

UNIDAD 0.- MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA CÉLULA. EL ORIGEN DE LA VIDA

MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA CÉLULA.....	2
CLASIFICACIÓN	2
I) TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO FISICOQUÍMICO DE LA CÉLULA.....	2
A) CENTRIFUGACIÓN.....	2
B) CROMATOGRAFÍA	3
C) ELECTROFORESIS	4
D) CULTIVOS IN VITRO	4
II) TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO MORFOLÓGICO DE LA CÉLULA	4
1) CLASES DE MICROSCOPIOS.....	5
A) MICROSCOPIO ÓPTICO O FOTÓNICO.....	5
B) EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO.....	6
EL ORIGEN DE LOS SERES VIVOS	7
CONDICIONES INICIALES	7
EL ORIGEN DE LA VIDA. TEORÍA DE OPARIN-HALDANE.....	7
EL EXPERIMENTO MILLER	8
ETAPAS EN EL ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS.....	8
PRIMERAS ETAPAS DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA	8
1ª) LA EVOLUCIÓN QUÍMICA.....	8
2ª) LA EVOLUCIÓN DE LOS ORGANISMOS PROCARIÓTICOS	10
3ª) EL ORIGEN DE LOS EUCAΡΙOTAS	10

MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA CÉLULA

CLASIFICACIÓN

Clasificaremos los métodos que se utilizan para el estudio de la célula en dos grandes grupos:

I) Técnicas para el estudio fisicoquímico: sirven para conocer la composición y relacionar esta composición con las estructuras celulares. Estos métodos son:

- a) Centrifugación
- b) Cromatografía
- c) Electroforesis
- d) Cultivos "in vitro"

II) Técnicas para el estudio morfológico de la célula: Nos permiten conocer cómo es su forma, su tamaño y su estructura. Son, fundamentalmente:

- a) Microscopía óptica
- b) Microscopía electrónica
 - 1) Microscopio electrónico de Trasmisión (MET)
 - 2) Microscopio electrónico de barrido (MEB)

I) TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO FISICOQUÍMICO DE LA CÉLULA

Este tipo de métodos se utilizan para el aislamiento, localización e identificación de las sustancias que constituyen la materia viva.

Presentan dos problemas principalmente:

- a) Los componentes de un ser vivo se encuentran formando mezclas muy complejas.
- b) La mayoría de las sustancias que encontramos en los seres vivos son, a su vez, de una gran complejidad.

Pensemos, por ejemplo, que una sola de los varios miles de proteínas que contiene una célula puede estar formada por más 5000 aminoácidos.

Pasemos a continuación al estudio de cada uno de estos métodos.

A) CENTRIFUGACIÓN

Consiste en la separación de los componentes de una mezcla en función de las diferencias entre las velocidades que presentan al someterlos a elevadas aceleraciones (g). Esto se consigue haciendo girar la mezcla en un rotor a un gran número de vueltas por minuto. Los aparatos empleados con este fin se denominan **ultracentrífugas**.



Esta técnica requiere los siguientes pasos:

1) FRACTI覩NAMIENTO U HOMOGENEIZACI覩N:

Se realiza con un homogeneizador (ver imagen en página anterior). El material biológico, por ejemplo, un fragmento de tejido del hígado, es triturado para disgregarla y romper las membranas celulares.

La rotura de las membranas deja en libertad los orgánulos celulares y el contenido del hialoplasma. Si la homogeneización se realiza suavemente, los orgánulos permanecerán intactos. Obtendremos así una "papilla" que estará compuesta de restos de membranas, orgánulos celulares, núcleos, moléculas libres y agua.

2) CENTRIFUGACI覩N

Las ultracentrífugas son máquinas que consiguen velocidades de rotación muy elevadas, hasta 500.000 v/mn. En el interior de estos aparatos se alcanzan grandes aceleraciones que se miden en g ($1g=9,8 \text{ m/s}^2$). En una ultracentrífuga pueden alcanzarse hasta 100.000 g. Los materiales biológicos sometidos a estas aceleraciones se desplazan hacia el fondo de los recipientes que los contienen con velocidades que dependen de su masa, de su forma y volumen, y de la naturaleza del medio en el que se realice la centrifugación.



Ultracentrifuga.

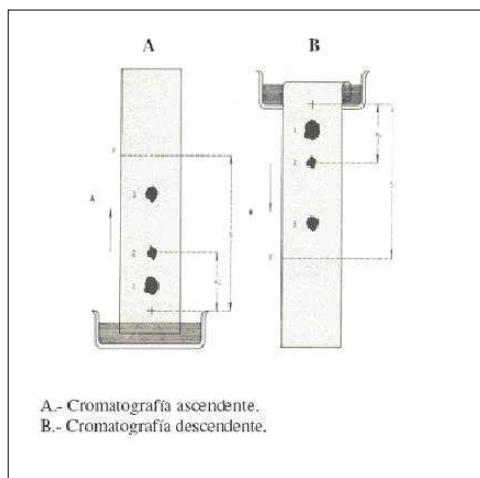
B) CROMATOGRAFIA

Se fundamenta en la separación de los componentes de una mezcla por sus diferencias de absorción. Éstas diferencias van a ser debidas a las fuerzas de Van der Wals que se establecen entre los componentes de la mezcla y una sustancia que actúa de **fase estacionaria**. Según la naturaleza de la fase estacionaria, tendremos los siguientes tipos de cromatografía:

1) CROMATOGRAFIA SOBRE PAPEL

Se emplea para la separación de sustancias químicas que presenten propiedades muy parecidas.

Se opera de la siguiente manera. Una pequeña cantidad de la mezcla a separar se deposita sobre un fragmento de papel poroso en el que quedará embebida. A continuación se introduce el borde del papel en una sustancia en la que sean solubles los componentes de la mezcla que queremos separar. El disolvente se desplazará por capilaridad y los irá arrastrando. Los componentes de la mezcla viajarán más o menos rápido según establezcan fuerzas más o menos grandes con las moléculas del papel. Para observar los componentes ya separados se emplean reacciones coloreadas específicas.



2) CROMATOGRAFIA DE GASES

El aparato consiste en un serpentín largo y delgado cuyas paredes están impregnadas de un líquido (fase estacionaria). La mezcla a separar se vaporiza y atraviesa el serpentín transportada por un gas. La fase estacionaria retiene más o menos los diferentes componentes de la mezcla. Éstos se detectan cuando al atravesar una llama entran en combustión, lo que aumenta la conductividad eléctrica del detector.

Este método tiene la ventaja de necesitar pequeñas cantidades (0,05 mg) y es capaz de separar sustancias muy parecidas químicamente; por ejemplo: ácidos grasos, azúcares u hormonas.

C) ELECTROFORESIS

En este método, la mezcla a separar se deposita en una cubeta (ver imagen) sobre un soporte de tipo poroso (acetato de celulosa o también gel de almidón). A continuación se establece una diferencia de potencial entre los extremos del soporte.

Las sustancias que componen la mezcla se desplazarán en función de su carga eléctrica.

Naturalmente este método se empleará con sustancias que presenten cargas eléctricas (proteínas y ácidos nucléicos)



D) CULTIVOS IN VITRO

Estos métodos nos van a permitir mantener líneas celulares en el exterior de un organismo en condiciones favorables a su multiplicación. La gran ventaja va a ser la facilidad para el tratamiento del material biológico y su estandarización.

Las células extraídas deben mantenerse para su cultivo en un medio con las condiciones físicas y químicas adecuadas y suministrarles aquellas sustancias que ellas no son capaces de sintetizar. En la actualidad se venden medios de cultivo concretos para cada tipo celular y que permiten mantener los cultivos durante largos períodos de tiempo.

II) TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO MORFOLÓGICO DE LA CÉLULA

Los métodos morfológicos nos van a permitir la observación directa de la estructura celular.

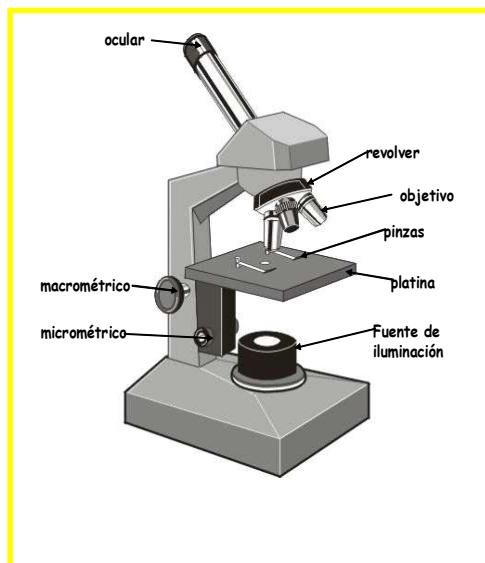
El ojo humano puede distinguir a 25 cm dos objetos separados entre sí 0,2 mm. Éste es el **poder separador** o **poder de resolución** del ojo. Las células de mamífero suelen tener unos 0,01 mm, por lo que no es posible verlas a simple vista y mucho menos observar en ellas detalles estructurales. El microscopio va a permitir su observación al aumentar el poder de resolución del ojo.

1) CLASES DE MICROSCOPIOS

A) MICROSCOPIO ÓPTICO O FOTÓNICO

A.1) FUNDAMENTO

Funciona de la siguiente manera: Una fuente luminosa envía rayos de luz a una primera lente, llamada **condensador**, que concentra los rayos de luz sobre el objeto a observar. Estos rayos atraviesan el objeto y una lente denominada **objetivo** da una imagen aumentada de éste. Una segunda lente, el **ocular**, vuelve a aumentar la imagen dada por el objetivo. Esta última imagen es la que será recibida por el observador.



A.2) PREPARACIÓN DEL MATERIAL

En el microscopio óptico la luz atraviesa el objeto a observar. Si éste es muy grueso, la luz no lo atravesará y el objeto aparecerá demasiado oscuro; además se superpondrán los diferentes planos dando una imagen borrosa. Si el objeto es demasiado delgado o muy transparente, no se observarán sus estructuras. En cualquier caso, deberemos realizar una **preparación**.

En general, una preparación requiere las siguientes etapas

1- CORTE. Los objetos demasiado gruesos son cortados mediante aparatos denominados **microtomos**. Éstos permiten realizar cortes de apenas unas micras de grosor, corrientemente entre 3 μ y 20 μ . El tejido destinado al corte debe congelarse o incluirse en parafina para darle una mayor consistencia y que se pueda cortar con facilidad.

2- FIJACIÓN. Su fin es matar a las células con la menor alteración de las estructuras posible, para evitar las modificaciones que pudiesen producirse posteriormente por el metabolismo celular o por la descomposición. Como fijadores se emplean determinadas sustancias químicas (por ejemplo: formaldehído y tetróxido de osmio).

3- DESHIDRATACIÓN. La extracción del agua del interior de las células permitirá también una mejor conservación y la penetración de los colorantes. Para deshidratar el material a observar se le sumerge en alcoholes de cada vez mayor graduación que por dilución irán extrayendo el agua.

4- TINCIÓN. Es la coloración de las células o de partes de éstas para que resalten y posibilitar así su observación. Algunos colorantes son selectivos pues tiñen partes concretas de la célula.

Existen dos clases de colorantes:

- Los colorantes vitales. Que tiñen las estructuras celulares pero sin matar a las células (por ejemplo: **el verde jano**, **el rojo neutro**, **el azul tripán**, **el azul de metileno**).
- Los colorantes no vitales. Que matan a las células (**eosina**, **hematoxilina**).

5- MONTAJE. Una vez realizadas las anteriores operaciones el material se coloca entre un **porta-objetos** y un **cubre-objetos**. Para un montaje **no definitivo**, se coloca entre "porta" y "cobre" una gota de glicerina. Este tipo de preparaciones tiene una duración limitada y sólo sirven para la observación momentánea o a lo sumo de unos días. Si se desea una mayor duración debe realizarse el montaje en **gelatina-glicerina** o en **euparal**.

B) EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO

Existen dos clases de microscopios electrónicos:

- B.1) Microscopio electrónico de trasmisión (MET).
- B.2) Microscopio electrónico de barrido (MEB).

B.1) EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE TRANSMISIÓN (MET)

B.1.1) FUNDAMENTO

El microscopio electrónico fue puesto a punto en 1931 a partir de los trabajos teóricos de *De Broglie*.

Los electrones pueden comportarse como ondas o como partículas. Como ondas pueden llegar a tener una longitud 100.000 veces menor que la luz visible. Al ser partículas negativas pueden ser desviadas por campos magnéticos o eléctricos que actúan como lentes.

En esencia su funcionamiento es similar al del microscopio óptico. Un **cátodo** emite un haz de electrones que son acelerados por la aplicación de una diferencia de potencial entre el cátodo y el ánodo. El flujo de electrones es concentrado sobre el objeto por una primera lente magnética que hace las veces de **condensador**. Los electrones atraviesan la muestra. Una segunda lente magnética, el **objetivo**, da una imagen aumentada del objeto. Una tercera lente, el **ocular**, aumenta de nuevo la imagen dada por la anterior. La imagen final es proyectada sobre una pantalla o fotografiada.



Los microscopios electrónicos permiten aumentos útiles que van de 2000 a 100.000 pudiendo llegar hasta 600.000. Los microscopios electrónicos son aparatos de hasta 2 m de alto y llegan a pesar 500 kg.

B.1.2) PREPARACIÓN del MATERIAL

Los electrones necesitan desplazarse en el vacío, esta es la razón por la que no es posible la observación de células vivas al microscopio electrónico.

1º) FIJACIÓN. Las células son fijadas mediante fijadores no coagulantes. Los más corrientes son el tetróxido de osmio (OsO_4), el formaldehído (HCHO) y el permanganato potásico (MnO_4K). Los metales pesados que algunos contienen se fijan selectivamente a las diferentes estructuras celulares. Aquellas que retengan más los metales aparecerán más oscuras. Es por esto que la imagen depende mucho del tipo de fijador utilizado.

2º) DESHIDRATACIÓN e INCLUSIÓN. La pieza es deshidratada e infiltrada mediante una resina o plástico para darle una mayor consistencia y facilitar su corte.

3º) CORTE. Los cortes se realizan mediante **ultramicrotomas** de cuchilla de vidrio o de diamante. Los cortes más finos ($0,03 \mu$) son depositados sobre un tamiz y dispuestos para su observación al microscopio.

B.2) MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (MEB)

Este tipo de microscopio permite obtener imágenes tridimensionales del objeto a estudiar. Primero se efectúa un sombreado metálico de la superficie de la muestra, y la réplica obtenida es barrida por un haz de electrones. Los electrones secundarios que se forman son captados y convertidos en imágenes sobre una pantalla de televisión. Estos microscopio son muy útiles para revelar estructuras anatómicas submicroscópicas, sin embargo su aumento no suele pasar de 20.000.

EL ORIGEN DE LOS SERES VIVOS

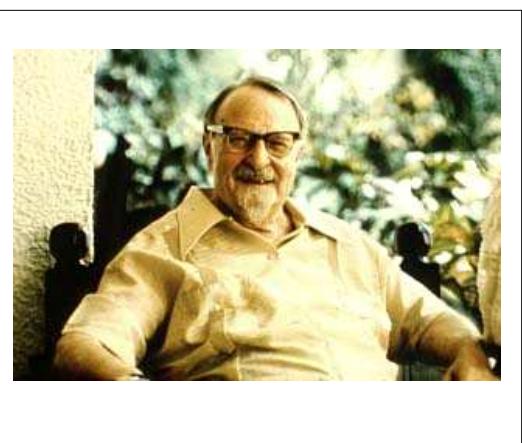
CONDICIONES INICIALES

Uno de los aspectos más sorprendentes del origen de la vida sobre la Tierra es el de la rapidez con la que se llevó a cabo. Los estudios de datación basados en los meteoritos indican todos ellos una edad de 4500 millones de años para el Sistema Solar. Si aceptamos que el Sol, los planetas, los meteoritos y el resto de los componentes del Sistema Solar se formaron al mismo tiempo a partir de una nube de polvo primitiva, 4500 millones de años será también la edad de nuestro planeta. Algunas rocas sedimentarias con una edad de 3400 a 3200 millones de años contienen microfósiles similares a bacterias. Por lo tanto, sólo 1000 millones de años después de que se originase la Tierra ya existía sobre ella una vida primitiva.

