



BLOQUE II: LA CÉLULA VIVA. MORFOLOGÍA, ESTRUCTURA Y FISIOLOGÍA CELULAR

TEMAS 1, 2, 3, 4 Y 5

1. La célula: unidad de estructura y función.
2. Microscopio óptico y microscopio electrónico: herramientas para el estudio de las células.
3. Célula procariótica y eucariótica.
4. Células animales y vegetales.
5. Célula eucariótica. Componentes estructurales y funciones. Importancia de la compartimentación celular.
 - 5.1. Membranas celulares: composición, estructura y funciones.
 - 5.2. Pared celular en células vegetales.
 - 5.3. Citosol y ribosomas. Citoesqueleto. Centrosoma. Cilios y flagelos.
 - 5.4. Orgánulos celulares: mitocondrias, peroxisomas, cloroplastos, retículo endoplasmático, complejo de Golgi, lisosomas y vacuolas.
 - 5.5. Núcleo: envoltura nuclear, nucleoplasma

1. LA CÉLULA: UNIDAD DE ESTRUCTURA Y FUNCIÓN.

La **Teoría Celular**, elaborada en el siglo XVIII y ampliada en el siglo XIX, actualmente puede resumirse en cuatro principios:

1. Todos los organismos están compuestos de células. La célula es la **unidad estructural** de los seres vivos.
2. Cada célula intercambia materia y energía con su medio, dándose constantemente las reacciones metabólicas. En una célula se dan todas las funciones vitales (nutrición, relación y reproducción). De este modo, podemos referirnos a la célula como la unidad fisiológica de la vida. En las células tienen lugar las reacciones metabólicas de organismo y por ello la célula es la **unidad fisiológica** o de función de los seres vivos (fisiología = funcionamiento).
3. Las **células provienen siempre de otras células** preexistentes. No hay por tanto lugar para la generación espontánea.
4. Cada célula contiene toda la información hereditaria necesaria para controlar su propio desarrollo y la transmisión de esa información a la siguiente generación de células. De este modo, la célula también es la **unidad genética**.

Aunque puedan parecer unos postulados ingenuos, debemos tener en cuenta que no fue fácil llegar a la conclusión de que todos los seres vivos están constituidos por células, ya que en algunos tejidos están tan diferenciadas o especializadas que es difícil reconocerlas como tales (Ramón y Cajal recibió el premio Nobel por demostrar que el tejido cerebral está compuesto por células). Por otra parte, el debate sobre la generación espontánea se cerró definitivamente gracias a las demostraciones hechas por Louis Pasteur (última mitad del siglo XIX).

Las células son estructuras altamente organizadas que se componen de biomoléculas y, como ya se ha comentado, una célula es el ser vivo o la parte más pequeña de este con los elementos necesarios para permanecer con vida.

En cuanto al origen de la vida, seguimos sin poder dar una respuesta exacta al cómo y al cuándo, pero queda demostrada la universalidad del código genético y con ello la certeza de que todos los seres vivos somos parientes y procedemos de antepasados comunes. También hay

pruebas ciertas de la gran antigüedad de la aparición de los primeros seres vivos en nuestro planeta. LUCA: http://www.abc.es/ciencia/abci-luca-primer-vivo-tierra-201607271402_noticia.html

[En el año 2.005, el estado norteamericano de Kansas tomó la decisión de que, en los institutos públicos, a la vez que en Biología se explicase la teoría de Darwin sobre la evolución por selección natural, también habría que explicar la que se ha dado en llamar “teoría del diseño inteligente”. Al tratarse de creencia y no de ciencia, es incorrecto llamarla teoría. Las viejas ideas creacionistas ahora se disfrazan de teorías pseudocientíficas. Ya no impone que haya que creer lo que dice la Biblia literalmente, ahora el diseño inteligente dice que los seres vivos son demasiado complejos para haber podido surgir unos de otros por simple evolución y por lo tanto, queda demostrado que hay un diseñador inteligente (dios) detrás de ellos.

Curiosa esta página sobre el flagelo bacteriano y nuestro creador, el sumo hacedor:

<http://www.allaboutcreation.org/spanish/pruebas-de-la-existencia-de-dios.htm>

2. MICROSCOPIO ÓPTICO Y MICROSCOPIO ELECTRÓNICO: HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DE LAS CÉLULAS.

La **Tecnología** es una ciencia aplicada a la resolución de problemas concretos con la finalidad de crear soluciones útiles. La Tecnología puede definirse como el conjunto de **conocimientos, técnicas y herramientas** que permiten al ser humano **modificar su entorno para satisfacer sus necesidades**.

[**Ciencia** es el conjunto de conocimientos que se organizan de forma sistemática obtenidos a partir de la observación, la experimentación y el razonamiento, empleando el llamado método científico. Se suele distinguir entre **Ciencias Puras, Fundamentales o Básicas** que son aquellas investigaciones científicas en las que solo se busca obtener conocimiento de un determinado sector de la realidad y **Ciencias aplicadas** que son aquellas que, empleando los conocimientos obtenidos de las ciencias básicas, buscan soluciones a problemas, ya sea la creación de un producto o de una herramienta. Conocer qué son los genes y cómo se transmiten entra dentro de la ciencia pura llamada Genética. Buscar la manera de cortar y pegar genes (obtener organismos transgénicos) formaría parte de la Genética aplicada].

[Unos alicates, un coche, una batidora, una jeringuilla, un ventilador, una presa o un microscopio son productos tecnológicos –hay decenas de miles de ellos- que modifican el entorno en cuanto a que hacen nuestra vida más fácil (en principio).

Tecnología es una palabra de origen griego que significa *arte, técnica, oficio o destreza (Tecnos)*, y el estudio de algo (logos).

La ciencia (en cualquier rama) utiliza la tecnología, pues es necesaria para avanzar en la investigación. No es posible hacer ciencia sin el aporte de los equipos tecnológicos. Pero también es cierto que no es posible el desarrollo tecnológico sin el avance en los conocimientos científicos (sin los conocimientos científicos sobre la naturaleza de las ondas electromagnéticas no se habrían podido inventar los móviles o la resonancia magnética. Sin el avance en Óptica -una ciencia dentro de la Física- no se habrían podido mejorar las lentes y con ellas los microscopios. De ahí que, en el mundo contemporáneo,



Ciencia y Tecnología están ligadas por una relación de interdependencia que nos podría recordar a la “simbiosis” que se da en el mundo biológico entre dos especies que se ayudan mutuamente].

El desarrollo de la ciencia de la Biología está marcado, sin duda, por el avance de la tecnología. El invento tecnológico del microscopio marcó un antes y un después en el estudio de los seres vivos, al permitir descubrir los microorganismos y las estructuras que los constituyen, las células. Las mejoras técnicas de los microscopios ópticos a lo largo de varios siglos y del microscopio electrónico, entrado el siglo XX, fueron decisivos en el avance de la Biología. A la vez que mejoraron los microscopios se desarrollaron las técnicas de tinción de las muestras, así como los aparatos de corte o micrótomos que permiten prepararlas.

