesícula que contiene un sustrato susceptible de ser digerido.

Función:

La principal función de los lisosomas es la **digestión celular**.

- ✓ **Digestión celular:** Según donde se realice puede ser de dos tipos:
 - Digestión extracelular:** Se realiza en el medio extracelular a donde vierten su contenido los lisosomas. Se da en los hongos.
 - Digestión intracelular:** Es la más frecuente, se realiza en el interior de la célula. Dependiendo de cuál sea la procedencia del material a digerir se diferencian dos procesos:

•Heterofagia.

En este proceso **se digieren compuestos procedentes del exterior**, que se incorporan dentro de la célula mediante endocitosis, quedando englobados en el interior de una vesícula (**endosoma**) con la cual se fusiona uno o varios lisosomas primarios y se forma un lisosoma secundario llamado **lisosoma heterofágico** o **vacuola digestiva**. En el interior de esta vacuola digestiva es donde se produce la digestión. Los productos resultantes atraviesan la membrana del lisosoma y pasan al citosol. Después de la digestión en el interior de los lisosomas secundarios quedan hidrolasas desnaturalizadas y restos no digeridos que forman los llamados **cuerpos residuales** que pueden expulsarse al exterior mediante exocitosis.

La heterofagia tiene una doble finalidad sirve para la nutrición celular y para defender al organismo mediante la ingestión microbios.

•Autofagia

Es el proceso mediante el cual **se digieren partes de la propia célula** (orgánulos envejecidos, etc). En este caso el orgánulo se rodea de una membrana procedente del REL formándose una vacuola llamada **autofagosoma**, con la que se fusiona uno o varios lisosomas primarios originándose un lisosoma secundario llamado **lisosoma autofágico** o **autofagolisosoma**, en él se produce la digestión.

8. MITOCONDRIAS

Generalidades

Las mitocondrias son orgánulos que están presentes en todas las células eucariotas. Suelen tener forma más o menos cilíndrica, con un diámetro comprendido entre 0,5 - 1 μm y 2 μm de longitud.

El número varía según la actividad celular, siendo especialmente abundantes en aquellas células que requieren un elevado aporte energético como por ejemplo las células musculares estriadas. Una célula puede llegar a tener hasta 2.000 mitocondrias.

Están dispersas por todo el citoplasma y se pueden desplazar por él asociadas a los microtúbulos. Se acumulan sobre todo en lugares donde se consume grandes cantidades de ATP, como la base de los cilios, entre las miofibrillas, etc.

Al conjunto de todas las mitocondrias de una célula se denomina **condrioma**.

Estructura y composición.

En las mitocondrias se diferencian las siguientes partes:

•Membrana mitocondrial externa.

Es la envoltura más externa, es lisa. Esta membrana es similar a otras membranas celulares. En ella destacan dos tipos de proteínas:

✓ **Proteínas transmembrana** llamadas **porinas**, que forman canales a través de la bicapa lipídica lo que la hace muy permeable, dejando pasar a la mayoría de las moléculas.

✓ **Enzimas** que intervienen en el metabolismo de los lípidos.

•Membrana mitocondrial interna.

Esta membrana no es lisa sino que presenta numerosos pliegues de formas diversas que se dirigen hacia el interior llamados **crestas mitocondriales**, estos pliegues aumentan su superficie y por ello su actividad. Esta membrana es bastante impermeable y sólo es completamente permeable al O_2 , CO_2 , H_2O .

Esta membrana posee más proteínas que otras (80 %) y menos lípidos (20 %) entre los que no hay colesterol.

En esta membrana se pueden distinguir tres tipos de proteínas:

✓ **Proteínas transportadoras**, que permiten el paso de iones y otras moléculas a través de la misma.

✓ **Proteínas que forman la cadena respiratoria**, estas proteínas transportan los electrones que se desprenden en las oxidaciones hasta el oxígeno molecular, son necesarias para que se produzca la fosforilación oxidativa en la que se genera la mayor parte del ATP.

✓ **Complejos enzimáticos ATP-sintetasa**, que catalizan la síntesis de ATP. Vistas al microscopio electrónico, aparecen como pequeñas partículas granulares llamadas **partículas F** u **oxisomas** que se localizan en la cara interna de esta membrana.

En estos complejos enzimáticos se diferencian tres partes:

-Una **base hidrófoba** que está integrada en la membrana

-Un **pedúnculo o región F_0**

-Una **región esférica o región F_1** de 9 nm de diámetro que esta hacia la matriz, constituye la parte catalítica del complejo.