Debemos de tener también en cuenta que las condiciones que existían antes de la aparición de los seres vivos sobre la Tierra eran muy diferentes de las actuales. Sin entrar en cuestiones tales como la presión o la temperatura, la composición de la atmósfera primitiva de la Tierra era muy distinta de la actual. Se piensa que estaba formada fundamentalmente por una mezcla de metano (CH_4), amoníaco (NH_3), hidrógeno (H_2) y vapor de agua (H_2O). Al no haber oxígeno, la atmósfera no era oxidante como la actual sino reductora, y la falta de ozono (O_3) hacía posible que los rayos ultravioleta pudiesen atravesar la atmósfera.

EL ORIGEN DE LA VIDA. TEORÍA DE OPARIN-HALDANE

La generación espontánea: teoría según la cual los seres vivos pueden originarse a partir de la materia inanimada, fue una idea corriente y ampliamente aceptada hasta el siglo XIX. Se basaba en la observación de que si se ponía en un recipiente cualquier clase de materia orgánica, al cabo de un cierto tiempo, aparecerían en ella los organismos más diversos. Se creía que estos organismos se formaban espontáneamente, sin necesidad de que otros los hubiesen engendrado. El origen de la vida sobre la Tierra no planteaba por lo tanto ningún tipo de dificultad, pues era claro que podría haberse originado también de manera espontánea. En 1860 Louis Pasteur realizó cuidadosos experimentos mediante los cuales demostró que todo ser vivo procede de otros seres vivos semejantes a él. Estas experiencias, al destruir la generación espontánea, plantearon de nuevo el problema de cómo se habían originado en un principio los seres vivos.



En 1924 el bioquímico ruso A.I. Oparin y en 1929 el inglés J.B. Haldane, emitieron, independientemente el uno del otro, una teoría según la cual las radiaciones ultravioleta o las descargas eléctricas producidas por las tormentas, al atravesar la atmósfera, originaron los componentes básicos de los seres vivos. La ausencia de oxígeno y de organismos, hizo posible que estas sustancias orgánicas, que se habían formado al azar, se fuesen acumulando en las aguas de mares y lagos. Se formó así lo que se llamó "el caldo nutritivo". Las moléculas se fueron asociando hasta que en algún momento adquirieron la capacidad de autorreplicarse y de formar nuevas moléculas orgánicas que les sirviesen de fuente de materiales y energía.

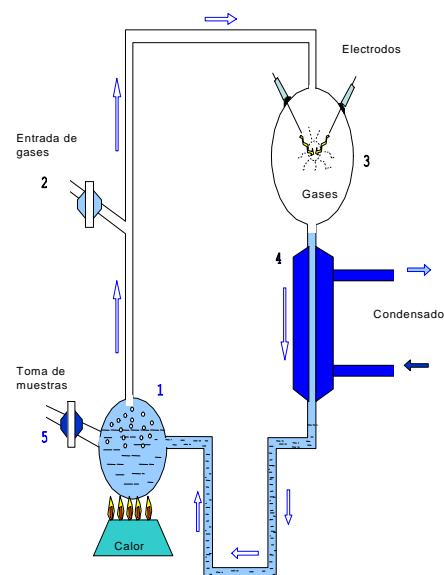
La hipótesis de Oparin y Haldane no se trataba de una nueva edición de las viejas teorías de la generación espontánea. Para ellos la vida se originó en un momento muy concreto con unas condiciones que ya no existen en la actualidad. Pues la atmósfera con O_2 y los seres vivos hacen imposible que esto pueda darse ahora.

EL EXPERIMENTO MILLER

En 1952 H.C. Urey volvió a expresar la tesis de Oparin-Haldane en su libro "Los planetas". Tanto él como S.L. Miller iniciaron en la Universidad de Chicago una serie de experiencias para averiguar si era posible que las fuentes de energía que había en un principio en la Tierra, hubiesen podido generar compuestos orgánicos a partir de los componentes que se encontraban en la atmósfera del planeta.

Para ello montaron un dispositivo consistente en un balón de vidrio de 5 l conectado a otro más pequeño de 0,5 l. En el primero introdujeron una mezcla formada por H_2 , NH_3 , CH_4 y H_2O . En el matraz mayor situaron unos electrodos y sometieron la mezcla a una serie de descargas eléctricas. La mezcla de gases era posteriormente introducida en el matraz pequeño que contenía agua hirviendo. Las sustancias que se formaban en el matraz grande se disolvían en el agua del pequeño, y los gases que aún no habían reaccionado se volvían al matraz grande por medio de un circuito cerrado. Al cabo de unos días Miller analizó el contenido del agua del recipiente menor y encontró una gran variedad de compuestos orgánicos y entre ellos descubrió los 20 aminoácidos que forman las proteínas (en la tabla siguiente se relacionan los compuestos obtenidos por Miller en su experiencia).

Esta experiencia permitió dar una base experimental a la hipótesis de Oparin-Haldane sobre el origen de la vida.



ETAPAS EN EL ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

La evolución fue un proceso que transcurrió de una manera continua. No obstante, vamos a dividirlo para su estudio en una serie de etapas:

- 1^a La evolución química. Los primeros organismos.
- 2^a La evolución de los organismos procarióticos.
- 3^a Origen de las células eucariotas
- 4^a Orígenes de la célula vegetal y animal.
- 5^a Origen y evolución de los organismos pluricelulares.
- 6^a La evolución en los vegetales.
- 7^a La evolución en los animales.

PRIMERAS ETAPAS DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

1^a) LA EVOLUCIÓN QUÍMICA

La evolución química de los primeros organismos a partir de la materia inanimada se dio siguiendo los siguientes pasos:

- 1^o Síntesis y concentración de los monómeros biológicos: aminoácidos, azúcares y bases orgánicas.
- 2^o Polimerización de los monómeros y formación de los primeros polímeros: proteínas, polisacáridos y ácidos nucleicos.
- 3^o Segregación a partir de la "sopa de Haldane" de pequeñas gotitas y formación de

Apuntes de Biología 2º Bachillerato

"probiontes" diferentes químicamente del medio que les rodeaba y con una identidad propias.

4º Desarrollo de algún tipo de maquinaria reproductora que permitiese a las "células hijas" adquirir las características de las "células paternas".

1.1 Síntesis y concentración de los monómeros biológicos.

La experiencia de Miller nos ha permitido demostrar que es posible la formación al azar de los monómeros básicos que constituyen los compuestos de los seres vivos a partir de las sustancias existentes en la Tierra primitiva. La energía necesaria pudo muy bien provenir de las radiaciones o de los rayos producidos por las tormentas. No obstante, las cantidades que se obtienen son muy pequeñas y además enseguida quedarían diluidas en las grandes masas de agua de los mares y lagos. De alguna manera debieron de existir mecanismos que permitieron su concentración. Se han propuesto algunos muy sencillos como la concentración por evaporación o por congelación del agua de los lagos. Otros son más complejos; así, por ejemplo, se ha propuesto que las sustancias pudieron concentrarse al ser absorbidas selectivamente por ciertos minerales.

1.2 Polimerización de los monómeros.

Es de destacar que las reacciones de polimerización se encuentran desplazadas normalmente en el sentido de los monómeros. En los seres vivos, la formación de polímeros es posible al encontrarse catalizada por enzimas. Pero las enzimas son también polímeros. ¿Cómo pudieron formarse entonces los polímeros constituyentes de los seres vivos?

Se ha observado que cuando los adenilaminoácidos quedan absorbidos por ciertos minerales arcillosos, se polimerizan espontáneamente formando cadenas peptídicas de 50 o más elementos. También se ha observado en mezclas secas de aminoácidos una cierta tasa de polimerización espontánea a temperaturas entre los 60°C y los 130°C. En ciertas condiciones los polímeros así formados pueden llegar a tener hasta 200 aminoácidos. Muy probablemente se produjo uno de estos mecanismos u otro similar. Los polímeros, una vez formados, pudieron difundirse hacia las disoluciones acuosas e irse concentrando a lo largo de millones de años por un mecanismo similar a los estudiados en el punto anterior.

1.3 Formación de los coacervatos

Las células se caracterizan por mantener un medio interno químicamente diferente del medio externo. Esto se consigue por la presencia de una membrana limitante entre ambos medios. Esta membrana impide que los componentes de la célula se diluyan y desaparezcan. Oparin estudió durante muchos años la tendencia a aislar de las disoluciones acuosas de polímeros para formar coacervatos: pequeñas gotitas ricas en polímeros y separadas del medio acuoso por una membrana.

Existen varias combinaciones de polímeros que dan lugar a la formación de coacervatos. Por ejemplo: las de proteína-hidratos de carbono, las de proteína solas y las de proteína-ácido nucléico.

Las gotitas de coacervatos son no obstante inestables. Tienen tendencia a descender hacia el fondo de la disolución donde forman una capa no acuosa. Oparin descubrió que si dotaba a los coacervatos de moléculas que les permitiesen llevar un cierto metabolismo celular, se hacían más estables. Así, al añadir al medio la enzima fosforilasa, ésta se concentraba en el interior de las gotitas. Si posteriormente se añadía glucosa-1-fosfato, ésta se difundía hacia el interior y la enzima la polimerizaba formando almidón. El almidón se va añadiendo a la membrana de la gotita con lo que aumenta de tamaño. Cuando el coacervato es excesivamente grande se divide espontáneamente dando lugar a varias gotitas "hijas". La energía necesaria proviene del enlace rico en energía de la glucosa-1-fosfato.

Si se le añaden al medio otras enzimas, los coacervatos se van transformando en estructuras con un metabolismo y una individualidad química que realizan intercambios de materiales y energía. Los coacervatos no son seres vivos pero poco les falta para serlo. Podríamos pensar que en el origen de la vida pudo pasar un proceso parecido y que poco a poco las "gotitas de vida" que tuviesen un metabolismo más adecuado "sobrevivirían" más tiempo y pudieron aumentar en tamaño y número.

1.4 Adquisición de la maquinaria genética.

Se trata de algo para lo que no disponemos de modelos de laboratorio. Además, la complejidad del material genético y su gran diversidad no nos dan muchas pistas acerca de como pudo suceder el proceso. Es posible que los primeros coacervatos estuviesen constituidos por ADN u otros polinucleótidos que fuesen capaces de autoduplicarse y de traducirse a proteínas. Aunque la secuencia primaria de ésta fuese al azar, pudieron formar una membrana protectora que envolviese al ADN. Se pudo establecer así una relación mutua: el ADN se traducía a proteínas y éstas protegían al ADN formando una membrana a

Apuntes de Biología 2º Bachillerato

su alrededor. A partir de aquí ambas sustancias pudieron seguir una evolución conjunta. Esta hipótesis presenta la dificultad de que la traducción de las proteínas necesita en la actualidad de una compleja maquinaria química: varios tipos de ARN, ribosomas, enzimas, etc.

Esto es, se necesitan proteínas para sintetizar el ADN y ADN para sintetizar las proteínas. Esta moderna versión de la paradoja del "huevo y de la gallina" puede resolverse contestando que la maquinaria genética debió de evolucionar conjuntamente a partir de mecanismos más simples que no existen en la actualidad, al haber sido eliminados por competencia con otros más perfeccionados.

En resumidas cuentas, en algún momento se formó una asociación ADN, codificador de una proteína, que a su vez catalizaba la formación de un ácido nucléico y ambos evolucionaron conjuntamente.

2ª) LA EVOLUCIÓN DE LOS ORGANISMOS PROCARIÓTICOS

Los distintos pasos descritos hasta ahora debieron de dar lugar a los primeros seres vivos. Posiblemente se trató de organismos similares a las bacterias fermentadoras, como las actuales del género Clostridium, aunque naturalmente su maquinaria bioquímica sería mucho más simple.

Estos organismos debieron de sobrevivir a base de fermentar los componentes orgánicos que se habían formado a lo largo de millones de años de evolución química. La disminución de la cantidad de materia orgánica, como consecuencia de los propios procesos de fermentación, debió de estimular el desarrollo de los primeros organismos fotosintéticos.

Parece ser que la fotosíntesis basada en el SH₂ como fuente de hidrógeno y electrones, como lo hacen en la actualidad las bacterias del azufre, es anterior a la fotosíntesis basada en el H₂O. Esta hipótesis se fundamenta en el hecho de que la atmósfera primitiva de la Tierra era rica en SH₂. Además, la maquinaria bioquímica que se necesita para la fotosíntesis basada en el SH₂ es menos compleja que la fotosíntesis basada en la fotolisis del H₂O.

No obstante, la abundancia de H₂O trajo este tipo de fotosíntesis. Los primeros organismos en dar este gran paso debieron ser similares a las cianobacterias, llamadas también algas verde-azuladas. Las cianobacterias actuales, como las del género nostoc, son organismos procariotas que forman colonias multicelulares de aspecto filamentoso.

Durante los 2000 millones de años siguientes (hasta hace 1500 millones de años) estos organismos revolucionaron la composición química de la atmósfera. La producción de oxígeno transformó la atmósfera reductora en una atmósfera oxidante y se formó además una capa de ozono (O₃) que filtró considerablemente los rayos ultravioleta.

El oxígeno comenzó a concentrarse en la atmósfera en un porcentaje superior al 1% hace unos 2000 millones de años. Esto se sabe porque los granos del mineral de uranio llamado uraninita se oxidan rápidamente si la concentración de oxígeno es superior al 1%. El óxido de uranio así formado se disuelve en el agua y es arrastrado hacia los mares donde se mantiene en disolución. Efectivamente, sólo encontramos depósitos de uraninita en sedimentos que tiene una antigüedad superior a los 2000 millones de años y no se encuentran cuando los estratos son más jóvenes. Un resultado similar lo proporcionan los estudios basados en la formación de los depósitos de óxido de hierro.

3ª) EL ORIGEN DE LOS EUCAΡΙOTAS

Es difícil distinguir entre los microfósiles de hace miles de millones de años si son procariotas o eucariotas. Sabemos que ambos tipos de células se diferencian en su aspecto, tamaño, morfología, bioquímica, etc.

Los eucariotas, tal y como los conocemos ahora, no pudieron aparecer antes de hace 1500 millones de años (3500 millones de años después del origen de la Tierra). Con los eucariotas apareció la reproducción sexual. No olvidemos que las principales características de los eucariotas son la presencia de un núcleo separado del citoplasma y la estructuración del ADN en cromosomas. Todo esto se desarrolló posiblemente para poder intercambiar más fácilmente el material genético. Es cierto que los procariotas actuales pueden también intercambiarlo, pero en ellos priman sobre todo los mecanismos de reproducción asexual sobre los de reproducción sexual.

**Apuntes de Biología
2º Bachillerato**

La reproducción sexual fue lo que permitió la diversificación de los seres vivos, la aparición de los organismos megascópicos y que estos alcancasen la gran complejidad que tiene en la actualidad.

Según la Teoría de la Simbiogénesis (Lynn Margulis. Chicago 1989) las células eucariotas serían el resultado de la simbiosis de diferentes organismos procariotas. Esto se basa en el hecho de que muchos orgánulos y estructuras celulares (mitocondrias y plastos,) poseen su propio ADN, e incluso sus propios ribosomas, ambos de tipo bacteriano.