Repasaremos, de modo resumido, los principios básicos de funcionamiento de ambos tipos de microscopio. [En la presentación de diapositivas se puede apreciar la evolución de estos instrumentos a lo largo del tiempo].

Microscopio Óptico

El microscopio óptico consta de un tubo en cuyos extremos se sitúan dos sistemas de lentes: el **ocular**, lente (o lentes) próxima al ojo y **objetivo**, lente (o lentes) cercana al objeto de estudio.

La **platina** es una plataforma donde se coloca el **portaobjetos** con la muestra. La fuente luminosa es normalmente una bombilla. También hay lentes que concentran la luz sobre la muestra, este dispositivo es el **condensador**. Todo el soporte se denomina **columna**. Hay dos tipos de tornillos que van a permitirnos un perfecto enfoque: tornillo **macrométrico** y tornillo **micrométrico**.

El número de aumentos total es el producto de los aumentos del ocular y objetivo. Los objetivos, normalmente 4, se colocan en un dispositivo giratorio, denominado **revólver** que permite sustituirlos con facilidad, con aumentos generalmente de x3, x10, x30 y x100. El aumento del ocular suele ser x10 o x15.

Todas las lentes tienen defectos, son las conocidas aberraciones. Tipos de aberraciones:

- Esférica: no es posible enfocar homogéneamente por toda la superficie.
- Cromática: aparecen alteraciones de color en el contorno de los objetos observados.

Para corregir las aberraciones, las lentes deben ser de la mayor calidad y colocando varias seguidas se consigue que unas corrijan las aberraciones de otras. Pero todo esto tiene un límite, de ahí que hasta los mejores microscopios ópticos solo puedan aumentar las imágenes hasta un máximo.

La calidad de la imagen observada depende de varios parámetros, pero sobre todo del **poder de resolución**, que es la distancia más pequeña entre dos puntos que pueden distinguirse como dos formas separadas y no como una sola. A mayor calidad del microscopio, mayor poder de resolución.

El máximo aumento de un microscopio óptico depende por lo tanto de la calidad de las lentes y del límite máximo de resolución. Esto lleva a conseguir como mucho unos **1.500 aumentos**.

Existen varios tipos de microscopio óptico en función de cómo se aplique la luz e incluso del tipo de luz empleado. Cada uno de ellos puede resultar de más utilidad para observar según qué tipo de preparaciones.

- Microscopio óptico de campo claro: el más utilizado, observamos en él un fondo luminoso sobre el que destaca, más oscuro, el objeto a estudiar.

- Microscopio óptico de campo oscuro: al contrario, el fondo es de color oscuro pero lo que observamos, es decir, el microorganismo está claro. Se consigue mediante un condensador especial.

-Microscopio óptico de contraste de fases: Las estructuras internas de las células presentan diferentes índices de refracción. Estas pequeñas diferencias pueden ponerse de manifiesto con este tipo de microscopio (emplea objetivos y condensadores especiales). Se emplea para observar células vivas, dado que la mayoría de los tintes que se utilizan para observación les producen daños.

-Microscopio óptico de luz ultravioleta. La luz ultravioleta no es visible por el ojo humano. Pero existen colorantes y también muestras que producen el efecto de fluorescencia. La fluorescencia es la emisión de luz visible por un objeto cuando es iluminado con luz ultravioleta.

-Microscopio de luz polarizada. Sobre la luz polarizada se habla más detenidamente al estudiar las isomerías en el tema referente a los glúcidos. Este tipo de microscopio se emplea en biología y también en geología (microscopio petrográfico).

Microscopio Electrónico

En el microscopio electrónico la luz se sustituye por un haz de electrones que pasan por un tubo (para mejorar el paso de los electrones, en el tubo se ha hecho el vacío). Alcanza una resolución mucho mayor que el microscopio óptico. Ello permite la observación de las estructuras interiores de las células e incluso la de virus.

El aumento total del microscopio electrónico llega a ser de **X2.000.000** (frente a X1.500 del microscopio óptico).

El haz de electrones es lanzado por un cañón en el que se establece una diferencia de potencial, entre sus dos extremos. El chorro de electrones pasa a través de la muestra a observar, que está colocada en una rejilla, los electrones al atravesar la muestra se desvían, se reflejan o pasan sin modificar su trayectoria, alcanzando una pantalla fluorescente o una placa fotográfica donde dejan su huella. La imagen formada por todos ellos es siempre en blanco y negro (escala de grises).

Al ser muy pequeños, los electrones pueden pasar a través de huecos también muy pequeños lo cual permite alcanzar una alta resolución.

Si en el M.O. las lentes de vidrio dirigen adecuadamente la luz hacia el ocular, en el M.E. los electrones son canalizados correctamente dentro del cañón mediante "lentes" constituidas por electroimanes que atraen y repelen el haz en función de las necesidades. Hay que saber que un M.E. es mucho más complejo de construcción y de manejo que un M.O.

Encontramos dos tipos diferentes de microscopio electrónico:

- Microscopio electrónico de transmisión, sirve para observar estructuras internas de la célula.

-Microscopio electrónico de barrido, los electrones no atraviesan la muestra, sino que son



reflejados por esta y recogidos en una pantalla. Con este tipo de microscopio vemos la estructura externa de las células a observar y también organismos pluricelulares de pequeño tamaño y sus órganos.

3. CÉLULA PROCARIÓTICA Y EUCARIÓTICA.

Pese a la enorme diversidad de formas vivientes (casi 2 millones de especies clasificadas) solo existen dos modelos de organización celular. Se comentan solo las diferencias más notables ya que tanto uno como otro serán estudiados en profundidad a lo largo de esta asignatura.

Células procariotas: son más pequeñas, más sencillas, más antiguas (se sabe por los restos fósiles que existen desde al menos 3.800 millones de años), su material genético no está separado del citoplasma por ninguna envoltura, es decir, no poseen núcleo y tienen muy poca variedad de orgánulos (ribosomas). Presentan este tipo de organización celular los organismos del reino MONERAS, es decir, bacterias y cianobacterias (algas cianofíceas).

Células eucariotas: son más grandes, más complejas, más modernas (aparecen hace unos 2.000 millones de años), poseen el material genético rodeado por una membrana, tienen por lo tanto núcleo (del griego *eu* = verdadero o bueno y *carion* = núcleo) y presentan gran variedad de orgánulos, muchos de ellos membranosos, especializados en diferentes funciones. Son eucariotas los seres de los demás reinos taxonómicos: PROTISTAS (protozoos y algas), METAZOOS (animales), METAFITAS (vegetales) y FUNGI (hongos).

4. CÉLULAS ANIMALES Y VEGETALES.

Dentro del modelo de organización eucariota se distinguen dos tipos celulares. Las células animales y las células vegetales [Por algún motivo, las células de los hongos no se tienen nunca en cuenta a pesar de tener también sus características propias].