•**Espacio intermembranoso:** Es el espacio que queda entre ambas membranas, debido a la permeabilidad de la membrana externa, tiene una composición similar a la del hialoplasma.

•**Matriz:** Es el espacio interno de la mitocondria, contiene:

-**Agua**, aproximadamente el 50 %.

-**ADN mitocondrial** que es **bicatenario** y **circular**, como el de las bacterias. Este ADN lleva la información para sintetizar algunas proteínas mitocondriales aunque la mayoría se sintetizan en el hialoplasma a partir de la información del ADN nuclear.

-**Ribosomas**, llamados **mitorribosomas**, son similares a los de las células procariotas.

-**Otros compuestos** como: ADP, ATP, iones de calcio, fosfato, y gran cantidad de enzimas.

Las **enzimas de la matriz** se las puede reunir en dos grupos:

1-**Enzimas** que intervienen en la **replicación, transcripción y traducción** del ADN mitocondrial.

2-**Enzimas** que intervienen en distintos **procesos oxidativos** (ciclo de Krebs, β -oxidación de los ácidos grasos, etc) que ocurren aquí.

Función

En las mitocondrias se producen principalmente tres funciones:

1) Se producen los distintos **procesos oxidativos de la respiración celular**, mediante los cuales la materia orgánica se oxida (degrada) completamente convirtiéndose en CO_2 y H_2O , y liberándose energía que se almacena en forma de ATP.

Las oxidaciones respiratorias que tienen lugar en las mitocondrias son:

En la **matriz mitocondrial** tienen lugar:

-La **descarboxilación oxidativa del ácido pirúvico** obtenido en la glucólisis, obteniéndose acetil-CoA y coenzima reducido ($\text{NADH}+\text{H}^+$).

-La **β -oxidación de los ácidos grasos** mediante la cual se obtiene acetil-CoA y coenzimas reducidos ($\text{NADH}+\text{H}^+$ y NADH_2).

-El **ciclo de Krebs**, son una serie de reacciones cíclicas mediante las cuales se oxida completamente el acetil-CoA convirtiéndose en CO_2 y coenzimas reducidos ($\text{NADH}+\text{H}^+$ y FADH_2).

En la **membrana mitocondrial interna** tiene lugar la **fosforilación oxidativa** mediante la cual se sintetiza ATP, gracias a la energía que se desprende al transportar a través de la cadena respiratoria los electrones que ceden los coenzimas reducidos que se han obtenido en las oxidaciones anteriores.

2) En la matriz mitocondrial se **sintetizan moléculas** que actúan como precursores para la biosíntesis de macromoléculas en el hialoplasma.

3) En los ribosomas de la matriz se sintetizan las **proteínas mitocondriales** que están codificadas por el ADN mitocondrial. Representan el 10 %, el resto se sintetizan en el citosol.

9. RIBOSOMAS

Se les denomina también "**gránulos de Palade**" ya que fueron descubiertos por este científico en 1953. Son orgánulos más o menos esféricos, **carentes de membrana** que debido a su tamaño tan reducido sólo son visibles con el microscopio electrónico.

Los ribosomas están presentes en **todas las células** (procariotas y eucariotas) excepto en los espermatozoides y en los eritrocitos son escasos.

En las células eucariotas pueden localizarse en distintos lugares:

- **Libres en el hialoplasma**, bien aislados o bien unidos varios de ellos entre sí por la subunidad menor mediante un filamento de ARN_m formando **polisomas o polirribosomas**.

- **Unidos** por la subunidad mayor a la cara externa de la membrana del **retículo endoplasmático rugoso** o a la cara citoplasmática de la **membrana nuclear**, en esta unión intervienen dos glucoproteínas denominadas **riboforinas I y II**.

- En el interior de **mitocondrias** (mitorribosomas) y **cloroplastos** (plastorribosomas), estos son similares a los de las células procariotas.

Los ribosomas están formados por **varias moléculas de ARNr** asociadas a más de 50 tipos **diferentes de proteínas**.

En 1959 Slayter y Hall demostraron que estaban formados por **dos subunidades** de diferentes tamaños: una **subunidad mayor** y una **subunidad menor**. Ambas subunidades permanecen separadas en el hialoplasma y únicamente se unen cuando van a sintetizar la proteína.

En las células eucariotas los ribosomas son mayores, tienen un coeficiente de sedimentación de 80 S, la subunidad mayor de 60 S y la pequeña de 40 S.

En las células procariotas los ribosomas son más pequeños, son similares a los de las mitocondrias y cloroplastos, tienen un coeficiente de sedimentación de 70 S, la subunidad mayor de 50 S y la menor de 30 S.