UNIDAD 1.- LA BASE FÍSICO QUÍMICA DE LA VIDA

BIOELEMENTOS O ELEMENTOS BIOGÉNICOS	3
GRUPOS FUNCIONALES	4
BIOMOLÉCULAS	4
BIOMOLÉCULAS O PRINCIPIOS INMEDIATOS	5
PRINCIPIOS INMEDIATOS INORGÁNICOS	5
EL AGUA	5
ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA MOLÉCULA	5
POLARIDAD	5
SUBSTANCIA	6
PROPIEDADES DEL AGUA	6
COHESIVIDAD	6
SOLUBILIDAD	7
IONIZACIÓN. REGULACIÓN DEL pH	8
LAS SALES MINERALES	8
PRINCIPALES FUNCIONES DE LAS SALES MINERALES	8
GLÚCIDOS	9
CONCEPTO	9
MONOSACÁRIDOS	9
NATURALEZA QUÍMICA DE LOS MONOSACÁRIDOS	9
HEMIACETAL INTRAMOLECULAR Y CICLACIÓN DE LA MOLÉCULA	10
MONOSACÁRIDOS DE INTERÉS BIOLÓGICO	12
MONOSACÁRIDOS DE INTERÉS BIOLÓGICO	13
RIBOSA	13
DESOXIRIBOSA	13
GLUCOSA	13
FRUCTOSA	13
OLIGOSACÁRIDOS	13
Maltosa	13
Lactosa	14
Sacarosa	14
POLISACÁRIDOS	14
Almidón	14
Glucógeno	15
Quitina	15
FUNCIONES:	16
Energética	16
Estructural	16
LÍPIDOS	17
CONCEPTO	17
ÁCIDOS GRASOS	17
PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ÁCIDOS GRASOS	18
PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS ÁCIDOS GRASOS	18
ACILGLICÉRIDOS O GRASAS	19
CERAS	19
FOSFOLÍPIDOS	19

Apuntes de Biología
2º Bachillerato

FOSFOGLICÉRIDOS (GLICEROFOSFOLÍPIDOS).....	20
ESFINGOLIPIDOS.....	20
ESTEROIDES	20
FUNCIONES	21
CARÁCTER ANFIPÁTICO DE LOS LÍPIDOS. LÍPIDOS DE MEMBRANA.	21
LOS PRÓTIDOS.....	23
CONCEPTO DE PROTEÍNA.....	23
LOS AMINOÁCIDOS	23
Clasificación de los aminoácidos	23
El enlace peptídico	24
LOS PÉPTIDOS.....	24
<i>ESTRUCTURA DE PROTEÍNAS</i>	24
A) La estructura primaria.....	25
B) La estructura secundaria.....	25
La alfahélice, la hélice de colágeno y la disposición beta o de lámina plegada.	25
C) Estructura terciaria	26
D) Estructura cuaternaria	27
<i>PROPIEDADES DE LAS PROTEÍNAS</i>	28
* Solubilidad.	29
* Desnaturalización.	29
* Especificidad.....	29
CLASIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS EN FUNCIÓN DE SU ACTIVIDAD BIOLÓGICA.....	29
ÁCIDOS NUCLÉICOS.....	31
Estructura química de los ácidos nucleicos:	31
LOS NUCLEÓTIDOS.....	32
ESTRUCTURA BIOLOGICA DEL DNA: Doble hélice, cadenas complementarias y antiparalelas.....	34
ACIDO RIBONUCLEICO (RNA o ARN).	35

BIOELEMENTOS O ELEMENTOS BIOGÉNICOS

Son los elementos que forman parte de los seres vivos. Los podemos clasificar en:

BIOELEMENTOS PRIMARIOS: C, H, N, O, P, S. Representan alrededor del 96% del total, por lo que constituyen la práctica totalidad de las moléculas biológicas.

Estos son los elementos idóneos para formar los edificios moleculares de los seres vivos por tener en común las siguientes características:

Encontrarse en las capas más externas de la Tierra (corteza, atmósfera e hidrosfera).

La mayoría de los compuestos químicos formados por estos elementos presentan polaridad por lo que fácilmente se disuelven en el agua, lo que facilita su incorporación o su eliminación.

El C y el N presentan la misma afinidad para unirse tanto al Oxígeno como al hidrógeno, es decir pasan con la misma facilidad del estado oxidado (CO_2 , HNO_3) al reducido (CH_4 , NH_3). Esto es de gran importancia en los procesos de oxidación-reducción que son la base de muchas reacciones químicas.

El C, H, O y N (por tener de 4 a 6 electrones en su última capa) presentan variabilidad de valencias y por ello forman con facilidad enlaces covalentes. A su vez son los elementos más pequeños (tienen pesos atómicos bajos) capaces de formar enlaces covalentes estables (la estabilidad de un enlace covalente está en relación inversa con el tamaño del átomo).

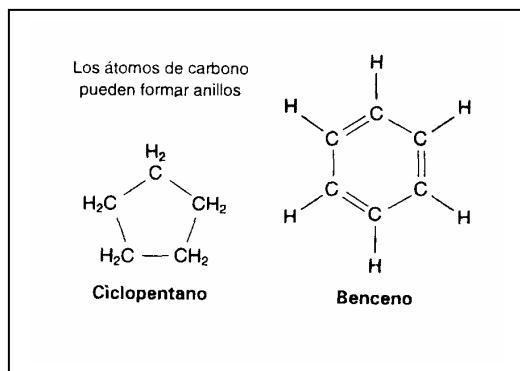
Esto es lo que permite a los átomos de carbono establecer con facilidad enlaces covalentes sencillos, dobles o triples entre ellos o con los de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, etc., dando lugar a cantidad de grupos funcionales que pueden reaccionar entre sí y originar nuevas moléculas orgánicas con diversos grupos funcionales. Todo ello resulta útil para las continuas transformaciones que sufre la materia de los seres vivos en su metabolismo.

Por otro lado, los enlaces carbono-carbono son estables y forman largas y variadas cadenas carbonadas:

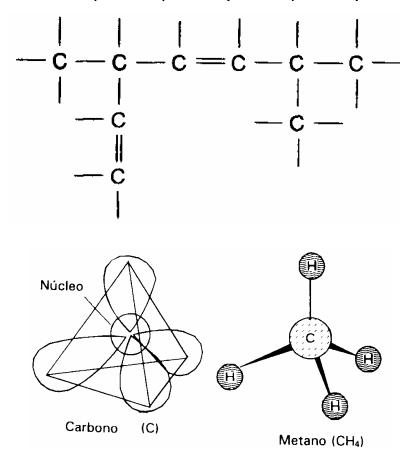
. Cadena lineal con todo tipo de enlaces:

. Cadena ramificadas:

Cadenas cíclicas, cuando los extremos de la cadena aparecen unidos entre sí dando origen a estructuras cíclicas o anillos.



Además, la estructura tetraédrica de los compuestos de carbono proporciona a las moléculas una configuración tridimensional de la que derivan sus múltiples funciones.



BIOELEMENTOS SECUNDARIOS: Na+, K+, Ca2+, Mg2+, Cl En medio acuoso se encuentran siempre ionizados. Aunque se encuentran en menor proporción que los primarios, son imprescindibles para los seres vivos.

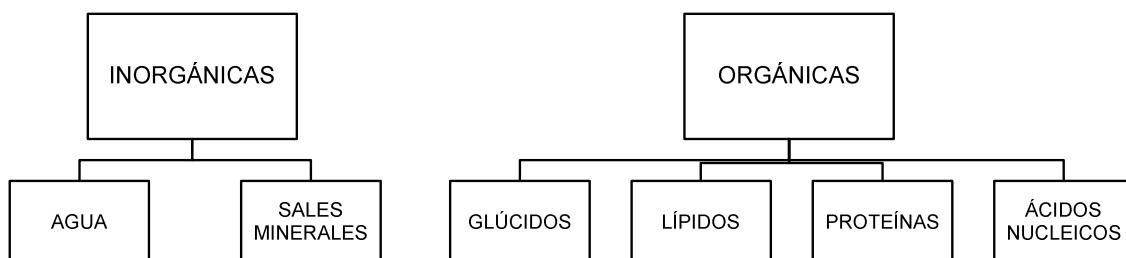
OLIGOELEMENTOS O ELEMENTOS VESTIGIALES: se encuentran en cantidades inferiores al 0'1%. Son imprescindibles para la vida aunque no todos los seres vivos tienen los mismos. Como oligoelementos más universales podemos citar, Fe, Cu, Zn, Mn, I, Ni, Co.

GRUPOS FUNCIONALES

Grupo Funcional	Formula General	Nombre Familia	Ejemplo	Nombre Compuesto
OH Hidroxilo	ROH	Alcoholes	CH ₃ CH ₂ OH	Etanol
CHO Carbonilo	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	Aldehidos	CH ₃ CHO	Etanal
CCOC Carbonilo	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R} \end{array}$	Cetonas	CH ₃ COCH ₃	Propanona
COOH Ácido o Carboxilo	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Ácidos	CH ₃ COOH	Ácido Etanoico
NH ₂ Amino	RNH ₂	Aminas	CH ₃ CH ₂ NH ₂	Etilamina

BIOMOLÉCULAS

Lo normal es que los bioelementos no se encuentren libres sino que se unen entre sí mediante enlaces dando lugar a las biomoléculas:



Los **enlaces** son las fuerzas de atracción que mantienen unidos a los átomos. En el caso de las biomoléculas pueden ser fuertes (covalente) y débiles. (no covalentes)

Enlaces

1. Iónico
2. Covalente
3. Enlaces débiles/intermoleculares

- **Enlaces de hidrógeno:** Se da en moléculas en las que el H está unido a átomos muy electronegativos (O,N); ésto confiere polaridad a la molécula. Las cargas + y - que se crean, se atraen estableciéndose este tipo de enlaces.
- **Fuerzas de Van der Waals:** Se producen por atracción electrostática entre los núcleos de una molécula y los electrones de otra. Estas fuerzas son mayores cuantos más electrones tienen las moléculas.

- **Enlaces hidrofóbicos:** Se da entre átomos que no tienen afinidad por el agua

Los átomos de las moléculas biológicas suelen estar unidos por enlaces covalentes (formados al compartir entre ellos pares de electrones) constituyendo las moléculas sillas o **monómeros** (glucosa, aminoácidos etc.). Estos monómeros, a su vez, se unen mediante enlaces también covalentes formando los polímeros.

Los **polímeros** son moléculas complejas formadas por la unión de muchos **monómeros** (almidón, proteínas, etc.).

BIOMOLÉCULAS O PRINCIPIOS INMEDIATOS

PRINCIPIOS INMEDIATOS INORGÁNICOS

EL AGUA

La substancia más abundante en las células no es especial ya que cubre las 3/4 partes de la superficie terrestre.

El agua constituye el 70% aproximadamente en peso de las células.

La cantidad de agua depende de las especies: las acuáticas poseen un mayor porcentaje que las terrestres, por ejemplo, en las medusas un 95%. En el hombre depende de la edad, en los individuos jóvenes existe mayor cantidad que en los adultos (carne de ternera más blanda que la de vaca), y también del órgano y del tejido, a mayor actividad metabólica mayor proporción de agua (la corteza cerebral 90% y el tejido adiposo 10-20%).

En los seres vivos pluricelulares localizamos el agua bajo dos formas:

agua intracelular: 2/3 del total de agua presente (aproximadamente)

agua extracelular: 1/3 del total. Esta constituida por el agua intersticial (en los tejidos bañando a las células) y el agua circulante (sangre, linfa, savia, etc.).

En los seres unicelulares será su medio ambiente.

La vida en este planeta empezó en el mar y las condiciones que reinaban en aquel ambiente primitivo imprimieron un sello permanente en la química de la materia viva. Todos los organismos han sido diseñados alrededor de las propiedades características del agua, tales como su carácter polar, sus enlaces hidrógeno, su elevado punto de fusión, ebullición, calor específico y su elevada tensión superficial.

ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA MOLÉCULA.

Las propiedades físicoquímicas del agua son consecuencia de su estructura química y de ellas derivan sus funciones biológicas. En la molécula del agua, el átomo de oxígeno comparte un par de electrones con cada uno de los átomos de hidrógeno siendo una molécula angulada.

POLARIDAD

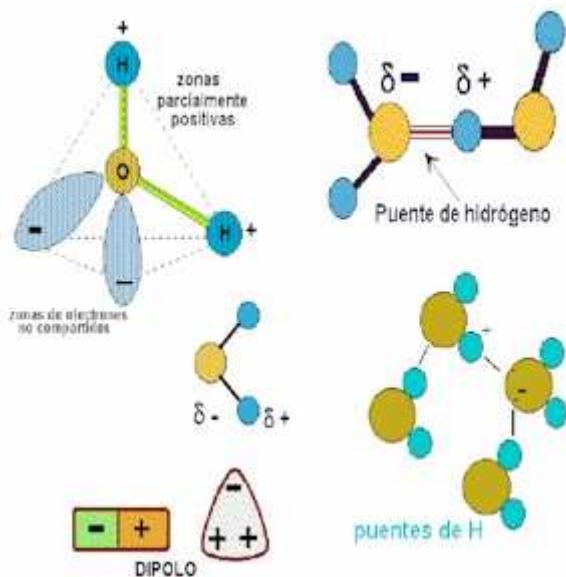
Así, el núcleo del átomo de oxígeno, debido a su mayor electronegatividad, desplaza parcialmente a los electrones que constituyen los enlaces hacia su núcleo dejando a los núcleos de los átomos de hidrógeno con una pequeña carga parcial positiva (δ^+); mientras que existen regiones débilmente negativas (δ^-) cerca del átomo de oxígeno.

Por ello, la molécula de agua tiene en su estructura unas zonas con mayor densidad electrónica y otras con un déficit electrónico; lo que hace que sea una **molécula dipolar**.

SUBSTANCIA

ENLACES DE HIDRÓGENO:

Como consecuencia de la estructura dipolar, las moléculas de agua pueden interaccionar unas con otras. Esta interacción se produce por atracción electrostática entre la carga parcial negativa del átomo de oxígeno de una molécula de agua y la carga parcial positiva localizada sobre los átomos de hidrógeno de otra molécula. Estas uniones se denominan enlaces de hidrógeno.



Debido a la ordenación de los electrones alrededor de los átomos de oxígeno, cada molécula de agua es potencialmente capaz de unirse mediante enlaces de hidrógeno a otras moléculas de agua, lo que permite que se formen estructuras de tipo reticular. Estos enlaces de hidrógeno entre las moléculas se forman y escinden a una gran velocidad, aunque su estabilidad disminuye al elevarse la temperatura. Los enlaces de hidrógeno mantienen unidas a las moléculas de agua entre sí, con lo que su peso molecular aumenta, y por ello, a una temperatura a la que otras moléculas químicamente comparables (H_2S o CH_4) están en estado gaseoso, el agua se encuentra en estado líquido. Como consecuencia, el agua se emplea como medio fluido de transporte entre las diferentes partes de un organismo, y como medio lubricante en órganos de movimiento.

PROPIEDADES DEL AGUA

COHESIVIDAD

La cohesividad es la fuerza que mantiene unidas a las moléculas de agua y esta fuerza viene determinada por los puentes de hidrógeno.

Las fuerzas cohesivas debidas a la elevada tendencia de la molécula de agua a unirse a otras moléculas vecinas, son las que convierten al agua en un líquido prácticamente incompresible, capaz de dar volumen y turgencia a muchos seres vivos, por ejemplo el esqueleto hidrostático de las plantas.

Además esta naturaleza cohesiva del agua es responsable de muchas de sus propiedades, tales como su elevada tensión superficial, su elevado calor específico y su elevado punto de ebullición.

Elevada tensión superficial: esta propiedad permite deformaciones en el citoplasma celular, causa de los movimientos internos de la célula.

Elevado calor específico; así al comunicar una cierta cantidad de calor, la temperatura se eleva poco y, de la misma forma, al liberar energía por enfriamiento, la temperatura desciende más lentamente que en otros líquidos.

Esto permite que el agua actúe como un amortiguador térmico, manteniendo la temperatura del organismo relativamente constante, a pesar, de las fluctuaciones ambientales.

De esta forma se evita la alteración de algunas moléculas, fundamentalmente proteínas, muy sensibles a los cambios térmicos.

Elevado calor de vaporización; la evaporación de agua precisa una considerable cantidad de energía pues es necesario romper los enlaces de hidrógeno existentes en la fase líquida.

Esta propiedad, junto con la anterior, participa en el proceso de amortiguación térmica, pues se consigue una disminución de la temperatura de un organismo al perder una cantidad de calor que es empleada en la evaporación del agua. La sudoración es un método fisiológico de refrigeración, basado en esta propiedad.

SOLUBILIDAD

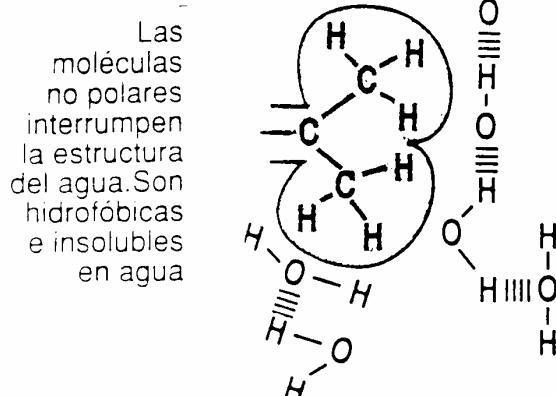
El agua por su naturaleza dipolar es un buen disolvente para gran cantidad de compuestos:

Compuestos iónicos, como las sales cristalizadas; por ser el agua dipolar se interpone entre los compuestos iónicos disminuyendo la fuerza de atracción de los iones y provocando su separación y por tanto su disolución.

Compuestos orgánicos neutros que poseen grupos funcionales polares (hidroxilo, aldehído cetona, carboxilo, amina, amida, sulfhidrilo); son solubles en el agua, pues no interrumpen su estructura al formar enlaces de hidrógeno con ella. A estos compuestos se les llama hidrófilos o polares.