En términos muy generales se dice que las diferencias entre ambos tipos de células comienzan por el tipo de nutrición que poseen, heterótrofa las animales y autótrofa las vegetales. Las células vegetales poseen cloroplastos que les permiten realizar la fotosíntesis y una pared exterior, que puede llegar a ser muy gruesa y compleja, básicamente constituida por celulosa. Así mismo, no presentan centrosoma, aunque durante la reproducción celular sí se forma un huso acromático poco patente. Suelen tener una gran vacuola rellena de líquido que ocupa una parte importante de su espacio citoplasmático y que sirve de esqueleto hidrostático. Las células animales no tienen pared celular ni cloroplastos y sí poseen centrosoma y los lisosomas suelen ser numerosos.

No debe nunca olvidarse que tanto las células vegetales como las animales poseen mitocondrias.

5. CÉLULA EUCARIÓTICA. COMPONENTES ESTRUCTURALES Y FUNCIONES. IMPORTANCIA DE LA COMPARTIMENTACIÓN CELULAR.

Las células eucariotas son más complejas que las procariotas, pero sin duda derivan de estas ya que poseen ciertas semejanzas, como el hecho de tener una membrana citoplasmática que separa la célula del medio circundante, y que en el interior hay un líquido, el **hialoplasma o citosol**. En la célula eucariota, el hialoplasma y los orgánulos que se encuentran inmersos en él constituyen el **citoplasma**. Además, en el interior celular hay que destacar otra estructura, el núcleo. Se trata de una vesícula formada por una doble membrana que aloja en su interior el material genético. El resto de los orgánulos se enuncian seguidamente, tras hacer una distinción entre los dos grandes

tipos de células eucariotas, cuya mayor diferencia se encuentra en el modo de nutrición: células animales, que son heterótrofas y, células vegetales que son autótrofas fotosintéticas. (No deben dejar de mencionarse las células de los hongos, también heterótrofas).

Ambos tipos de células (autótrofas y heterótrofas) coinciden en una serie de orgánulos, pero cuentan también con otros específicos. Son orgánulos y estructuras comunes:

- Membrana plasmática o citoplasmática. Es la capa que rodea a la célula y está en contacto con el citoplasma.
- Retículo endoplásmico o endoplasmático (R.E.). Conjunto de cisternas y sacos que se distribuyen por el citoplasma y rodean al núcleo. Tiene como funciones más generales sintetizar lípidos y transportarlos, así como almacenar proteínas fabricadas por los ribosomas.
- Ribosomas. Se encargan de la síntesis de proteínas.
- Aparato de Golgi. Conjunto de vesículas y sacos donde se sintetizan glúcidos y se almacenan sustancias de todo tipo que pueden ser expulsadas al exterior.
- Núcleo. Ya mencionado.
- Lisosomas. Son vesículas rodeadas de membrana que contienen enzimas, fundamentalmente digestivas (hidrolasas). Interiormente están tapizadas por moléculas que impiden la digestión de la propia membrana por las enzimas.
- Mitocondrias. Son orgánulos rodeados por doble membrana. Su función es la de realizar la respiración celular, o combustión, para obtener energía (ATP) a partir de materia orgánica y oxígeno.
- Vacuolas. Son vesículas rodeadas por membranas y rellenas de líquidos y sustancias que pueden tener diferentes funciones (reserva, desecho, esqueleto hidrostático...).

Los orgánulos exclusivos de las células animales son:

- Centrosoma. Es una estructura formada por dos cilindros dispuestos perpendicularmente denominados centriolos constituidos por proteínas. Cada cilindro se compone de tubos muy finos. Interviene en el proceso de separación de los cromosomas durante la reproducción celular. Para ello, se produce una duplicación de los dos cilindros y una emigración a polos opuestos de la célula de cada pareja, a la vez que se sintetizan unas fibras proteicas que constituirán el huso acromático. También aparecen en la base de los cilios y los flagelos responsables del movimiento de las células. (Centriolos de igual naturaleza contienen los flagelos de las algas, aunque no suelen denominarse centrosoma).

Los orgánulos exclusivos de las células vegetales son:

- Cloroplastos. Son orgánulos con doble membrana en los que se hallan situados los sistemas enzimáticos encargados de la fotosíntesis.
- Pared celular. Estructura situada por fuera de la membrana plasmática y constituida básicamente por celulosa.



Podríamos añadir que las células de los hongos poseen una pared celular semejante a la de las células vegetales pero compuesta de quitina (el mismo material que el que forma el exoesqueleto de los animales artrópodos).

Tras este somero repaso a los componentes de la célula eucariota, debe plantearse el origen de dichas células que, por lo que sabemos, son más modernas que las procariotas. La teoría más atractiva, y a la vez más aceptada, considera a estas células procedentes de una célula procariota “gigante” que en algún momento de su historia habría incluido (se habría comido sin llegar a digerir) a una pequeña célula procariota quizás especializada en obtener energía mediante reacciones de oxidación. Dicha célula sería la precursora de las mitocondrias. En las células vegetales, los cloroplastos tendrían un origen semejante. En ambos casos se trataría de asociaciones mutualistas, ventajosas para ambas especies.

Las pruebas de esta **simbiosis** son la presencia de material genético en forma de anillo de ADN, idéntico al de las bacterias; la presencia de ribosomas de tipo procariota, que hacen que mitocondrias y cloroplastos tengan una cierta autonomía y sean capaces de reproducirse dentro de la propia célula y también el hecho de tener doble membrana (la interna, propia de la célula fagocitada y la externa, procedente de la vesícula fagocítica). Otras pruebas indirectas son las aportadas por casos conocidos de simbiosis intracelular (por ejemplo, algas unicelulares que viven dentro del protozoo paramecio). Esta **TEORÍA DE LA ENDOSIMBIOSIS** ha sido enunciada por la estadounidense [Lynn Margulis](#) (y también propone que los flagelos y aun los centriolos tienen un origen semejante). [Las mitocondrias que poseemos en nuestras células proceden todas de nuestras madres, ya que el espermatozoide no aporta ninguna y, por lo tanto, los genes mitocondriales siempre son una herencia materna].

A continuación, se describirán con detalle los orgánulos y estructuras de las células eucariotas.

5.1. MEMBRANA PLASMÁTICA: COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y FUNCIONES.

La membrana plasmática es una envoltura continua que, por un lado, está en contacto con el medio exterior y, por el otro, con el citoplasma celular. Tiene un espesor medio de 7nm ($7 \cdot 10^{-9}$ m) y aparece al microscopio electrónico como una capa triple. Son muy semejantes las membranas de las células eucariotas y procariotas.

Composición química y estructura: químicamente, las membranas citoplasmáticas están constituidas por proteínas y lípidos en proporciones que, aunque difieren según los organismos, pueden ser consideradas por término medio del 60% de proteínas y el 40% los lípidos. También existe una pequeña proporción de glúcidos asociados a los anteriores componentes.