En las células eucariotas las dos subunidades se forman en el **nucléolo**, en él se unen los ARN_r que se sintetizan en el núcleo y las proteínas ribosomales que se sintetizan en el hialoplasma y emigran al nucléolo. Una vez formadas estas subunidades salen a través de los poros de la membrana nuclear al citoplasma y allí se ensamblan para formar el ribosoma.

Función.

En ellos se produce la **síntesis de proteínas**, es decir se traduce la información (secuencia de nucleótidos) del ARN_m en una determinada proteína. Ya que los ribosomas van leyendo la secuencia de nucleótidos del ARN_m y van uniendo los aminoácidos según determina esta secuencia. Una vez finalizada la síntesis las dos subunidades se separan.

Las proteínas sintetizadas por los ribosomas que están libres en el hialoplasma quedan en el citosol, las que sintetizan los ribosomas del retículo, pasan al interior del retículo y de allí se incorporan a otros orgánulos o son secretadas al exterior celular.

10. EL NUCLEO

El núcleo fue descubierto en 1830 por el botánico escocés Brown en las células vegetales. Es un orgánulo membranoso característico de las **células eucariotas** tanto animales como vegetales.

El núcleo dirige el **funcionamiento celular** ya que en él se localiza la mayor parte del **ADN celular** que lleva la información genética. En el núcleo se **sintetizan** todos los tipos de **ARN** por transcripción del ADN, entre ellos el ARNm que después será traducido en los ribosomas en una determinada proteína. Igualmente en el núcleo se produce la **duplicación del ADN** para así poder transmitir la información genética completa a las células hijas cuando la célula se divide. El núcleo presenta dos estructuras diferentes según el momento del ciclo celular en el que se encuentre la célula: el **núcleo interfásico** cuando la célula está en la interfase y el **núcleo mitótico o en división** cuando la célula se está dividiendo.

El núcleo interfásico es la estructura que tiene el núcleo durante la interfase, es decir cuando la célula no se divide, por eso también se le denominaba núcleo en reposo, hoy día esta denominación no se utiliza debido a que en esta etapa su actividad metabólica es máxima.

En este núcleo se diferencian las siguientes partes: la **envoltura nuclear**, el **nucleoplasma**, el **nucléolo** y la **cromatina**.

10.1. ENVOLTURA NUCLEAR

Es la envoltura que rodea al núcleo y lo separa del resto del citoplasma. Deriva del retículo endoplasmático rugoso, se cree que son cavidades del retículo que se disponen alrededor del material nuclear.

La envoltura nuclear es doble, está formada por dos membranas: la **membrana nuclear externa** y la **membrana nuclear interna**, entre ambas queda un pequeño espacio denominado **espacio perinuclear** que se continúa con el espacio del retículo.

- La **membrana nuclear externa** se continúa con la membrana del retículo rugoso, y tiene adosados ribosomas en su cara externa, la que da al citosol.

- La **membrana nuclear interna**, lleva asociada a su cara nucleoplásmica, una red de filamentos proteicos que forman la **lámina fibrosa** o **corteza nuclear**. Esta lámina interviene en la formación de la envoltura nuclear después de la mitosis y en la organización de la cromatina.

La envoltura nuclear no es continua sino que cada cierto trecho las dos membranas se unen originando unos orificios denominados **poros nucleares**.

El nucleoplasma es el medio interno del núcleo, es similar al hialoplasma; está formado por una disolución coloidal compuesta por: **agua**, **iones**, numerosas **proteínas** algunas como las **histonas** intervienen en el empaquetamiento del ADN, otras son **enzimas** que intervienen en la replicación y transcripción del ADN, **nucleótidos** necesarios para la síntesis de los ácidos nucleicos, etc. Inmersos en el nucleoplasma se encuentran el **nucléolo** y la **cromatina**.

En el nucleoplasma se realiza la **transcripción del ADN** y por consiguiente la síntesis de los diferentes tipos de ARN y la **replicación del ADN**.

El nucléolo es un corpúsculo esférico que se localiza inmerso en el nucleoplasma cerca de la envoltura nuclear. Solo es visible durante la interfase, cuando comienza la mitosis desaparece volviendo a aparecer nuevamente al final de la misma cuando los cromosomas se desespiralizan de nuevo para formar un nuevo núcleo. El nucléolo está compuesto por: **ARN, ADN y proteínas.**

En el nucléolo se **fabrican las subunidades de los ribosomas.** En él se sintetiza los diferentes tipos de ARNr. Las proteínas ribosomales se sintetizan en el hialoplasma, una vez formadas pasan a través de los poros de la membrana nuclear y van al nucléolo, allí se ensamblan con los ARNr y se forman las subunidades de los ribosomas que una vez formados saldrán al citoplasma a través de los poros nucleolares.