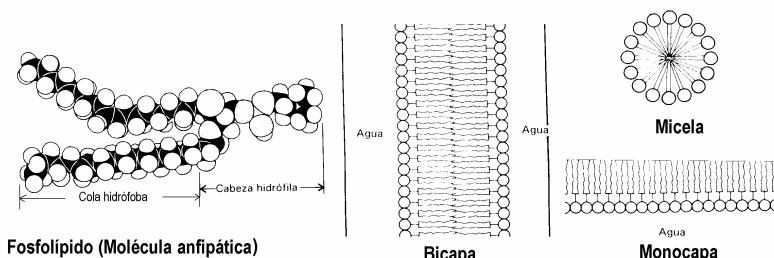
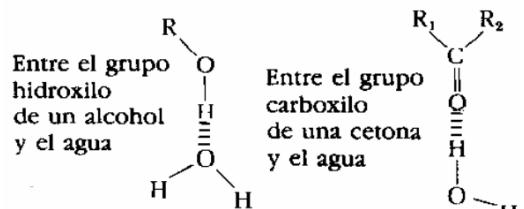
Compuestos orgánicos no polares (radicales alifáticos); son insolubles en agua porque interrumpen su estructura, al no formar enlaces de hidrógeno con ella. A estos compuestos se les llama hidrófobos o apolares.

Substancias anfipáticas (poseen a la vez grupos hidrófilos e hidrófobos); son dispersadas por el agua. Por ejemplo, un ácido graso de cadena larga forma unos agregados denominados micelas,



en las que los grupos carboxilo polares están en contacto con el agua y forman enlaces hidrógeno con ella, mientras que las cadenas hidrocarbonadas insolubles, hidrófobas y apolares se ocultan del medio acuoso mediante interacciones hidrofóbicas.

LAS MOLÉCULAS DE AGUA FORMAN ENLACES DE HIDRÓGENO CON RADICALES POLARES

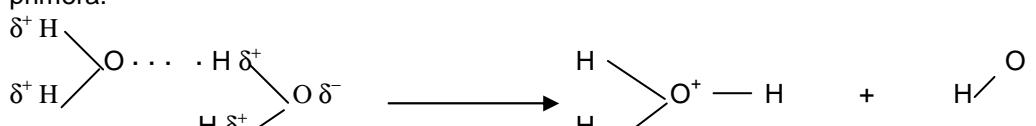


Otra manera de disponerse las substancias anfipáticas cuando se añaden en pequeña cantidad al agua, es formando una monocapa en la superficie, y las cabezas polares se disponen en contacto con la superficie de ésta. Sobre esta monocapa puede disponerse una segunda capa con las colas apolares sobre la primera, formando una bicapa lipídica. En ella las cabezas polares forman enlaces de hidrógeno con el agua y los grupos apolares se mantienen unidos por interacciones hidrofóbicas.

De todo ello, se deduce, que una de las primordiales funciones del agua es la de actuar como disolvente de la mayoría de las moléculas y dado que es condición imprescindible, que para que una reacción química tenga lugar, que los reactivos se encuentren disueltos, podemos deducir que el agua, al permitir la disolución de los compuestos biológicos, actúa como el medio donde se realizan todas las reacciones metabólicas características de la actividad vital. Así mismo, sirve de vehículo de entrada y salida de las distintas substancias disueltas en ella, a través de la membrana, en la célula.

IONIZACIÓN. REGULACIÓN DEL pH.

Una pequeña parte de las moléculas de agua pueden ionizarse al unirse un átomo de hidrógeno de una molécula al oxígeno de otra molécula, rompiendo su unión con la primera.



Aparecen así dos iones de carga opuesta: H_3O^+ y HO . Habitualmente, los iones H_3O^+ se representan con H^+ .

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

En el agua destilada la proporción de moléculas ionizadas es muy baja.

$$\text{A } 25^\circ \text{C } [\text{H}^+] \times [\text{HO}] = 1 * 10^{-14}$$

A este producto se le denomina producto iónico del agua.

La escala de pH varía entre 1 y 14, correspondiendo el 7 a la neutralidad. Valores por debajo de este corresponden a soluciones de sustancias ácidas, y si están comprendidos entre 7 y 14, la disolución será básica. En los seres vivos existen soluciones con un pH determinado, casi siempre próximo a la neutralidad.

LAS SALES MINERALES

Podemos encontrarlas disueltas en los medios celulares internos o externos, o precipitadas en huesos y caparazones. Cuando están disueltas se encuentran disociadas en cationes y aniones. Los principales cationes y aniones presentes en los medios orgánicos son:

- Cationes: Na^+ , K^+ , Ca^{+2} y Mg^{+2} .
- Aniones: Cl^- , SO_4^{-2} , PO_4^{-3} , CO_3^{-2} , HCO_3^- y NO_3^-

La proporción de iones, y sobre todo de cationes, debe mantenerse constante en los medios orgánicos pues ciertos cationes tienen efectos antagónicos. Por ejemplo, el Ca^{+2} y el K^+ tienen funciones antagónicas en el funcionamiento del músculo cardíaco.

PRINCIPALES FUNCIONES DE LAS SALES MINERALES

- Esqueletos y caparazones.
- Mantener la salinidad.
- Estabilizar las soluciones. Por ejemplo, los amortiguadores del pH.
- Específicas: Movimiento muscular, impulso nervioso etc.

GLÚCIDOS

CONCEPTO

Son biomoléculas orgánicas formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno. Químicamente son *polihidroxialdehidos* o *polihidroxicetonas*, es decir compuestos que poseen varios grupos hidroxilo (OH) y un grupo carbonilo, bien aldehido (CHO) o bien cetona (C=O). También se incluyen en este grupo moléculas derivadas, con grupos amina, carboxilos, etc, que poseen una gran semejanza química con los glúcidos más comunes.

Atendiendo a su complejidad se clasifican en:

- A) **Monosacáridos u osas** Son los más sencillos. No hidrolizables. Poseen de 3 a 7 átomos de carbono. Constituyen los monómeros a partir de los cuales se originan los demás glúcidos.
- B) **Ósidos** formados por la unión de varios monosacáridos mediante enlaces "O-glucosídicos", pudiendo poseer en su molécula otros compuestos no glucídicos. Son hidrolizables, descomponiéndose en los monosacáridos y demás compuestos que los constituyen. A su vez se dividen en:
 - 1) **Holósidos** constituidos exclusivamente por monosacáridos. Si el número de monosacáridos está comprendido entre 2 y 10, se denominan *Oligosacáridos*, entre ellos cabe destacar a los disacáridos (dos osas) y trisacáridos (tres osas). Pero, si el número de monosacáridos es superior a 10 se llaman *Polisacáridos* que pueden estar formados por un solo tipo de osas (*homopolisacáridos*), o por dos o más tipos (*heteropolisacáridos*).
 - 2) **Heterósidos** formados por osas y otros compuestos no glucídicos de naturaleza variada.

MONOSACÁRIDOS

Como ya se ha dicho, son los glúcidos más sencillos, no hidrolizables y constituyen los monómeros de los demás glúcidos.

Propiedades físicas son sólidos, cristalinos, incoloros o blancos, dulces y solubles en agua. Su solubilidad, se debe a que tanto los radicales hidroxilo, como el grupo carbonilo son polares y establecen por ello enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua también polares.

Propiedades químicas Poseen poder reductor frente a determinadas sustancias (por ejemplo el licor de Fehling), debido a la presencia del grupo carbonilo que puede oxidarse a ácido con facilidad por disoluciones alcalinas de plata o cobre. Esta propiedad es utilizada para detectar su presencia en medios biológicos.

NATURALEZA QUÍMICA DE LOS MONOSACÁRIDOS

Químicamente están constituidos por una sola molécula de polihidroxialdehido o polihidroxicetona que posee de 3 a 7 átomos de carbono.

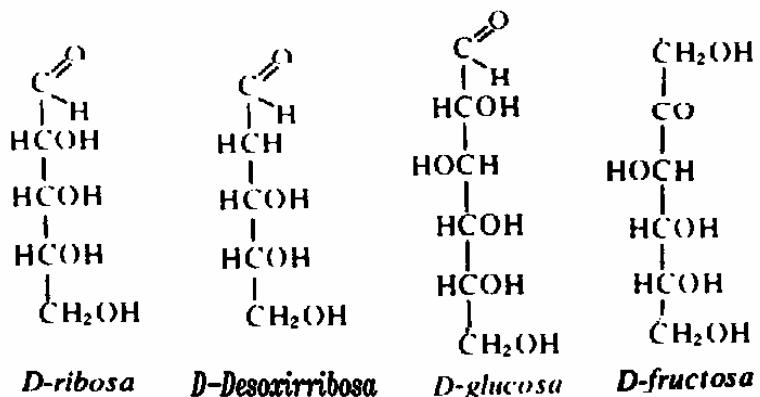
Su fórmula empírica responde a $(CH_2O)_n$.

La estructura básica de los monosacáridos es una cadena de carbonos no ramificada en la que dichos átomos se encuentran unidos entre sí mediante enlaces covalentes sencillos y todos ellos son portadores de un grupo hidroxilo (OH) y de un radical de hidrógeno (H), excepto uno que forma parte de un grupo carbonilo, bien de tipo aldehido o cetona.

Los monosacáridos que poseen un grupo aldehido se denominan *aldosas* y siempre se encuentra en uno de los carbonos terminales de la molécula. Los que tienen un grupo cetona reciben el nombre de *cetosas* y siempre se localiza en un carbono intermedio.

Dependiendo de que posean 3, 4, 5 o 6 átomos de carbono, se denominan: triosas, tetrosas, pentosas, hexosas, respectivamente.

Si tenemos en cuenta ambos criterios para nombrarlos se antepone al sufijo "osa" el prefijo "aldo" o "ceto" para indicar si poseen función aldehido o cetona, seguido de "tri", "tetra", "penta", "hexa" o "hepta", para hacer referencia al número de átomos de carbono que posean. Así por ejemplo un monosacárido de seis átomos de carbono con función aldehido será una aldohexosa. Ejemplos:



HEMIACETAL INTRAMOLECULAR Y CICLACIÓN DE LA MOLÉCULA

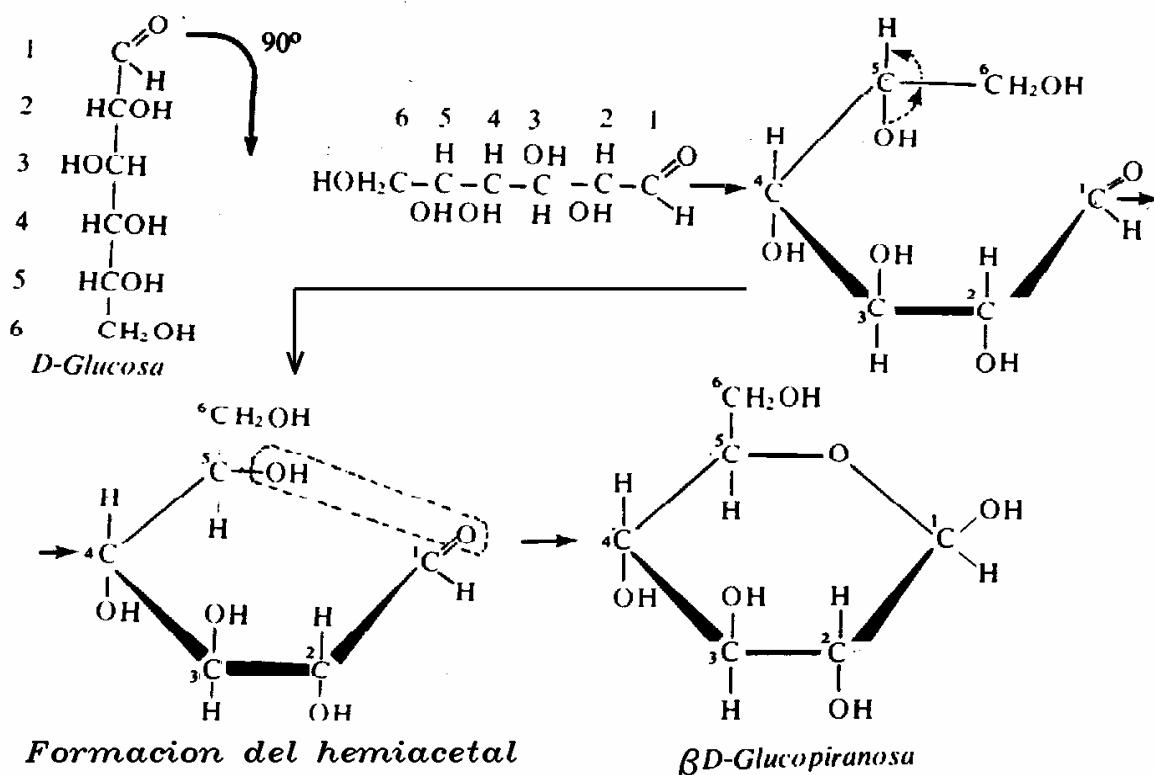
Las moléculas de monosacáridos pueden presentar cadenas abiertas, como las que hemos visto hasta ahora, o cerradas, formando ciclos.

En las tetrosas, la forma abierta es la que corresponde a su estado en la célula.

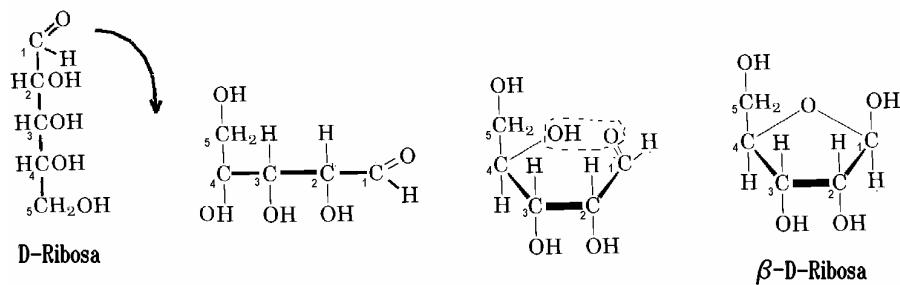
Por el contrario, las pentosas y hexosas, cuando se encuentran en disolución acuosa, se comportan como si poseyeran un carbono asimétrico más. Esto es debido a que se forman cadenas cerradas al reaccionar los grupos carbonilo con las moléculas de agua, apareciendo, por tanto, otro carbono asimétrico que presenta un OH llamado hemiacetálico. Por ello existen dos formas distintas en la naturaleza, que por convenio se denominan α y β , según que el OH hemiacetálico se encuentre a la derecha o a la izquierda del nuevo carbono asimétrico.

Estas moléculas se representan espacialmente:

Ciclación glucosa

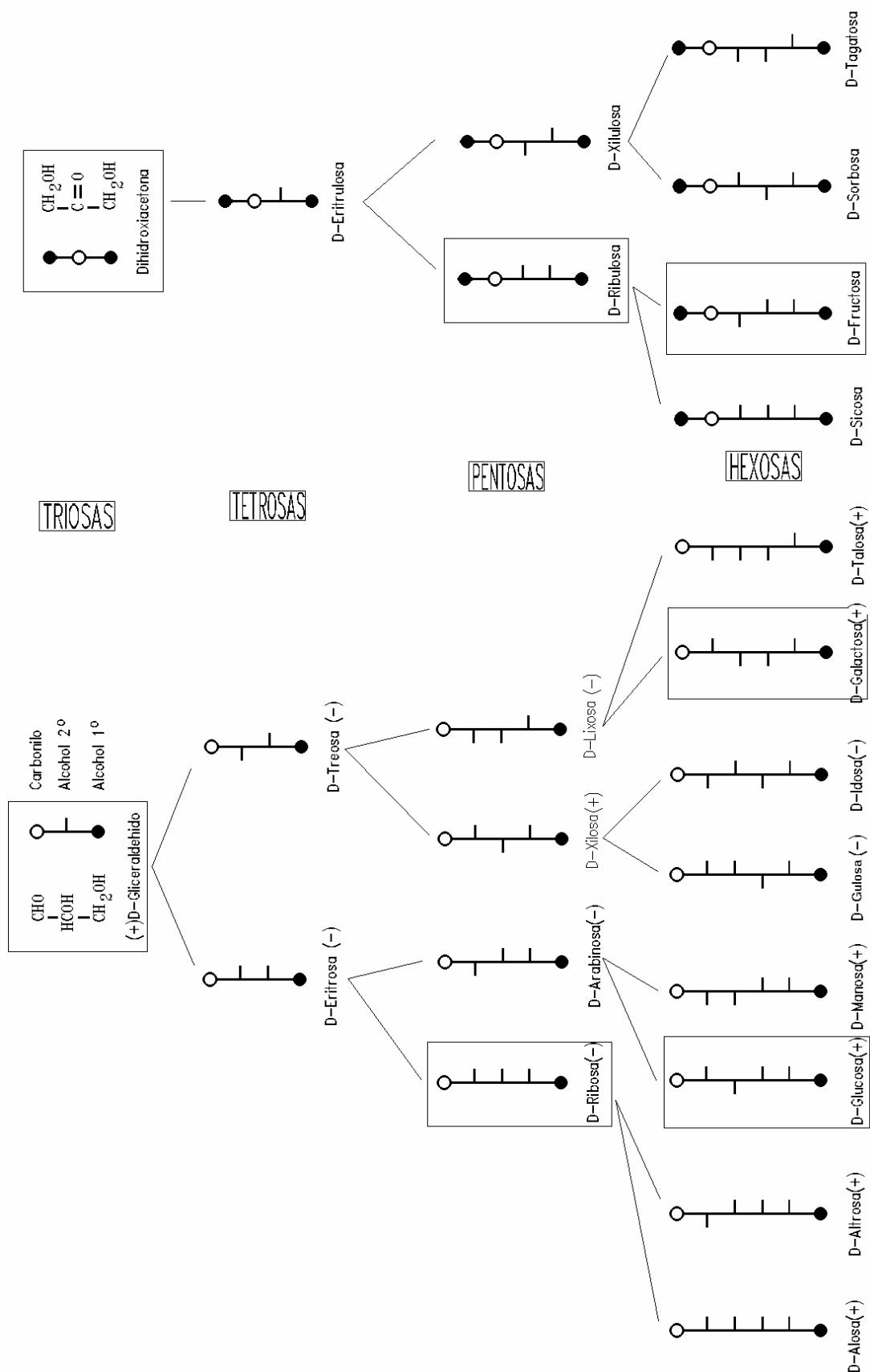


Ciclación ribosa



Estos compuestos, por lo anteriormente explicado serán α ó β , según que el OH hemiacetálico esté representado hacia abajo o arriba del plano.