Lípidos:

Los lípidos más abundantes son FOSFOLÍPIDOS, GLICOLÍPIDOS y COLESTEROL. Presentando los dos primeros un marcado carácter anfipático y en medio acuoso se disponen en forma de **bicapa lipídica**, que no tiene por qué ser simétrica ni homogénea en cuanto a la distribución de estas moléculas. La bicapa se forma por reacción de las moléculas anfipáticas frente al agua: las “cabezas” polares se orientan hacia el agua exterior e interior de la célula y las “colas” hidrófobas se enfrentan en el interior de la bicapa. Ver esquema. Esta bicapa aporta fluidez a la membrana, gozando las diferentes moléculas de una amplia movilidad. Los fosfolípidos no están unidos por

enlaces covalentes ni de otro tipo: es simple repulsión de sus porciones hidrófobas y de acercamiento de las hidrófilas.

[El grupo de las bacterias llamado arqueobacterias o bacterias extremófilas, capaces de soportar altas temperaturas, muy bajo pH, alta salinidad, es decir, condiciones extremas, presenta una membrana plasmática diferente, en la que sus componentes se encuentran unidos por enlaces covalentes fuertes. Son la excepción a la norma].

Proteínas:

Hay muchos tipos y su situación en la bicapa va a depender de su afinidad con el agua. Según esta característica, diferenciamos entre:

Proteínas transmembrana o intrínsecas, que son aquellas que atraviesan la doble capa. Constituyen un 70% del total.

Proteínas parcialmente introducidas en la bicapa y con una parte asomando al exterior de ella (bien al exterior o bien al interior celular) también llamadas **extrínsecas o periféricas**. Son el 30% restante.

Las proteínas también pueden desplazarse dentro de la membrana, aunque con menor facilidad que los lípidos. [Dibujar esquemas].

Glúcidos:

Los glúcidos se asocian bien a lípidos (glicolípidos) o bien a proteínas (glicoproteínas) de la membrana. Estos componentes se sitúan en la cara de la membrana que da al medio externo y forman una especie de cubierta llamada **glicocáliz o glucocálix**. Esta disposición de los azúcares, que son siempre oligosacáridos, junto con la distribución de los diferentes lípidos y proteínas, da a la membrana plasmática una clara **asimetría**. (La bicapa lipídica junto con el glicocáliz da la estructura de tres capas al microscopio electrónico).

Este modelo de membrana fue propuesto por *Singer y Nicholson* en 1.972 y se denomina de **MODELO DE MOSAICO FLUIDO**.

De forma resumida postula lo siguiente:

1. Los lípidos y proteínas que forman la membrana constituyen un mosaico porque están formadas por piezas independientes (al igual que las teselas forman los mosaicos).
2. Los lípidos y las proteínas pueden desplazarse (con limitaciones) dentro de la membrana, por lo que estas se comportan como un fluido.
3. Las membranas son asimétricas en cuanto a la disposición de las moléculas.

[Deben quedar claras las ideas acerca de lo que es un mosaico o lo que significa fluidez y asimetría]

Funciones: la membrana plasmática separa a la célula del medio externo, pero no sólo aísla, sino que también comunica ambos medios, puesto que tanto la entrada como la salida de materia se hacen a través de ella. Las principales funciones de la membrana son:

1. Aislamiento de la célula.
2. Transporte de iones y moléculas del exterior al interior y viceversa (en muchos casos las proteínas son las encargadas).



3. En ciertas proteínas de membrana se encuentra la “identificación” de la célula, constituyendo los **antígenos de membrana** (ej. los Ag de los glóbulos rojos, responsables de los grupos sanguíneos) [“el carné de identidad celular” es imprescindible para que funcione el sistema inmunitario: solo se reconoce como propia a la célula que presenta las proteínas de membrana que tiene el individuo. Un órgano trasplantado es rechazado si sus proteínas de membrana no son reconocidas].
4. Las membranas también son receptoras de señales del exterior, por ejemplo, de mensajeros químicos como las hormonas (nuevamente son ciertas proteínas las que reciben las informaciones del medio). Los virus, parásitos celulares, también aprovechan la presencia de ciertas proteínas como receptores para poder penetrar en sus hospedadores.

La importantísima función del transporte a través de la membrana será tratada en el apartado correspondiente a la nutrición celular.

Unidad de membrana o sistema de membranas:

Muchos de los orgánulos antes definidos son membranosos. Esto quiere decir que están rodeados por una membrana e incluso algunos (mitocondrias) poseen dos de ellas. Todas estas estructuras son semejantes en composición a la membrana plasmática. De hecho, hay comunicación entre orgánulos membranosos y entre estos y la membrana plasmática (el aparato de Golgi forma vesículas membranosas que se fusionan a la membrana plasmática y así se expulsa su contenido al exterior celular. Ello sucede de modo sencillo porque como ya ha sido dicho, todas las membranas son semejantes en estructura, estando constituidas por una doble capa de fosfolípidos y proteínas. Por esto es conveniente hablar de sistemas de membranas para expresar la semejanza de todas ellas.

5.2. PARED CELULAR EN CÉLULAS VEGETALES.

La mayor parte de las células (incluidas las procariontas) cuentan con una envoltura más o menos estructurada, que rodea por fuera a la membrana citoplasmática, cuyos componentes son sintetizados en el interior de la célula y expulsados a través de la propia membrana. Hay grandes diferencias entre las que producen las células animales y las vegetales.

[Células eucariotas animales: en la mayoría de los seres pluricelulares, las células están rodeadas por un entramado de macromoléculas segregadas por la propia célula y que constituyen la **matriz extracelular**. Estas sustancias son variadas, pero podemos destacar algunas de naturaleza proteica, tales como las fibras de colágeno y de elastina. Sus funciones son las de unir las diferentes células constituyendo los llamados **tejidos conectivos**, algunos de los cuales son: adiposo, cartilaginoso, óseo, conjuntivo....

Células de los hongos: las células de estos organismos, ya sean uni o pluricelulares, presentan una pared compuesta por el homopolisacárido quitina, el mismo componente del caparazón de los artrópodos].

Células eucariotas vegetales: todas las células vegetales poseen una **pared celular**. Se trata también de una estructura exterior a la célula y adosada a la membrana plasmática. Esta pared es muy rígida y gruesa. Está compuesta por moléculas de celulosa

agrupadas formando fibras. Estas fibras se hallan unidas por un cemento constituido por otros tipos de moléculas como pectinas, hemicelulosas, agua y sales minerales.

Existen muchos tipos de paredes celulares, pero en términos generales, se puede considerar que presentan la siguiente estructura multicapa:

Lámina media. Es una capa que separa dos células y que se origina al dividirse una célula en dos células hijas. Es la capa más externa y su composición básicamente pectina.

Pared primaria. Está formada por varias capas de celulosa, hemicelulosa y pectina, pero predominando esta última.

Pared secundaria. Constituida por varias capas, pueden formarse sustituyendo a la pared primaria o bien se añaden a ella; en su composición predomina la celulosa, formando estratos en los que varía la dirección en la que se organizan las fibras. Esta pared otorga gran resistencia a la célula, pero le impide crecer porque es rígida. La pared secundaria se forma en células que viven más de un año y el depósito se hace entre la pared primaria y la membrana plasmática (plantas no herbáceas).