La **cromatina** es el componente más importante del núcleo. Con este nombre se designa al **material genético (genoma) de la célula eucariota durante la interfase.** Recibe este nombre por la capacidad que tiene de teñirse intensamente con colorantes básicos. Las fibras que constituyen la cromatina están formados por **ADN** que está asociado a **proteínas histonas**, además hay otras **proteínas no histónicas** en su mayoría enzimas que intervienen en la transcripción y replicación del ADN.

Las función principal de la cromatina es la de proporcionar la información genética necesaria para, mediante la transcripción sintetizar los diferentes tipos de ARN. Además, otra función es la de conservar y transmitir la información genética contenida en el ADN. Para ello se produce la duplicación del ADN, originándose dos moléculas de ADN iguales que quedaran unidas por un punto.

Cuando la célula comienza a dividirse, las fibras de cromatina compleja se pliegan formando una serie de bucles que se empaquetan alrededor de un armazón proteico (no histónico) que constituye el esqueleto del cromosoma, originándose unas formaciones filamentosas más anchas y cortas en las que se observa su individualidad: los **cromosomas.** Por lo tanto cromosomas y cromatina es lo mismo pero en dos momentos distintos del ciclo celular.

Los cromosomas son formaciones filamentosas más o menos alargadas, que están inmersos en el nucleoplasma. Se forman por condensación de las fibras de cromatina. Solo son visibles como estructuras individuales cuando la célula se divide. Tienen la misma composición que las fibras de cromatina: ADN y proteínas histonas, que se enrollan y pliegan alrededor de un eje de proteínas no histónicas.

Según el momento de la división en que se observen se diferencian dos tipos de cromosoma:

- Cromosoma metafásico.** Es el que se observa durante la metafase, está formado por dos filamentos idénticos que se disponen paralelos entre sí y unidos por el centrómero.

- Cromosoma anafásico.** Es el que se observa durante la anafase, está formado por un solo filamento porque ya se han separado las cromátidas.

El número de cromosomas de una especie cumple la **ley de la constancia numérica** según la cual todos los seres vivos pertenecientes a la misma especie, tienen en todas sus células

el mismo número de cromosomas, excepto en las células sexuales que tienen la mitad. Este número es característico de la especie. En el hombre es de 46.

El número de cromosomas de una especie no guarda relación alguna con el nivel evolutivo alcanzado por la especie, así la especie humana tiene 46 mientras que algunos protoctistas llegan a tener hasta 300

Los seres vivos atendiendo al número de cromosomas de sus células los podemos dividir en dos grupos:

-Seres diploides: Son seres que tienen en todas sus células somáticas, dos copias iguales de cada uno de los cromosomas, es decir tienen dos juegos iguales de cromosomas uno de origen paterno y otro de origen materno. Estos seres tienen $2n$ cromosomas que forman n parejas. A este número de cromosomas que tienen estas células se le denomina **número diploide**. La mayoría de las especies son diploides.

-Seres haploides: Son seres en los que, los cromosomas de sus células son todos diferentes, tienen un solo juego de cromosomas. Estos seres tienen n cromosomas. A este número se le denomina **número haploide**. También tienen número haploide los gametos de los seres diploides.

Las parejas de cromosomas homólogos las podemos dividir en dos grupos:

-Autosomas: Son las parejas de cromosomas homólogos que no determinan el sexo. Son todas menos una.

-Heterocromosomas o cromosomas sexuales: Es la pareja de cromosomas homólogos que determina el sexo del individuo.

En el hombre: $46 \text{ cromosomas} = 23 \text{ parejas de homólogos} = 22 A + 1 H$

El cariotipo es la representación gráfica del conjunto de parejas cromosomas homólogos de una célula que aparecen en la metafase, ordenados y numerados de mayor a menor. En último lugar siempre se ponen los heterocromosomas.

BIBLIOGRAFÍA

-Amabis, M. y Rodrigues, Gilbert. (2011). Biología III Genética, evolución y ecología. Barcelona: Santillana.

- García, Mariano. Furió, J. y García, Á (2011). Editorial ECIR.

-Velasco Santos, JM. (2009). 2BAC BIOLOGÍA 2 BACHILLERATO. Editorial Editex.

Enlaces

1. AULA VIRTUAL DE BIOLOGÍA: <http://www.um.es/molecula/anucl.htm>
2. CURSO DE BIOLOGÍA: <http://www.bionova.org.es/biocast/tema09.htm>