Apuntes de Biología
2º Bachillerato



MONOSACÁRIDOS DE INTERÉS BIOLÓGICO

RIBOSA Aldopentosa. Forma parte de la estructura de los RNA, así como de nucleótidos capaces de transferir energía, como por ejemplo el ATP.

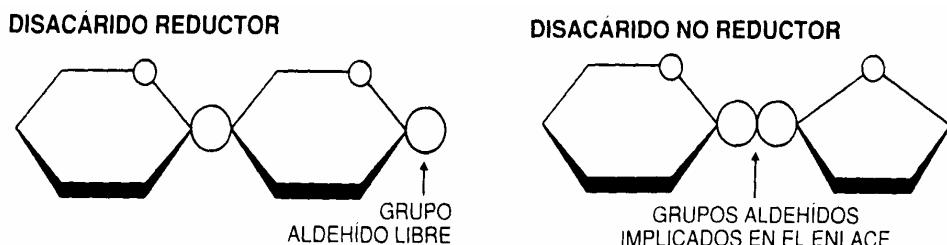
DESOXIRRIBOSA Es un monosacárido que se origina a partir de la ribosa, por perdida del oxígeno del C 2. Forma parte de la estructura del DNA.

GLUCOSA Aldohexosa. Recibe el nombre de azúcar de uva por encontrarse de forma libre en este fruto. Puede encontrarse libre como tal glucosa o formar parte de oligosacáridos y polisacáridos. En nuestra sangre, y procedente de la digestión de los glúcidos que tomamos en el alimento, se encuentra en la proporción de un gramo por litro. Es utilizada como fuente de energía por todas las células, pues es el material energético de uso más inmediato.

FRUCTOSA cetohexosa. Se encuentra en la miel y en la mayoría de los frutos acompañando a la glucosa. En el hígado se transforma en glucosa, por lo que posee para nuestro organismo el mismo valor energético que ésta.

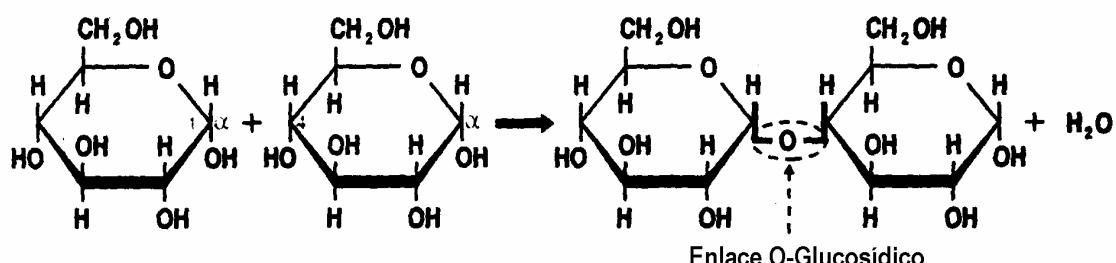
OLIGOSACÁRIDOS

Son glúcidos formados por la unión de dos a diez monosacáridos. Los más abundantes en la naturaleza son los **DISACÁRIDOS** constituidos por la unión de dos monosacáridos,



generalmente hexosas, mediante un enlace "O-glucosídico".

Este enlace puede ser α ó β , dependiendo de la configuración del primer monosacárido.

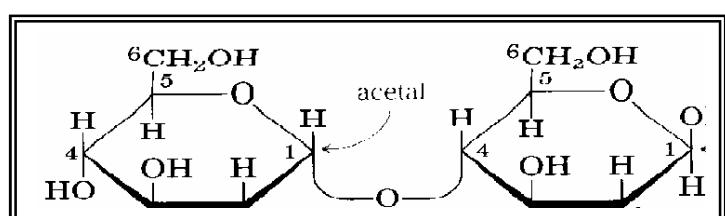


Los disacáridos son dulces, solubles en agua, cristalizables y por hidrólisis se descomponen en sus monosacáridos constituyentes.

Entre los disacáridos de mayor interés biológico, se pueden citar como ejemplo

Maltosa formada por dos moléculas de α -glucosa, unidas mediante un enlace (1-4)

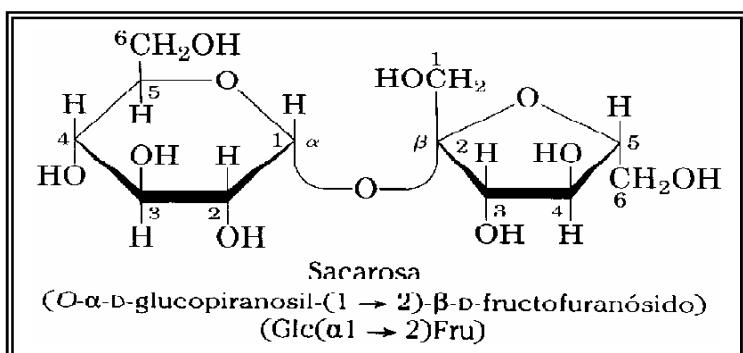
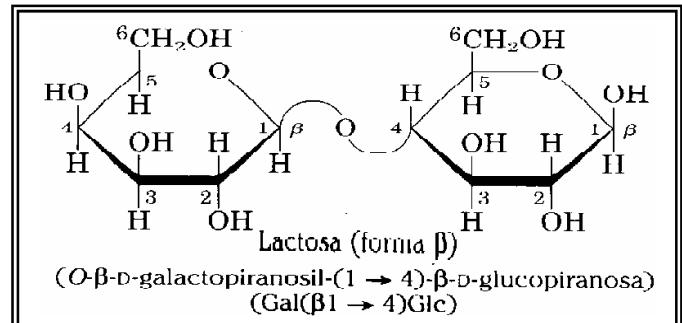
Se obtiene por hidrólisis del almidón y del glucógeno. Aparece durante la germinación de la cebada que se emplea



en la fabricación de la cerveza y, una vez tostada como sucedáneo del café (malta).

Lactosa Formada por una molécula de β -galactosa y otra de α -glucosa, unidas mediante un enlace (14). Se encuentra libre en la leche de los mamíferos

Sacarosa formada por una molécula de α -glucosa y otra de β -fructosa, unidas por un enlace (12). Es el azúcar común y abunda en la caña de azúcar y en la remolacha azucarera.



POLISACÁRIDOS

Son los glúcidos más abundantes en la naturaleza y los de mayor peso molecular.

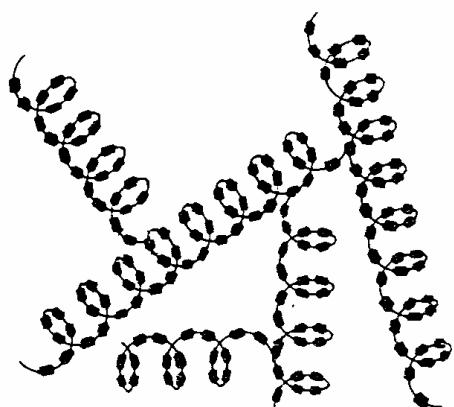
Están formados por más de diez monosacáridos, unidos entre sí mediante enlaces "O-glucosídicos". En la reacción se desprenden tantas moléculas de agua como enlaces forman. Su hidrólisis completa libera monosacáridos. Son insípidos, amorfos e insolubles en agua. Algunos, como el almidón, pueden formar dispersiones coloidales.

Los polisacáridos realizan funciones biológicas de dos tipos: de *reserva energética* y *estructural*. Los primeros presentan enlaces de tipo α , como el almidón y el glucógeno. Los segundos, como la celulosa y la quitina, poseen enlaces de tipo β .

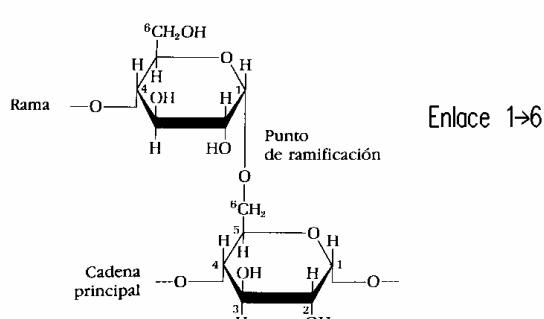
Los más frecuentes están formados por hexosas, sobre todo glucosa o sus derivados. En los vegetales también existen polisacáridos formados por pentosas.

Entre los más importantes se pueden citar:

Almidón Homopolisacárido, con función de reserva energética, propio de los vegetales, se acumula en el citoplasma celular formando gránulos (amiloplastos), de tamaño y forma característicos de cada especie vegetal. Es especialmente abundante en tubérculos y en



Almidón

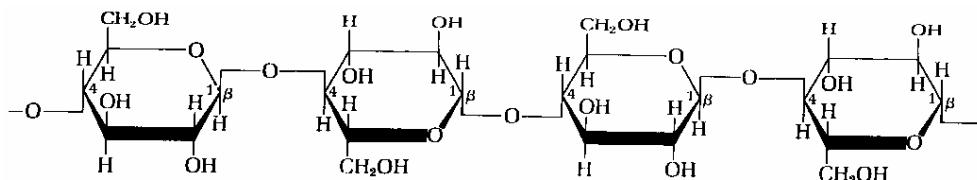


semillas.

Es un polímero de elevado peso molecular formado por miles de moléculas de α -glucosa, cuya estructura es además de ramificada helicoidal con 6 moléculas de glucosa por vuelta de hélice y las ramificaciones se producen cada 12 moléculas de glucosa.

Glucógeno Homopolisacárido, de reserva energética, propio de los animales. Se acumula en el hígado y en los músculos, donde cuando es necesario se moviliza convirtiéndose en glucosa. Es un polímero de moléculas de α -glucosa y posee una estructura semejante a la del almidón, con la particularidad de que es aún más ramificado.

Celulosa Homopolisacárido, con función estructural, exclusivo de las células vegetales, en las que forma la parte fundamental de su pared celular.

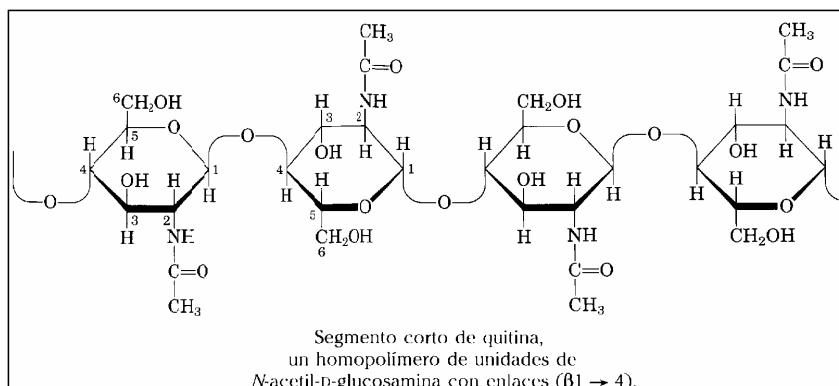


Cadena de celulosa Unidades de D-glucosa unidades $\beta 1 \rightarrow 4$

Es un polímero lineal y no ramificado de moléculas de β -glucosa. Cada molécula de glucosa está girada 180° respecto al residuo adyacente, de modo que el oxígeno de cada anillo establece un puente de hidrógeno con el grupo OH del C3 del anillo siguiente, lo que impide la formación de estructuras helicoidales, obteniéndose de este modo una cadena recta y extendida. Varias cadenas adyacentes, con esta conformación, pueden establecer, entre ellas, enlaces de hidrógeno, dando como resultado la formación de fibras con una elevada fuerza tensil

Sin embargo, los enlaces α del almidón y del glucógeno originan una estructura muy distinta. La celulosa se hidroliza por acción de las "celulosas" capaces de romper los enlaces β , dando moléculas de celobiosa y estas finalmente glucosa. Solo algunos microorganismos, como protozoos y bacterias simbióticos del aparato digestivo de animales herbívoros y de insectos xilófagos poseen dicho enzima.

Quitina



Homopolisacárido con función estructural que forma la parte fundamental del exoesqueleto de los artrópodos.

FUNCIONES:

Los glúcidos desempeñan las siguientes funciones biológicas:

Energética: Constituyen el material energético de uso inmediato para los seres vivos. El glucóido más utilizado por todo tipo de células como fuente de energía es la glucosa (su oxidación libera 4,1Kcal/g). Otros glúcidos, como el almidón, el glucógeno, la sacarosa, la lactosa..... son formas de almacenar glucosa. Así el glucógeno y el almidón permiten acumular miles de moléculas de glucosa en animales y vegetales respectivamente. Estas moléculas al ser bastante insolubles en agua pueden almacenarse en grandes cantidades.

Por otra parte y dado que los glúcidos son los primeros productos obtenidos durante la fotosíntesis, constituyen una fuente de carbono para los demás compuestos orgánicos.

Estructural algunos glúcidos forman parte de estructuras celulares y de tejidos. Entre los glúcidos que desempeñan esta función se pueden citar: la celulosa, la pectina y la hemicelulosa que constituyen la pared celular de las células vegetales; los peptidoglicanos constituyentes de la pared bacteriana; la quitina que forma el exoesqueleto de los artrópodos; la ribosa y desoxirribosa componentes de la estructura de los RNA y DNA respectivamente.

Los glúcidos (oligosacáridos)unidos covalentemente a las proteínas o a los lípidos de las membranas celulares, actúan como **receptores de membrana** de muchas sustancias y *lugares de reconocimiento* entre células del mismo tejido.

LÍPIDOS

CONCEPTO

Son biomoléculas orgánicas, compuestas básicamente por carbono, hidrógeno y oxígeno y, en determinadas ocasiones también por otros elementos, como fósforo, nitrógeno y azufre.

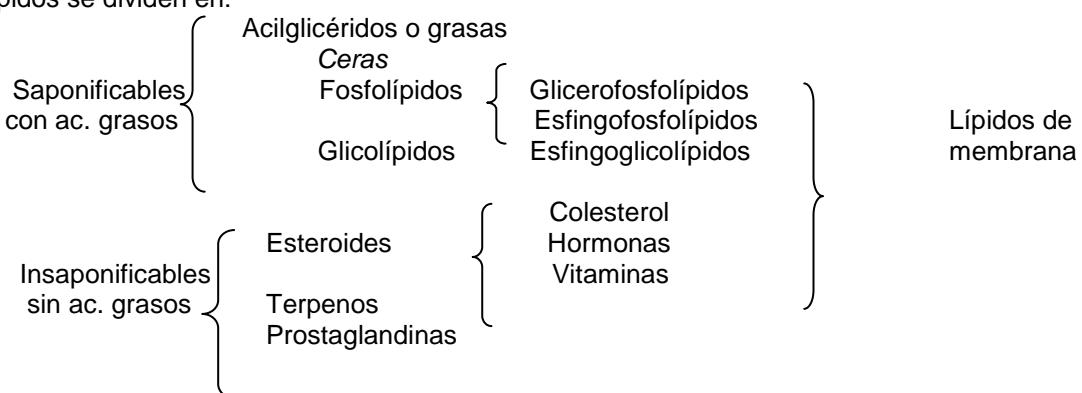
Constituyen un grupo de moléculas muy heterogéneas, que tienen en común dos características:

ser insolubles en agua y otros disolventes polares.

ser solubles en disolventes orgánicos, es decir, no polares, como el benceno, el cloroformo, la acetona, el éter, etc.