Las funciones de la pared celular son varias: sirve de **esqueleto** y evita la rotura de la célula por fenómenos de ósmosis (la **turgencia** es muy importante en la fisiología vegetal. En las plantas herbáceas, el esqueleto hidrostático junto con el de la pared las mantiene en pie).

Pueden aparecer **diferenciaciones o especializaciones** de la pared celular. Algunas son:

Lignificación. Es una acumulación de lignina, un heteropolisacárido que aumenta la rigidez de las células y de las estructuras que éstas forman. En las plantas leñosas, constituye la madera (lignina = leña). Se produce, sobre todo en las células conductoras de savia bruta.

Mineralización. Es la acumulación de sales minerales. Igualmente da rigidez a las estructuras (tallos). Por ejemplo, las gramíneas contienen sílice.

Suberificación. Es un depósito de cutina o suberina en células epidérmicas, con una función de impermeabilización y protección en hojas y tallos respectivamente. (Súber = corcho). [→ Origen del término “célula”]

5.3. CITOSOL Y RIBOSOMAS. CITOESQUELETO. CENTROSOMA. CILIOS Y FLAGELOS.

CITOSOL

Se conoce como **citoplasma** al espacio o contenido celular comprendido entre la membrana citoplasmática y la envoltura nuclear. Así, una célula se compone de membrana, citoplasma y núcleo. El citoplasma, por su parte está formado por el **citosol o hialoplasma** y los **orgánulos citoplasmáticos** (aunque no es del todo correcto, es frecuente emplear los conceptos de citoplasma y citosol como sinónimos).

El citosol es el **medio interno** de la célula, en él se encuentran inmersos el **citoesqueleto** y los **orgánulos celulares**. Es un medio acuoso (85% agua) en el que



aparecen disueltas una gran cantidad de sustancias formando una disolución coloidal (en el límite entre las disoluciones verdaderas y las suspensiones). Esos materiales son moléculas proteicas (proteínas estructurales, aminoácidos, enzimas), lípidos, glúcidos (monosacáridos... polisacáridos), ácidos nucleicos (nucleótidos, nucleósidos, ATP, ARNm, ARNt, etc.), productos del metabolismo y sales minerales disueltas.

Sus funciones son las siguientes:

- Es el medio en el que se mueven los orgánulos.
- En él se encuentra el citoesqueleto, que da forma y una cierta rigidez a algunas células.
- Es el medio de reacción de muchas de las reacciones del metabolismo celular.

RIBOSOMAS

(Son muy pocos los orgánulos no membranosos: **ribosomas** y **centrosoma**, aunque este último, por su composición puede considerarse como una estructura más del citoesqueleto).

Son orgánulos globulares sin membrana constituidos por proteínas asociadas a ARNr procedente del nucléolo. Pueden estar dispersos por el citoplasma o unidos a las membranas del Retículo Endoplasmático Rugoso.

Estructura: son de muy pequeño tamaño, comparado con otros orgánulos celulares, sólo observables con el microscopio electrónico. Tienen forma aproximadamente esférica y están formados por dos subunidades de diferente tamaño. Los ribosomas de las células eucariotas tienen un tamaño de **80S** (coeficiente de sedimentación de 80 S), 60S la subunidad mayor y 40 la menor. Los procariontes son de **70S** (coeficiente de sedimentación 70 S), con una subunidad mayor de 50S y una menor de 30S. [Estas unidades, se definen en función de la localización de los ribosomas en un gradiente de concentración de agarosa tras un proceso de centrifugación. S significa unidades Svedberg. Comentario en clase].

Función: actúan en la síntesis de proteínas, concretamente en la etapa de traducción. Los ARNm suelen ser leídos por varios ribosomas a la vez (de 5 a 40) dejando entre ellos una distancia (unos 100 Å). Al conjunto se le denomina **polirribosoma** o **polisoma**. [La traducción se estudiará en el tema de la base química de la herencia].

CITOESQUELETO

El **citoesqueleto** se compone de:

- **microfilamentos** o filamentos de actina, que tienen la función de mantener la forma de la célula o de algunas de sus estructuras como las microvellosidades; también permiten el movimiento ameboide (por pseudópodos) y en las células musculares intervienen en la contracción.
- **Filamentos intermedios**. Tienen como función reforzar la estructura celular de aquellas células que están sometidas a esfuerzos mecánicos (células del tejido conjuntivo o axones de células nerviosas). [Se llaman así por el tamaño intermedio entre los microfilamentos y los microtúbulos]. Hay varios tipos, por

ejemplo, los filamentos de queratina de las células epiteliales o los neurofilamentos que refuerzan los axones de las neuronas.

- **Microtúbulos.** Son filamentos tubulares que como en los dos casos anteriores tienen naturaleza proteica [cada tubo está formado por 13 filamentos de tubulina]. Los microtúbulos pueden originar **estructuras estables o permanentes** como los **centriolos** que se comentarán más adelante y los **cilios y flagelos**, que son prolongaciones muy finas rodeadas por membrana plasmática; cortas y numerosas en el primer caso y escasas y largas en el segundo, con funciones de movimiento.

También pueden originarse **estructuras lábiles o transitorias** como el **huso acromático**, que se forma durante la reproducción celular en las células animales y los **microtúbulos de transporte**, que trasvasan sustancias de un lugar a otro dentro de la célula.

CENTROSOMA

Recibe también los nombres de **Citocentro o Centro celular**. Aparece en las proximidades del núcleo y es considerado un centro organizador de microtúbulos.

Estructura: el centrosoma está formado por dos **centriolos** o cilindros dispuestos perpendicularmente y un material en el que se hallan inmersos y que se conoce como **centrosfera**. En la centrosfera se organizan los filamentos que formarán el **áster o huso acromático** [áster = estrella]. Cada centriolo se compone de 9 grupos de 3 microtúbulos, que se disponen formando un cilindro hueco.

El centrosoma es una estructura que solo aparece en las células animales. Cuando la célula va a dividirse, los centriolos se duplican y forman el **diplosoma** (con un total de cuatro cilindros), que originará el huso acromático. El huso acromático se forma durante la división celular, tanto en mitosis como en meiosis y es el encargado de hacer el reparto de las cromátidas durante la anafase. En las células vegetales no aparecen estas estructuras, pero sí parecen formarse finas fibras que colaboran en el reparto de los cromosomas.

En la base de cada cilio y flagelo aparecen dos centriolos dispuestos perpendicularmente, como en el centrosoma, responsables de la organización de los microtúbulos de dichos apéndices (los flagelos pueden encontrarse tanto en células animales como vegetales).

CILIOS Y FLAGELOS

Los cilios y los flagelos son estructuras relacionadas con el movimiento. Se trata, en el caso de los cilios, de prolongaciones cortas y muy numerosas a modo de pelos que sobresalen de la superficie celular. Están rodeadas por membrana citoplasmática, contienen hialoplasma y una estructura tubular semejante a un centriolo. Se encuentran unidos unos a otros en su base de modo que el movimiento de todos ellos es sincronizado (las células del epitelio de las Trompas de Falopio o las de la tráquea presentan cilios). En cuanto a los flagelos, son prolongaciones largas, normalmente mayores que la propia célula y aparecen en pequeño número en la célula que los posee. En muchos casos hay uno sólo (ejemplo: el espermatozoide humano).