Desde el punto de vista químico, se pueden clasificar teniendo en cuenta diversos criterios.

Uno de ellos es, en función de sus relaciones con los ácidos grasos. Según este criterio, los lípidos se dividen en:



ÁCIDOS GRASOS

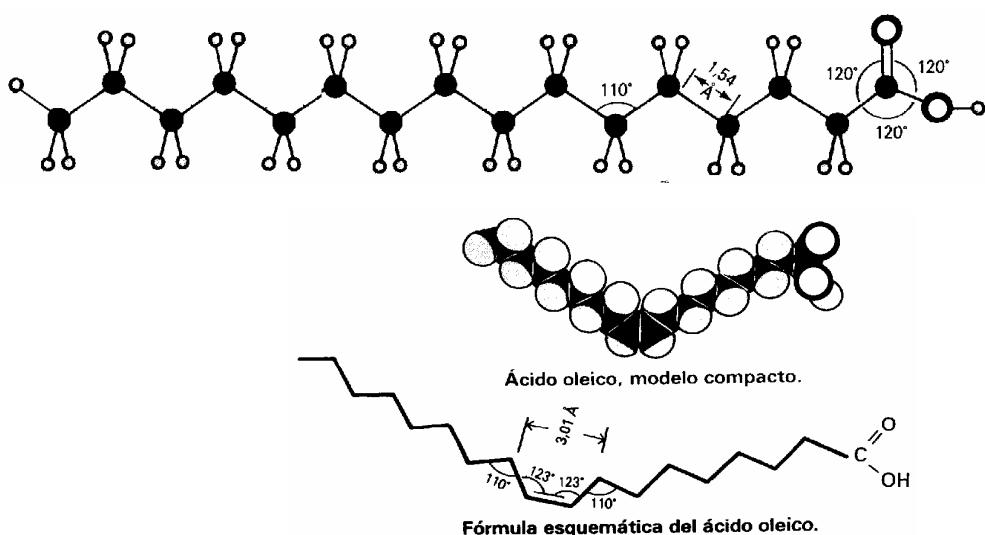
Son moléculas que poseen una larga cadena lineal hidrocarbonada, generalmente con un número par de átomos de carbono (14 a 22) y con un grupo carboxilo en uno de sus extremos:

R COOH, R, cadena hidrocarbonada saturada

Ácido pámítico: CH₃ (CH₂)₁₄ COOH

R' COOH, R', cadena hidrocarbonada no saturada

Ácido oléico: CH₃ (CH₂)₇ CH = CH (CH₂)₇ COOH



No suelen encontrarse en estado libre y se obtienen mediante hidrólisis ácida o enzimática de otros lípidos.

Los ácidos grasos se diferencian unos de otros en:

- longitud de la cadena hidrocarbonada.
- presencia o ausencia de dobles enlaces en dicha cadena, así como en el número y posición que ocupan.

En función de estos dobles enlaces, los ácidos grasos se clasifican en:

Saturados Son aquellos que poseen únicamente enlaces covalentes sencillos. En estos compuestos, la rotación libre alrededor de cada enlace carbonocarbono, confiere gran flexibilidad a la cadena hidrocarbonada, que puede adoptar muchas conformaciones diferentes, siendo la más estable la totalmente extendida.

Son ejemplos de ácidos grasos saturados entre otros: ácido palmítico: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$, el esteárico, etc.

Insaturados Son aquellos que poseen uno o varios dobles enlaces. Estos dobles enlaces al ser rígidos y carecer de libertad de giro provocan *inflexiones* de la cadena hidrocarbonada. Como ejemplo se puede citar el ácido oleico que se encuentra en el aceite de oliva

Cuando poseen varios dobles enlaces, en la cadena hidrocarbonada, se denominan poliinsaturados.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ÁCIDOS GRASOS

Las propiedades físicas de los ácidos grasos y de los compuestos que los contienen vienen determinadas en gran medida por la longitud y grado de insaturación de la cadena hidrocarbonada.

Solubilidad Los ácidos grasos son compuestos anfipáticos, ya que poseen una zona hidrófoba, la cadena hidrocarbonada, con tendencia a formar enlaces de Van der Waals con otras cadenas semejantes. Por el contrario el grupo carboxilo es polar e hidrófilo. Debido a ello los ácidos grasos cuando se encuentran en un medio acuoso sus grupos hidrófilos se orientan hacia las moléculas de agua, mientras que los grupos hidrófobos se alejan de ellas, dando lugar a la formación de micelas, monocapas y bicapas

Punto de fusión Los ácidos grasos saturados, debido a su conformación totalmente extendida pueden empaquetarse estrechamente, lo que permite la formación de un gran número de fuerzas de Van der Waals entre los átomos de cadenas hidrocarbonadas vecinas (el número de estos enlaces está en relación directa con la longitud de la cadena). Por el contrario en los ácidos grasos insaturados, los doblamientos provocados por los dobles enlaces de la cadena hidrocarbonada no permiten este empaquetamiento tan fuerte, por lo que las interacciones de Van der Waals son más débiles, necesitándose menos energía para romperlas. Por ello los ácidos grasos insaturados tienen puntos de fusión más bajos que los saturados de la misma longitud de cadena, esto determina que a temperatura ambiente los saturados sean sólidos, mientras que los insaturados son líquidos.

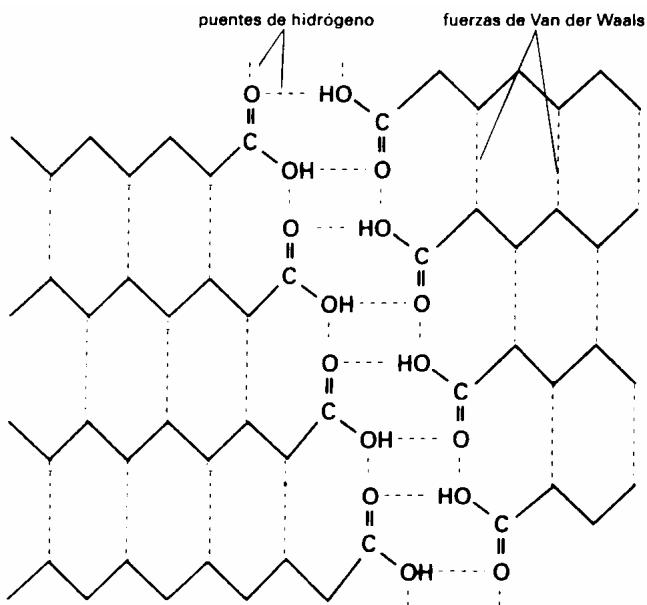
PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS ÁCIDOS GRASOS

Por poseer un grupo carboxilo pueden llevar a cabo:

Reacciones de esterificación en las que reaccionan con grupos alcoholílicos formando ésteres:



Reacciones de saponificación en las que reaccionan con bases fuertes como potasa o sosa, dando la sal potásica o sódica del ácido graso correspondiente que recibe el nombre de jabón.

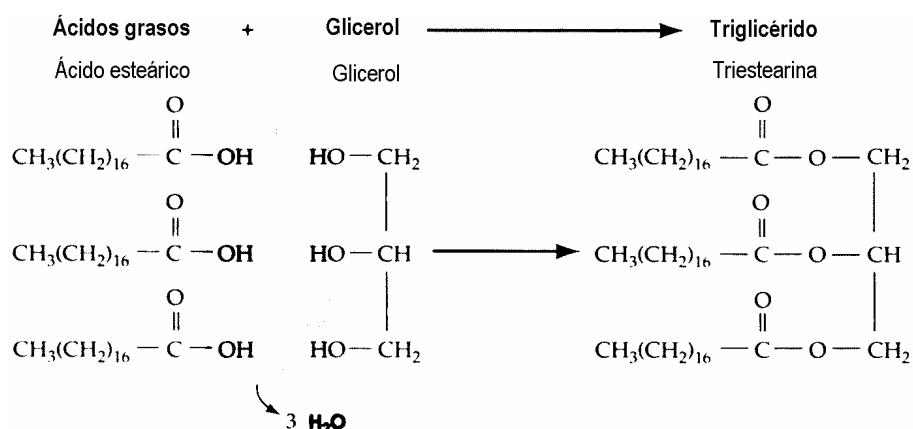


Formación de puentes de hidrógeno y fuerzas de Van der Waals entre moléculas de ácidos grasos saturados.

ACILGLICÉRIDOS O GRASAS

Son ésteres formados por una molécula de glicerina y una, dos o tres moléculas de ácidos grasos. En el primer caso se denominan *monoacilglicéridos*, en el segundo *diacilglicéridos* y en el tercero *triacilglicéridos*.

Entre ellos cabe destacar los triacilglicéridos denominados también triglicéridos, grasas o grasas neutras.



Dado que los hidroxilos (OH) polares del glicerol y los carboxilos (COOH) polares de los ácidos grasos están unidos en enlace éster, los triacilglicéridos son moléculas apolares (de aquí el nombre de grasas neutras), hidrófobas, prácticamente insolubles en agua. Solo los monoacilglicéridos y los diacilglicéridos poseen cierta polaridad debido a los radicales OH libres de la glicerina.

Si los tres ácidos grasos son iguales, el triacilglicérido se denomina *simple* y si no lo son, recibe el nombre de *mixto*. Las grasas naturales suelen ser mezcla de ambos.

Si los ácidos grasos que predominan son insaturados es líquido y se denomina aceite. si predominan los saturados es sólido y recibe el nombre de sebo. En los animales poiquilotermos y en los vegetales hay aceites y en los animales homeotermos hay sebos.

Los triacilglicéridos se hidrolizan a pH neutro por acción de las lipasas, rindiendo una molécula de glicerina y tres de ácidos grasos. Las lipasas del intestino colaboran en la digestión y absorción de las grasas de la dieta.

También se hidrolizan hirviéndolos con soluciones diluidas de hidróxido sódico o hidróxido potásico, esta reacción de saponificación origina glicerina y las sales sódicas o potásicas de los ácidos grasos correspondientes denominadas jabones.

Las grasas, como ya se ha dicho, son moléculas de reserva energética. Se almacenan en las vacuolas de las células vegetales (sobre todo en frutos y semillas de las plantas oleaginosas) y en los adipocitos del tejido adiposo de los animales.

Son más apropiadas que el glucógeno como reserva energética, ya que no sólo pueden almacenarse en grandes cantidades sino que lo hacen en forma casi deshidratada, con lo que ocupan menos volumen.

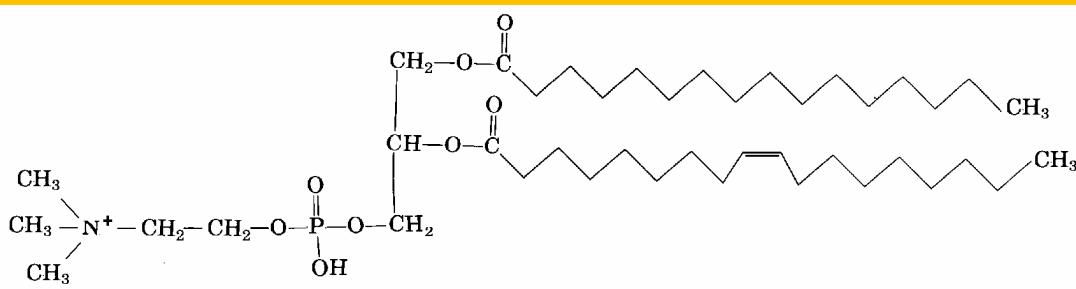
En algunos animales, las grasas acumuladas debajo de la piel sirven también de aislante térmico.

CERAS

Resultan de la esterificación de un monoalcohol lineal de cadena larga con un ácido graso también de cadena larga

FOSFOLÍPIDOS

Son lípidos que forman parte de todas las membranas celulares. Derivan del glicerol, o de la esfingosina, un alcohol más complejo. Los derivados del glicerol se denominan *Fosfoglicéridos* y los derivados de la esfingosina, *Esfingolípidos*.



FOSFOGLICÉRIDOS (GLICEROFOSFOLÍPIDOS)

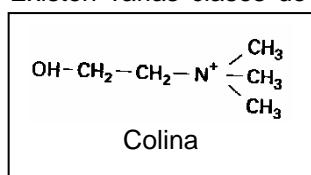
Su estructura molecular deriva de la unión de un *ácido fosfatídico* con un *compuesto polar*, generalmente aminoalcohol.

El ácido fosfatídico es un triester de glicerol con dos ácidos grados (posiciones 1 y 2) y un ácido ortofosfórico (posición 3)

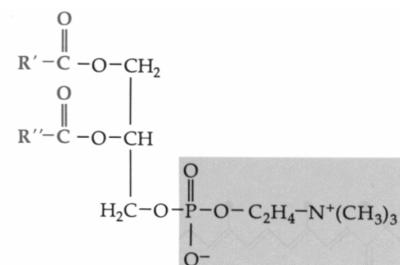
El ácido graso que se esterifica con el primer OH del glicerol suele ser saturado y el segundo insaturado.

El compuesto polar (HO X) se une al ácido fosfatídico, a nivel del ácido ortofosfórico, mediante una nueva reacción de esterificación.

Dado que el ácido ortofosfórico esterifica a dos grupos hidroxilo, se dice que forma un enlace fosfodiéster. Existen varias clases de fosfoglicéridos, dependiendo del compuesto polar. Como ejemplo se pueden citar la Lecitina (fosfatidilcolina), que se encuentra en la mayoría de las membranas celulares de los organismos superiores, y cuyo grupo polar es la colina:



Todos los fosfoglicéridos son compuestos anfipáticos, poseen dos cadenas apolares, hidrófobas (cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos) y un grupo polar hidrófilo (resto de la molécula). Debido a este carácter anfipático desempeñan una función estructural, siendo constituyentes esenciales de todas las membranas celulares.

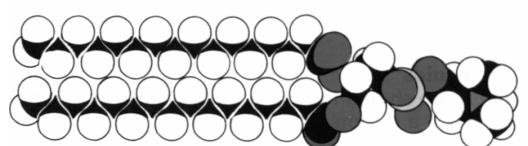


ESFINGOLIPIDOS

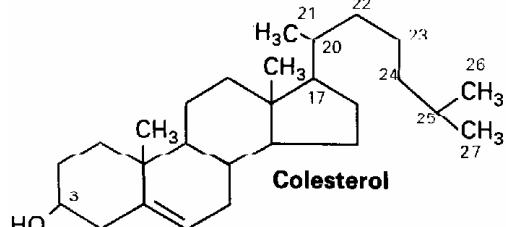
Su estructura molecular deriva de la unión del alcohol esfingosina, un ácido graso y un grupo polar que puede ser un aminoalcohol o un glúcido.

De todos ellos el más conocido es la esfingomielina

Al igual que los fosfoglicéridos, son compuestos anfipáticos pues poseen un grupo polar y dos cadenas apolares hidrófobas (cadena hidrocarbonada de la esfingosina y del ácido graso), por lo que desempeñan también una función estructural como constituyentes de las membranas celulares



Fosfatidilcolina (Lecitina)



ESTEROIDES

Derivan de un hidrocarburo cíclico el esterano o ciclopentano *perhidrofenantreno*.

Esteroles: Son los esteroides entre los que cabe destacar el colesterol presente en la mayoría de las células eucarióticas. Poseen en el carbono 3 el grupo OH y en el carbono 17 una cadena hidrocarbonada.

Es un compuesto anfipático, ya que posee un grupo polar, hidrófilo (el grupo OH), mientras que el resto de la molécula es apolar, hidrófobo. Este carácter anfipático le permite desempeñar una función estructural, siendo componente muy importante de las membranas de las células animales, a las que confiere estabilidad y fluidez.

El colesterol, además de su papel como constituyente de membranas, es el precursor de otros esteroides, entre los que destaca también la vitamina D, los ácidos biliares y las hormonas sexuales.