La estructura interna de cilios y flagelos es semejante a la de los centriolos, pero los 9 grupos de túbulos que forman el cilindro se disponen de dos en dos y encierran en el interior a otros dos.

5.4. ORGÁNULOS CELULARES: MITOCONDRIAS, CLOROPLASTOS, RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO, COMPLEJO DE GOLGI, LISOSOMAS Y VACUOLAS.

En todos ellos, las membranas son semejantes en composición y estructura a la plasmática. Por ello, se habla en ocasiones de sistema de membranas para referirse a todo el conjunto de orgánulos membranosos incluida la membrana plasmática.

RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO.

Es un sistema membranoso compuesto por sáculos aplastados y túbulos que se extienden por todo el citoplasma y que están en comunicación con la membrana nuclear externa. Todas las cavidades del R.E. están comunicadas entre sí y se distinguen dos regiones:

R.E. rugoso. Es el más próximo al núcleo, rodeándolo y estando en contacto con la membrana nuclear. Tiene adheridos a su superficie externa innumerables ribosomas, que son los que le dan el aspecto rugoso. Su función es el almacenamiento de las proteínas sintetizadas por los ribosomas, la formación de complejos proteicos tales como lipoproteínas y glucoproteínas y el transporte de sustancias a través de la célula.

R.E. liso. Su función general es la síntesis de casi todos los lípidos de la célula (preferentemente los componentes de las membranas: fosfolípidos y colesterol) y transporte de los mismos. Pero en determinadas células (por ejemplo de nuestro organismo), pueden desempeñar otras funciones y así, en las células musculares, el R.E. (que se denomina R. Sarcoplásmico) contiene iones calcio que son expulsados al exterior durante la contracción. En órganos como piel, intestino, hígado, pulmón o riñón, tiene una función de **detoxificación**, llevando a cabo, mediante enzimas oxidasas, la destrucción de moléculas extrañas tales como pesticidas, ciertos medicamentos, conservantes alimentarios, etc. Un último ejemplo de función particular es la que presenta en los hepatocitos del hígado, en los que el R.E. liso colabora en la conversión de glucógeno a glucosa, empaquetando esta última en pequeñas vesículas y exportándola a la sangre (cuando los niveles de glucemia disminuyen).

En los dos orgánulos el transporte puede concluir en la formación de vesículas que se liberan al espacio citoplasmático.

APARATO DE GOLGI.

Estructura: está formado por conjuntos de sáculos aplastados y paralelos llamados **dictiosomas** en número de entre 5 y 10 así como por **vesículas de secreción**. Cada dictiosoma presenta dos zonas o caras diferentes: la cara cis está más cerca del núcleo, presenta sáculos de menor tamaño que tienen una membrana más fina, recibiendo vesículas procedentes del R.E. (vesículas de transición). La cara trans, está orientada hacia el exterior celular, presenta sáculos de mayor tamaño y con membrana más gruesa. Esta cara libera vesículas de secreción, que pueden desplazarse por la célula e incluso salir al exterior por exocitosis.

Funciones: son varias.

1. Transporte, maduración (modificación de proteínas) y acumulación de proteínas procedentes del R.E.
2. Unión de glúcidos a lípidos de membrana (glucosilación) para formar glicolípidos.
3. Unión de glúcidos a proteínas de membrana (glucosilación) para formar glicoproteínas.
4. Síntesis de glúcidos, a partir de monosacáridos, como por ejemplo, los integrantes de la pared celular.
5. Transporte de todo tipo de sustancias fuera de la célula.

LISOSOMAS

Son vesículas globulares rodeadas de membrana, procedentes del Aparato de Golgi y que contienen **enzimas hidrolíticas** (hidrolasas).

Estructura: hay que destacar que estas vesículas presentan en la cara interna de la membrana un recubrimiento de glucoproteínas que protegen al propio orgánulo de ser hidrolizado o digerido por las enzimas.

Función: digerir o hidrolizar o descomponer materia orgánica. Esta descomposición llevará a transformar las macromoléculas en otras menores (los polímeros son descompuestos en sus monómeros integrantes). Las reacciones que se producen son las de rotura de enlaces mediante agua (enlace glucosídico, éster, peptídico, etc.).

La digestión puede ser de sustancias ingeridas por pino o fagocitosis (heterofagia) o de sustancias de la propia célula (autofagia). En ambos casos, las partículas deberán estar contenidas en una vacuola, es decir, estarán aisladas dentro de una membrana. Un tercer caso es la digestión extracelular, propia de los hongos o de animales pluricelulares (las células secretoras del páncreas, del estómago o del intestino delgado expulsan el contenido de sus lisosomas a la luz del tubo digestivo).

VACUOLAS.

Son sáculos de forma globular, de tamaño muy variado y con diferentes funciones. Hoy día se tiende a denominar vacuolas sólo a las de gran tamaño y de origen vegetal y vesículas a las de origen animal, que son de pequeño tamaño.

Estructura: presentan una membrana semejante a la plasmática que rodea al contenido.

Funciones: fundamentalmente, las vacuolas almacenan sustancias, pero pueden tener otras utilidades:

- **Reserva** de sales minerales, glúcidos, lípidos... que se encontrarán inmersos en disolución acuosa.
- **Almacén** de sustancias con funciones específicas, por ejemplo pigmentos (que colorean estructuras como flores y frutos y que nunca salen del orgánulo) o alcaloides (moléculas tóxicas fabricadas por los vegetales como medio de defensa y que solo se vierten al ser destruidas las células).



- **Transporte** de sustancias de unos orgánulos a otros o al exterior (del R.E. al Ap. de Golgi, por ejemplo).
- **Esqueleto hidrostático:** las células vegetales suelen contener una única gran vacuola que ocupa casi todo el espacio citoplasmático. Contiene agua a presión, dando rigidez a la célula.
- **Mantenimiento del contenido hídrico.** Ciertos organismos como algunos protozoos ciliados dulceacuícolas (p.e. el paramecio) acumulan el exceso de agua, que penetra en el citoplasma por ósmosis, en ciertas vacuolas y la expulsan al exterior contrayéndose periódicamente. Son las llamadas vacuolas pulsátiles.

MITOCONDRIAS

Son orgánulos cuya forma es variable, pudiendo oscilar desde esféricas hasta cilíndricas. Tienen un tamaño semejante al de las bacterias, (es decir, de 1 a 4 μ de longitud y de 0,3 a 1 μ de diámetro).

Aparecen en gran número en todas las células, ya sean animales, vegetales o de hongos, siendo especialmente abundantes en aquellas que presentan una elevada demanda (gasto) de energía bioquímica (ATP) como por ejemplo las células musculares, las neuronas o los espermatozoides. Al conjunto de mitocondrias de una célula se le denomina **condrioma**.

Estructura: son orgánulos con doble membrana, la interior de las cuales se halla muy replegada y por lo tanto cuenta con una gran superficie. Se distinguen las siguientes estructuras y espacios:

- 1- Membrana mitocondrial externa: semejante a la membrana plasmática y relativamente permeable al agua y a otras sustancias.
- 2- Espacio intermembranoso: está relleno de un líquido semejante al hialoplasma.
- 3- Membrana mitocondrial interna: es muy impermeable al agua y al paso de sustancias, y en ella se encuentra un gran número de enzimas que tienen diferentes funciones. Destacan los siguientes tipos de enzimas y sistemas enzimáticos:
 - Permeasas (Proteínas transportadoras de membrana).
 - Complejos formadores de ATP.
 - Cadenas moleculares transportadoras de electrones.

El fuerte replegamiento de esta membrana supone un aumento de superficie y por lo tanto permite que exista un gran número de sistemas enzimáticos repetidos. Estos sistemas de enzimas se encuentran perfectamente organizados en la superficie de la membrana y de su ordenación depende el buen funcionamiento del orgánulo.

- 4- Matriz mitocondrial: es el contenido del espacio más interno de la mitocondria. Contiene muchos tipos de enzimas que realizan funciones bioquímicas. También posee ribosomas mitocondriales o **mitorribosomas** y **ADN mitocondrial** de doble cadena y circular (cerrado). Este ácido nucleico lleva los genes necesarios para fabricar los ribosomas mitocondriales así como una parte importante de las proteínas del orgánulo.

De hecho, las mitocondrias se reproducen dentro de las células y durante la reproducción celular, deben de repartirse entre las dos células hijas. En la reproducción sexual, ya ha sido comentado que el óvulo aporta todas las mitocondrias del nuevo ser (hecho interesante y que se emplea en pruebas de identificación mediante ADN).

Funciones: la principal actividad de las mitocondrias es la de obtener energía en forma de ATP mediante la oxidación de materia orgánica empleando el oxígeno como último aceptor de electrones y protones. Este proceso es la **respiración celular** que forma parte del catabolismo (o metabolismo degradativo).

Además de este complejo proceso, que veremos con detalle en un tema próximo, las mitocondrias también son responsables de la **síntesis de moléculas orgánicas precursoras de otras más complejas**, que serán empleados, por tanto, como base del anabolismo celular (o metabolismo constructivo).

Por último, las mitocondrias también pueden tener una función almacenadora de lípidos, proteínas, iones, etc., degenerando como tales mitocondrias y transformándose en vacuolas.

PEROXISOMAS

Estructura: los peroxisomas son vesículas, semejantes a los lisosomas, que contienen una gran diversidad de enzimas, entre las que destacan las oxidasas.

Función: los peroxisomas realizan **reacciones de oxidación** en las que los sustratos pierden hidrógenos. En algunas de estas reacciones se obtiene agua oxigenada que, siendo un compuesto muy oxidante y peligroso, es degradado por la enzima **catalasa**. Se llaman peroxisomas porque producen peróxido de hidrógeno, que es el nombre sistemático del agua oxigenada.

Son múltiples los productos oxidados por los peroxisomas, destacando ciertos ácidos grasos, el metanol, el etanol y el ácido úrico. Como puede observarse, algunos de estos productos son tóxicos. No obstante, a pesar de tener una cierta labor detoxificadora (rompen moléculas que pueden resultar dañinas) los peroxisomas llevan a cabo multitud de reacciones (sus enzimas) en las que se obtiene energía en forma de calor pero no de ATP. En algunos tipos de células pueden intervenir en la síntesis de lípidos (colesterol, ácidos biliares...) y es destacable la función de estos orgánulos en las células vegetales: en las semillas son responsables de la transformación de los ácidos grasos en glúcidos, a partir de los cuales se obtendrá energía, imprescindible para los procesos de germinación y el crecimiento (reciben el nombre específico de glioxisomas).

En resumen, los peroxisomas pueden oxidar moléculas que no son degradadas por las mitocondrias sin la finalidad de obtener energía, también pueden degradar sustancias tóxicas y, por último, pueden realizar transformaciones de unas sustancias en otras.

CLOROPLASTOS

Son orgánulos exclusivos de las células vegetales fotosintéticas. Suelen tener forma discoidal (esferas achatadas). Sus dimensiones oscilan entre las 3 y 20 μ de diámetro mayor y de 1 a 2 μ de diámetro menor (un tamaño muy semejante al de las bacterias).



Estructura: son orgánulos con doble membrana. Una **membrana plastidial externa**, muy permeable y una **membrana plastidial interna**, muy impermeable y replegada.

La zona más interior del cloroplasto se denomina **ESTROMA**. En él, aparecen unos sáculos aplastados e interconectados, pertenecientes a la membrana interna, llamados **TILACOIDES**. Se distinguen dos tipos: unos de gran tamaño llamados **LAMELAS o tilacoides del estroma** y otros, sostenidos por los anteriores, de menor tamaño, con forma de disco y dispuestos de forma apilada que se denominan **tilacoides del GRANA**.

En las membranas de los tilacoides, preferentemente en los grana, se encuentran los sistemas enzimáticos encargados de captar la energía luminosa, del transporte de electrones y de la formación del ATP. El estroma contiene, además, glúcidos, lípidos, proteínas, ADN plastidial (circular y cerrado), ARN, ribosomas plastidiales, pigmentos fotosintéticos, sales y otras sustancias. Como en las mitocondrias, los sistemas enzimáticos se hallan perfectamente ordenados en las membranas de los tilacoides.

Función: la función primordial es la de llevar a cabo la fotosíntesis, que consiste en la transformación de materia inorgánica en orgánica empleando ATP obtenido a partir de energía solar mediante los pigmentos fotosintéticos y la cadena transportadora de electrones.

Otra función que pueden tener algunos cloroplastos es la de almacenar sustancias. Así, los **amiloplastos** acumulan almidón, los **proteoplastos** almacenan proteínas, los **oleoplastos** contienen aceites y los **cromoplastos** están rellenos de pigmentos.

5.5. NÚCLEO (INTERFÁSICO): ENVOLTURA NUCLEAR, NUCLEOPLASMA, CROMATINA Y NUCLÉOLO.

El núcleo es una estructura propia de las células eucariotas que alberga el material genético. Consta de una envoltura o **membrana nuclear** y un medio interno, el **nucleoplasma** que contiene el o los **nucléolos** y las masas de **cromatina**.

Forma, localización y tamaño: el núcleo en las células vegetales, debido a la presión de la vacuola, suele tener una forma discoidal y queda situado lateralmente. En las células animales tiende a ser esférico y disposición central, pero puede presentar otras formas (por ejemplo lobulado como en ciertos glóbulos blancos sanguíneos) y localizaciones. El tamaño es variable, mayor en aquellas células que tienen una gran actividad (por ejemplo, células secretoras o reproductoras). Existe una relación entre el volumen nuclear y el volumen celular. Sobrepasado un límite, la célula comienza en proceso de reproducción ya que se supone que el núcleo es incapaz de controlar un volumen celular mayor (una célula “recién nacida” presentará un núcleo mayor proporcionalmente que otra “adulta”).