FUNCIONES

Los lípidos desempeñan entre otras, las siguientes funciones biológicas:

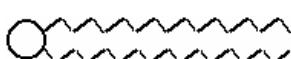
1. **Energética** Tal es el caso de las grasas, que al ser moléculas muy poco oxidadas poseen un alto contenido energético. Por ejemplo la oxidación de un gramo de grasa libera 9,4 Kcal., más del doble de la que se consigue con la oxidación de un gramo de glúcidos o de proteínas (4,1 Kcal).
Las grasas acumuladas en el tejido adiposo de los animales además de constituir una reserva energética para el organismo, son un poderoso *aislante térmico* y en ocasiones mecánico, como por ejemplo la grasa que rodea a los riñones.
2. **Estructural** Los fosfolípidos, esfingoglicolípidos y el colesterol, dada su naturaleza polar forman parte de las membranas celulares.
3. **Protectora** Función desempeñada por las ceras al impermeabilizar las superficies en que se depositan.
4. **Transportadora** Por ejemplo los ácidos y las sales biliares que dispersan las grasas facilitando su degradación y posterior absorción intestinal.
5. **Reguladora** Contribuyendo al normal funcionamiento del organismo. Desempeñan esta función las vitaminas lipídicas (A, D, K, E), así como las hormonas sexuales y hormonas suprarrenales, de carácter también lipídico.

CARÁCTER ANFIPÁTICO DE LOS LÍPIDOS. LÍPIDOS DE MEMBRANA.

Los lípidos que constituyen las membranas celulares tienen en común una característica muy importante: son moléculas anfipáticas. Contienen a la vez una parte hidrofílica, que se siente atraída por el agua y otra hidrofóbica que huye del agua. Los principales lípidos de membrana son: fosfolípidos (más abundantes), glicolípidos y colesterol.

Lípido de membrana	Unidad hidrofóbica	Unidad hidrofílica
Fosfoglicéridos	Cadenas de ácidos grasos	Alcohol fosforilado
Esfingomielina	Cadena de ácido graso y cadena hidrocarbonada de esfingosina.	Fosforilcolina
Glicolípidos	Cadena de ácido graso y cadena hidrocarbonada de esfingosina	Uno o más residuos de azúcar
Colesterol	Molécula completa excepto el grupo OH	Grupo OH en C3

Al observar la fórmula de fosfoglicéridos vemos que las dos cadenas de ácidos grasos (unidad hidrofóbica) quedan aproximadamente paralelas entre sí, mientras que la parte de la fosforilcolina (unidad hidrofílica) apunta en dirección opuesta. En la esfingomielina y glicolípidos tienen una conformación semejante. Por todo ello se ha adoptado la siguiente representación abreviada para los lípidos de membrana. Su unidad hidrofílica también denominada grupo o cabeza polar, se representa mediante un círculo, mientras que sus colas hidrocarbonadas son representadas mediante líneas rectas u onduladas:



Es evidente que cuando estos lípidos se encuentran en medio acuoso (como ya estudiamos) sus cabezas polares tendrán afinidad por el agua mientras que las colas hidrocarbonadas evitarán el agua. Esto puede conseguirse formando una micela en la que los grupos polares están en la superficie y las colas hidrocarbonadas quedan inmersas en el interior de la micela.

Sin embargo, la ordenación que satisface tanto las preferencias hidrofóbicas como hidrofílicas, de la mayoría de los fosfolípidos y glicolípidos en medios acuosos es la de la bicapa lipídica (una capa bimolecular de lípidos).

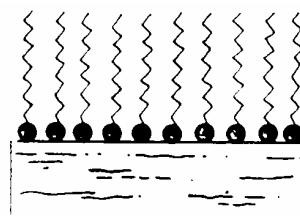
La razón es que sus colas de ácidos grasos los hacen demasiado voluminosos para acumularse en el interior de la micela. Además una micela es una estructura limitada, en contraposición con una bicapa lipídica que puede tener dimensiones macroscópicas de hasta 1 mm. (10^7 Å). Por ello, al poder formar capas bimoleculares extensas, son los constituyentes claves de las membranas. Además estas películas sirven como barreras de permeabilidad, a pesar de ser estructuras bastante fluidas.

La formación de estas bicapas de fosfolípidos y glicolípidos, como consecuencia de su carácter anfipático, es un proceso de autoensamblaje o autoasociación, rápido y espontáneo en el agua.

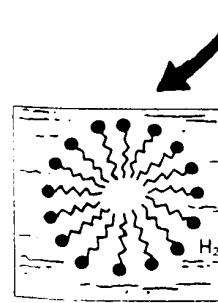
Las principales fuerzas que determinan la formación de bicapas son las interacciones hidrofóbicas originadas al liberarse las moléculas de agua de las colas hidrocarbonadas a medida que estas colas quedan secuestradas en el interior apolar de la bicapa. Además, entre estas colas hidrocarbonadas existen fuerzas de Van der Waals que favorecen su empaquetamiento compacto. Finalmente, se producen interacciones favorables, electrostáticas y de enlace de hidrógeno entre los grupos polares de la cabeza y las moléculas de agua.

Por tanto, las bicapas lipídicas están estabilizadas por todo el conjunto de fuerzas que intervienen en las interacciones moleculares de los sistemas biológicos.

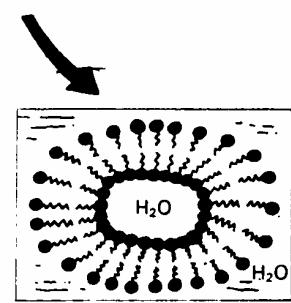
Las bicapas lipídicas tienden a cerrarse sobre si mismas de tal manera que no existan extremos con cadenas hidrocarbonadas expuestas al agua, lo que da como resultado la formación de un compartimento. Además, las bicapas lipídicas se autorreparan puesto que un orificio en la bicapa es energéticamente desfavorable.



Formación de una lámina superficial al contacto con el agua.



Micela monocapa.



Micela bicapa.

LOS PRÓTIDOS

CONCEPTO DE PROTEÍNA

Podemos definirlas como polímeros formados por la unión, mediante enlaces peptídicos, de moléculas de baja masa molecular llamadas **aminoácidos**.

Son macromoléculas muy complejas, de elevada masa molecular (entre 6000 y 10^6 u¹). Algunas proteínas están constituidas por un solo polímero de aminoácidos pero otras son grandes edificios moleculares formados por varios polímeros ensamblados que además, en ciertas ocasiones, se encuentran unidos a otras moléculas orgánicas (lípidos y glucidos principalmente).

Son las moléculas orgánicas más abundantes en las células, más del 50% del peso seco de una célula es materia proteica. Básicamente están formadas por **C**, **H**, **O** y **N**, aunque casi todas contienen además **S**. Otros bioelementos que con frecuencia forman parte de los prótidos son: **P**, **Fe**, **Zn** y **Cu**. De todos estos elementos el más característico de las proteínas es el **N**, son los compuestos nitrogenados por excelencia de todos los seres vivos.

Las funciones más importantes y específicas de la materia viva son realizadas por proteínas o por moléculas complejas en cuya composición encontramos alguna proteína.

Las proteínas son las moléculas específicas que marcan la individualidad de cada ser vivo. Además son las moléculas mediante las que se expresa la información genética, de hecho el dogma central de la genética molecular nos dice:

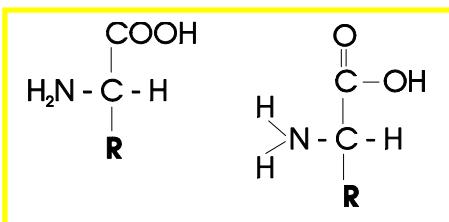


LOS AMINOÁCIDOS

Son las unidades estructurales que constituyen las proteínas, los monómeros que, enlazados y repetidos muchas veces, forman los distintos tipos de proteínas.

Químicamente son ácidos orgánicos que llevan además del grupo **carboxílico**, un grupo **amino**. En los aminoácidos que se encuentran en las proteínas de los seres vivos el grupo amino está siempre en **posición alfa**, por este motivo solemos referirnos a los aminoácidos con el símbolo aa. Todos los aminoácidos que se encuentran en las proteínas, salvo la **prolina**, responden a la fórmula general expresada al margen.

En la fórmula general R representa el radical o "resto" de la molécula, lo que diferencia a unos aminoácidos de otros. La R puede ser un simple H o algo más complejo como un anillo hexagonal, una corta cadena alifática, etc. En las proteínas naturales encontramos 20 aminoácidos diferentes que son prácticamente los mismos para todos los seres vivos.



Clasificación de los aminoácidos

Podemos clasificar los aminoácidos fijándonos en el radical, si tiene carácter polar o no polar y en su carga eléctrica, pero también podríamos tener en cuenta otros criterios, casi todos ellos en función de los radicales. Una clasificación sencilla podría ser la siguiente:

Grupo I	Radical neutro y apolar, es una cadena hidrófoba. Hidrófobos.
---------	---

¹1 u = 1 da = $1,66 \cdot 10^{24}$ gr.

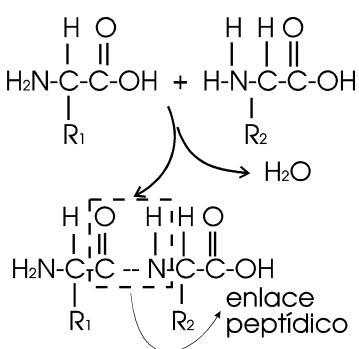
Grupo II	Radical neutro y polar que son capaces de formar puentes de hidrógeno con el agua porque poseen un grupo alcohólico, un grupo sulfídrico o una amida. Hidrófilos.
Grupo III	Radical básico y por tanto con carga positiva, contiene uno o más grupos aminos. Hidrófilos.
Grupo IV	Radical ácido y por tanto con carga negativa, contiene un grupo ácido. Hidrófilos.

La mayoría de los veinte aminoácidos pueden sintetizarse unos a partir de otros, pero existen algunos que no pueden obtenerse de esta manera y tienen que ser adquiridos con la dieta habitual, es decir que son **aminoácidos esenciales**. Los aminoácidos esenciales son diferentes para cada especie, por ejemplo en el hombre y como simple dato informativo son diez: Thr, Lys, Arg, His, Val, Leu, Ileu, Met, Phe y Trp.

El enlace peptídico

Se trata de un enlace que se establece entre el grupo carboxilo de un aminoácido y el grupo amino de otro. La configuración espacial de este enlace es tal, que los átomos del grupo carboxílico y del grupo amino se sitúan en un mismo plano con ángulos y distancias fijos.

Este enlace tiene ciertas características que convienen remarcar:

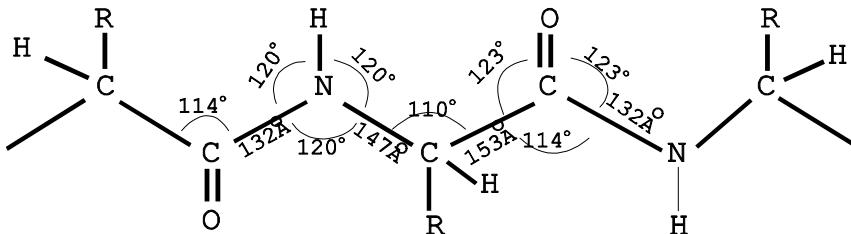


Es un enlace covalente muy resistente, lo que hace posible el gran tamaño y estabilidad de las moléculas proteicas.

En cierto modo se comporta como un doble enlace, tiene una cierta rigidez e impide el giro libre a su alrededor.

Inmoviliza en un plano a los cuatro átomos que lo integran. Las distancias y los ángulos entre estos cuatro átomos se mantienen constantes.

Es el enlace mediante el cual se encadenan los aminoácidos para formar polímeros llamados péptidos: dipéptidos, tripéptidos, tetrapéptidos, polipéptidos.



LOS PÉPTIDOS

Están formados por la unión de aminoácidos mediante enlaces peptídicos. Si el número de aminoácidos es inferior a diez, oligopéptido; si es mayor de diez, polipéptido. Si el polipéptido tiene más de cien aminoácidos o un peso molecular superior a 5.000, se denomina proteína.

Un ejemplo de péptido bien conocido es la **insulina** (dos cadenas de 21 y 30 aminoácidos unidos por dos puentes disulfuro entre cisteinas), la **encefalina** (5 aminoácidos) que se produce en las neuronas cerebrales y elimina la sensación de dolor y la **oxitocina** (9 aminoácidos) de la hipófisis que produce las contracciones del útero durante el parto.

ESTRUCTURA DE PROTEÍNAS

Distinguimos dos grandes grupos de prótidos: las holoproteínas, que están formadas exclusivamente por aminoácidos; y las heteroproteínas, que están formadas por holoproteínas asociadas a alguna otra molécula no proteica como puede ser un glúcido, un lípido, un ác. nucleico, etc.

La conformación de una proteína es la disposición que adopta la molécula en el espacio. En condiciones normales de pH y temperatura, las cadenas peptídicas suelen poseer una única conformación que será la responsable de sus funciones biológicas.

La estructura o conformación de las proteínas es tan complicada que para estudiarla lo hacemos a diferentes niveles de complejidad.

A) La estructura primaria.

Se refiere a la secuencia u orden que siguen los aminoácidos.

Toda cadena polipeptídica está polarizada, esto es, posee dos extremos bien definidos. Llamamos extremo **Nterminal** al extremo donde se encuentra el aminoácidos con el grupo amino libre, llamamos extremo **Cterminal** al extremo en el que se encuentra el aminoácidos con el grupo carboxílico libre. Al enumerar los aminoácidos de una proteína lo haremos desde el extremo Nterminal hacia el Cterminal:



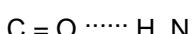
La estructura primaria es de gran importancia porque de ella van a depender todos los demás niveles estructurales. La alteración de la secuencia de aminoácidos de un polipéptido dará lugar a una proteína diferente que puede incluso perder toda actividad biológica o realizar una función diferente de la original.

Dos polipéptidos son diferentes aunque tengan exactamente los mismos aminoácidos si éstos están dispuestos en orden diferente.

B) La estructura secundaria.

Es la disposición de la secuencia de aminoácidos o estructura primaria en el espacio, sobre todo dependerá de la disposición regular y repetida de los radicales R.

La estabilidad de esta estructura se debe a la capacidad de giro de los enlaces (de todos excepto de los enlaces peptídicos) y a la formación de puentes de hidrógeno entre los:

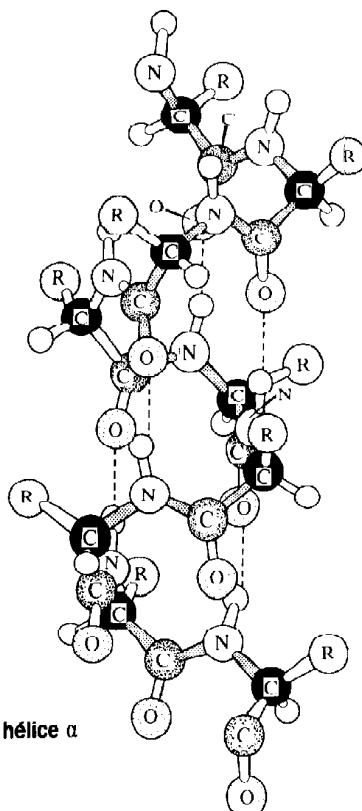
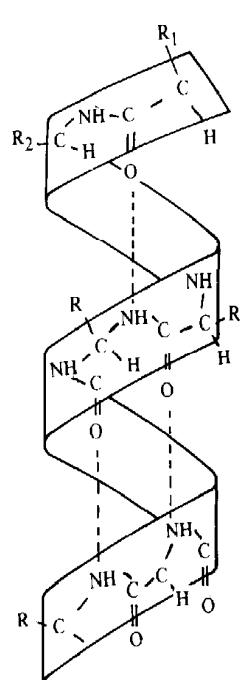


Se conocen básicamente tres tipos de estructuras secundarias:

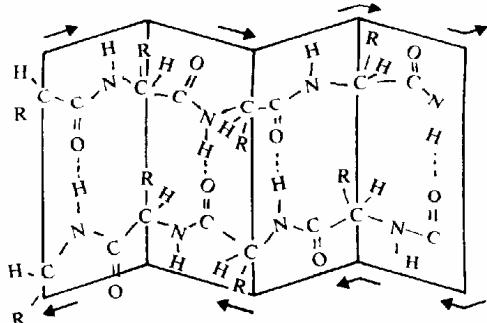
La alfahélice, la hélice de colágeno y la disposición beta o de lámina plegada.