Descripción de las partes del núcleo:

Envoltura nuclear. Es una doble membrana que separa el citoplasma del nucleoplasma. Está en contacto con el R.E. rugoso. La **membrana nuclear externa** posee ribosomas adosados. La **membrana nuclear interna** presenta proteínas de membrana que anclan otra estructura interna de naturaleza proteica llamada **lámina nuclear**, cuya función es la de organizar la cromatina y la de estabilizar toda la envoltura.

La envoltura nuclear está atravesada por innumerables **poros**, que son orificios de muy pequeño tamaño. Presentan en torno a ellos ocho gránulos o masas de ribonucleoproteínas y en el centro otro gránulo. La función de tan compleja estructura es la de regular el paso de materiales tales como grandes moléculas de ARN sintetizadas a partir del ADN.

La función de la envoltura nuclear es la de separar el contenido del núcleo del citoplasma y regular la entrada y salida de sustancias. La función concreta de la lámina nuclear es la de organizar la cromatina y colaborar en la formación de los cromosomas así como de la descomposición del núcleo cuando la célula va a reproducirse.

El nucleoplasma. Es el medio interno nuclear. También se le conoce como **jugo nuclear o carioplasma**. Se compone de sustancias disueltas en agua constituyendo una disolución coloidal. Estos materiales son proteínas de muchos tipos (péptidos, histonas, protaminas, enzimas, a.a. sueltos), ácidos nucleicos (nucleótidos, nucleósidos, ARN de todos los tipos), lípidos, glúcidos, sales minerales. En cuanto a la función, en el nucleoplasma se realiza la síntesis de ácidos nucleicos (es el medio de reacción).

Los nucléolos. Son orgánulos esféricos sin membrana; hay uno por célula y en ocasiones dos. Están constituidos por proteínas, ARN y ciertos tramos de ADN (bucles) que codifican ARNr y ARNm con instrucciones para proteínas ribosómicas. La función de estas estructuras es la de sintetizar y organizar los componentes de los ribosomas. Las subunidades recién sintetizadas salen por separado al citoplasma, donde se unen para llevar a cabo la traducción de las proteínas. Los nucléolos aparecen en los núcleos teñidos destacando de la cromatina por presentar una coloración diferente (a veces más intensa y otras más apagada: son como una mancha en la cromatina).

La cromatina. Está constituida por filamentos de ADN. El nombre de cromatina proviene de la facilidad e intensidad con la que queda teñido el ADN con ciertos colorantes empleados en microscopía (al huso acromático le sucede todo lo contrario, de ahí el apelativo de a-cromático). En la fase de **reposo** o **interfase**, estos filamentos están formando condensaciones con aspecto de ovillo, adosadas a la lámina nuclear. Durante la reproducción celular, la cromatina se organiza dando lugar a los cromosomas.

La cromatina presenta una alta condensación u organización, como ya se vio en el tema de ácidos nucleicos. En estado de cromosoma, el nivel de enrollamiento es mucho mayor. La función de la cromatina es doble: durante la interfase o periodo de no división celular su principal cometido es la **expresión de su información genética**, dando lugar a los ARNm. La otra función que podemos considerar en la cromatina es la de **conservar y transmitir la información genética** durante la reproducción. Para ello, el ADN deberá copiarse o duplicarse originando moléculas idénticas que para un mejor reparto se organizarán en cromosomas (que por esta razón siempre tendrán dos cromátidas).

Dentro de la cromatina se distinguen varios tipos. Ciertos tramos o sectores son llamados EUCROMATINA, en estos, la condensación o plegamiento es mínimo, en términos relativos (ya que siempre está muy organizada), y pueden ser transcritos fácilmente a ARN. Otros sectores, por el contrario, se hallan más condensados, denominándose HETEROCROMATINA. Estos tramos no son transcritos. Dentro de esta heterocromatina hay que distinguir entre aquella que no se transcribe nunca, y que denominamos H. CONSTITUTIVA, suponiéndose que sirve de soporte al resto del ADN, y la H. FACULTATIVA, que sólo se transcribe en ciertos momentos del desarrollo celular, quedando posteriormente inactivada.



Muchos de los genes que poseemos (se piensa que hay casi 20.000 en la especie humana) solo se activan durante las primeras etapas de la embriogénesis ya que son los encargados de que a partir de un puñado de células idénticas procedentes del cigoto se produzca un embrión con todos sus órganos y estructuras. Estos genes, una vez que han cumplido su misión se inactivan para el resto de la vida del individuo (y para que no “estorben” se guardan como heterocromatina facultativa).

También hay genes que nunca se activarán en determinadas células de un organismo pluricelular con tejidos, ya que la especialización celular se basa precisamente en que cada tipo de células sólo activa aquellos genes que necesita: una célula nerviosa nunca activará el gen de producir insulina y una célula de hueso no va a activar los genes de síntesis de la hemoglobina. (Por lo tanto, siempre en las células habrá una heterocromatina constitutiva). Pero además de esta heterocromatina que contiene información (genes), hay otra que no posee información para fabricar proteínas y que por razones poco conocidas se mantiene generación tras generación entre los genes. Recibe el nombre de ADN basura y constituye más del ¡90%! de todo el ADN. Gran parte de este material también se organiza como heterocromatina constitutiva, pero es ingenuo pensar que “no sirve para nada” a pesar del nombre [el nombre de ADN basura, parece que viene del estudio de los genomas por parte de compañías privadas, para las que el descubrimiento de un gen puede aportar beneficios (\$), mientras que las secuencias sin información no dan dinero].

<http://unpocodemuchosbastante.blogspot.com.es/2012/09/dos-noticias-sobre-adn-no-hay-adn.html>

Hay también, sin duda, genes que en una especie actual no se utilizan, pero que proceden de antepasados y que no han sido eliminados, sólo silenciados.

[Las zonas de los centrómeros y los telómeros (extremos de los cromosomas) están formados por heterocromatina constitutiva.

En hembras de los mamíferos, uno de los dos cromosomas X está fuertemente empaquetado como heterocromatina desde el momento en que se formó el cigoto. Permaneciendo así para siempre. Es el llamado **corpúsculo de Barr**].

[Artículo interesante sobre la [comprobación del sexo en los/las atletas de élite](#)]

Hay un campo en el que todavía queda mucho por investigar que trata de contestar a cómo y por qué se leen o se dejan de leer los diferentes genes, o lo que es lo mismo, cómo se activan y desactivan genes. Porque además de ser por la existencia de los promotores, de los genes que regulan otros genes y de la forma de empaquetamiento de la cromatina, sobre la cromatina hay modificaciones en las bases nitrogenadas (metilación) y en las histonas que pueden mantener activados o inactivados genes. Estos sistemas de control que están “sobre” los genes constituyen la **epigenética**.

Una entrevista en la que un especialista explica muchos aspectos de la epigenética:

https://elpais.com/diario/2005/10/18/salud/1129586405_850215.html