* **AlfaHélice.** En la conformación de la estructura secundaria en **AlfaHélice**, la cadena de aminoácidos se enrolla sobre sí misma, en forma de hélice que gira hacia la derecha, debido a la especial disposición en que se van orientando los aminoácidos al enlazarse y que determina que cada plano que contiene un enlace peptídico realice un giro determinado respecto al plano anterior. Los puentes de hidrógeno que se establecen entre los: $\text{C} = \text{O} \cdots \cdots \text{H} - \text{N}$ de los enlaces peptídicos no consecutivos son los responsables de la estabilidad de esta estructura.²

^{2*} En el caso de la **hélice de colágeno** la disposición es similar pero la hélice que resulta está más distendida porque la abundancia de aminoácidos como la prolina e hidroxiprolina, que poseen un radical muy voluminoso, dificultan la formación de puentes de hidrógeno entre las espiras. La estabilidad final de ésta estructura se consigue por la asociación de tres hélices para formar una superhélice que gira hacia la izquierda. Por este motivo, tres polipéptidos



Estructura secundaria en hélice α



Estructura secundaria en hoja plegada β

* **La disposición beta** o en lámina plegada, el plegamiento forma una especie de fuelle o lámina plegada en zig-zag originada por la unión de varios segmentos de la misma cadena o de cadenas distintas, por medio de puentes de hidrógeno transversales entre los N-H y los C=O de los enlaces peptídicos. Los radicales (R) de los aminoácidos, aparecen situados por encima y por debajo de esta lámina plegada.

C) Estructura terciaria

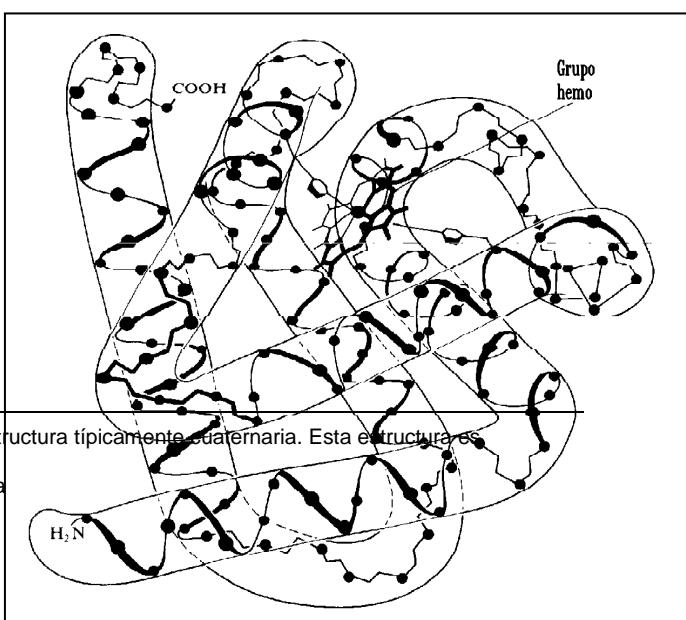
Es la disposición que adquiere en el espacio la estructura secundaria.

Conjunto de plegamientos característicos que se produce por la unión entre los radicales R de los aminoácidos.

Una secuencia de aminoácidos en disposición alfa o beta, normalmente no se dispone en línea recta, sino que se dobla o

ensamblados, para muchos bioquímicos esa sería una estructura típicamente cuaternaria. Esta estructura es prácticamente exclusiva del colágeno, de ahí su nombre.

Página



retuerce, adquiriendo lo que llamamos estructuras terciarias.

Básicamente distinguimos dos tipos de estructuras terciarias: la filamentosa y la globular. También es cierto que para muchos autores la estructura filamentosa es la ausencia de estructura terciaria.

Las proteínas con conformación filamentosa o fibrosa, suelen ser estructurales, de protección o ambas cosas a la vez. Mantienen la disposición alargada y no se retuercen y por este motivo podemos decir que carecen de estructura terciaria. Son insolubles en agua y soluciones salinas: betaqueratina, colágeno, elastina, etc.

Las proteínas que realmente adquieren estructuras terciarias con pliegues, repliegues y dobleces son las proteínas con conformación globular. Suelen ser dinámicas o dinámicocoestructurales, la estructura secundaria se dobla y retuerce varias veces hasta adquirir una forma más o menos globular o esférica, son solubles en agua y/o disoluciones salinas.

Los tramos rectos de las proteínas globulares generalmente tienen estructura secundaria en alfahélice, los tramos donde dobla la cadena polipeptídica tienen disposición beta.

Son globulares, por ejemplo, los enzimas, las proteínas de membrana, muchos transportadores, etc.

En una proteína globular pueden existir diferentes segmentos de alfahélices y/o de láminas beta, pero siempre se encuentran las formas beta en el centro y las formas alfahélice en la superficie. Por otra parte el polipéptido siempre se dobla de manera que los radicales hidrófobos quedan en el centro del glóbulo y los hidrófilos en la superficie excepto en el caso de las proteínas de membrana que, al estar inmersas en un ambiente lipídico, disponen sus radicales hidrófobos en la superficie.

Estas estructuras globulares se forman y se mantienen debido a la presencia de:

* Enlaces covalentes fuertes entre los radicales de los aminoácidos, como los puentes disulfuro que se establecen entre dos aminoácidos con azufre (cisteinas y metioninas)

* Otros enlaces débiles como puentes de hidrógeno, Van der Waals, interacciones eléctricas, interacciones ácidobase e interacciones hidrofóbicas.

D) Estructura cuaternaria

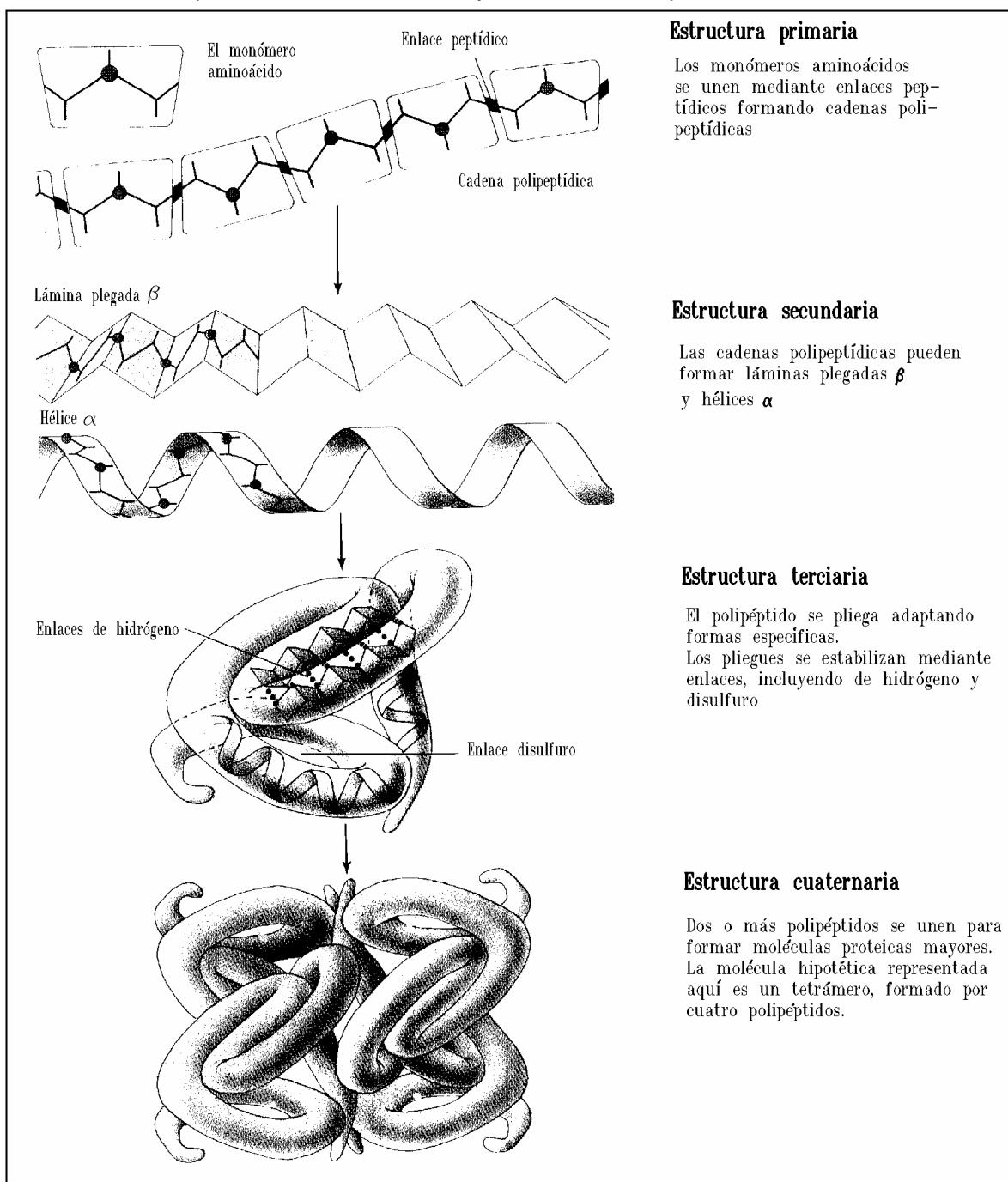
Cuando varias cadenas de aminoácidos, iguales o diferentes, se unen para formar un edificio proteico de orden superior, se disponen según lo que llamamos estructura cuaternaria. También se considera estructura cuaternaria la unión de una o varias proteínas a otras moléculas no proteicas para formar edificios macromoléculares complejos.

Cada polipéptido que interviene en la formación de este complejo proteico es un protómero y según el número de protómeros tendremos: dímeros, tetrámeros, pentámeros, etc.

La asociación o unión de las moléculas que forman una estructura cuaternaria, se consigue y mantiene mediante enlaces de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, interacciones electrostáticas y algún que otro puente disulfuro.

Un ejemplo de estructura cuaternaria es la hemoglobina, formada por las globinas o parte proteica (dos cadenas alfa y dos cadenas beta) más la parte no proteica o grupos Hemo.

La conformación espacial cuaternaria de los prótidos es la responsable de su actividad biológica, esta función se puede ver alterada cuando hay modificación de la secuencia de aminoácidos o estructura primaria: en el caso de la anemia falciforme, el aminoácido nº 6 de las cadenas b (el glutámico) es sustituido por la valina, como consecuencia de esto se produce un ensamblaje anormal de los componentes de la hemoglobina que tiene como consecuencia la perdida de su funcionalidad; transporta menor cantidad de O₂ y los eritrocitos adoptan forma de hoz.



En el esquema anterior se pueden comparar y diferenciar con claridad los cuatro niveles estructurales que acabamos de estudiar.

PROPIEDADES DE LAS PROTEÍNAS

Las propiedades de una proteína, **incluso su carga eléctrica**, dependen de los restos o radicales de los aminoácidos que quedan en su superficie y que podrán interaccionar mediante

enlaces covalentes o no covalentes con otras moléculas. A continuación veremos las propiedades más importantes:

*** Solubilidad.**

Las proteínas (sobre todo las globulares) en soluciones acuosas forman dispersiones coloidales debido a la polaridad de algunos radicales hidrófilos de los aminoácidos que se quedan dispuestos en la periferia de la molécula. Cada macromolécula proteica queda rodeada de moléculas de agua y no contacta con otras macromoléculas gemelas con lo que no puede producirse la precipitación.

*** Desnaturalización.**

Las alteraciones de la concentración, del grado de acidez, de la temperatura (calor); provocan la pérdida de solubilidad de las proteínas y la consecuente precipitación. A todo este proceso lo llamamos *desnaturalización*.

Esto es debido a la desaparición de los enlaces débiles tipo puente de hidrógeno, Van der Waals, etc. y en realidad no afecta a los enlaces peptídicos y por tanto a la estructura primaria. Sin embargo al ver alterada su conformación espacial, la proteína perderá su funcionalidad biológica.

Puede existir una *renaturalización* casi siempre, excepto cuando el agente causante de la desnaturalización es el calor (coagulación de la leche, huevos fritos, "permanente" del cabello, etc.).

*** Especificidad.**

En las proteínas existen sectores fijos que tienen siempre la misma secuencia de aminoácidos sin que se altere la función biológica de la proteína. Este hecho da lugar a que a lo largo de la evolución se desarrolle infinitud de moléculas proteicas diferentes para cumplir la misma función y por tanto a que cada especie, o incluso cada individuo, tenga sus propias proteínas específicas.

La especificidad de las proteínas dependerá por lo tanto de los sectores variables y a ellos se deben, por ejemplo, los problemas de rechazos en los transplantes de órganos.

Por ejemplo: La *insulina* consta de 51 aminoácidos en todos los mamíferos, que están distribuidos en dos cadenas, de 21 y 30 aminoácidos respectivamente, unidas mediante dos enlaces disulfuro; de estos 51 aminoácidos, la mayoría son los mismos en todas las especies, pero unos pocos (tres de la cadena corta) varían de unas a otras.

CLASIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS EN FUNCIÓN DE SU ACTIVIDAD BIOLÓGICA.

De entre las funciones generales más características que las proteínas cumplen en las células podemos destacar las de tipo enzimático, estructural, contráctil, transporte, hormonal e inmunológico.

Estas funciones no son excluyentes entre sí, de tal manera que, por ejemplo, una proteína puede ser al mismo tiempo estructural y enzimática, como ocurre con muchos enzimas que forman parte de las membranas celulares.

Si atendemos a su actividad biológica, y aunque muchas proteínas cumplen más de una función, podemos establecer la siguiente clasificación:

* **De reserva.** En general las proteínas no tienen función de reserva, pero pueden utilizarse con este fin en algunos casos especiales como por ejemplo en el desarrollo embrionario: **ovoalbúmina** del huevo, **caseína** de la leche y **gliadina** del trigo.

* **Estructural.** Son un material de suma importancia que es utilizado en casi todas las estructuras celulares como membranas, material extracelular, complejos macromoleculares, asociadas al ADN, citoesqueletos, fibras del huso acromático, cilios y flagelos, ribosomas, etc.

Ej. : **glucoproteínas de la membrana plasmática**, **Histonas**, **colágeno** (tejs. conectivos, tendones, hueso, cartílago, etc.), **elastina** (ligamentos, paredes de los vasos sanguíneos, tej. conjuntivo), **queratina** (en la epidermis, pelos, plumas, uñas, cuernos, escamas), **fibroína** (en los artrópodos, tela de araña, capullo de seda de las larvas de las mariposas).

* **Homeostática.** En el medio interno celular y extracelular mantienen el equilibrio osmótico.

* **De transporte.** Además de las proteínas de transporte que se encuentran en todas las membranas, otras proteínas transportan sustancias por los medios internos.

Como ejemplos podemos recordar: **Hemoglobina** que transporta O₂ en la sangre de los vertebrados; **hemocianina** que transporta O₂ en los invertebrados y **mioglobina** que hace lo mismo en los músculos estriados; **citocromos** que transportan electrones en la cadena respiratoria y en la fase luminosa de la fotosíntesis, las **lipoproteínas** que transportan lípidos, etc.

* **Inmunológica y defensiva.** Como ejemplos de este tipo de proteínas tenemos:

Trombina y fibrinógeno que son responsables de la coagulación de la sangre, **mucinas** germicidas y protectoras de las mucosas digestivas y respiratorias, **inmunoglobulinas o anticuerpos** sanguíneos que bloquean la acción de los antígenos.

* **Hormonal.** Como ejemplos de esta funcionalidad proteica tenemos:

Insulina que aumenta la permeabilidad para la glucosa de las membranas plasmáticas, **glucagón** que es antagonista de la insulina, **somatotropa** u hormona del crecimiento, etc.

* **Contráctil.** Debida a la posibilidad que tienen algunas para cambiar de forma manteniendo su estabilidad.

Ejemplos típicos son: la **actina** y la **miosina**, responsables de la contracción muscular, la **dineína** de los cilios y flagelos, **tubulinas** de los microtúbulos y micrífibrillas, etc.

* **Enzimática.** Quizás la función más específica e importante de las proteínas. Los enzimas que controlan el metabolismo celular son de naturaleza proteica.

ÁCIDOS NUCLÉICOS

Estructura química de los ácidos nucleicos:

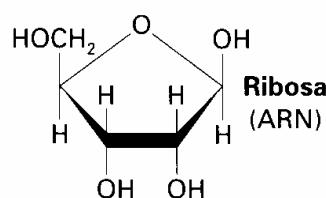
Conceptos generales:

Los ácidos nucleicos son biomoléculas responsables de las funciones de los seres vivos, ya que contienen los mensajes y las instrucciones para llevar a cabo todos los procesos vitales. Lo que un individuo es o puede llegar a ser está determinado por sus ácidos nucleicos. Se puede decir que son los depositarios del guión de la historia que tiene lugar en la célula.

Químicamente estas macromoléculas son polímeros de elevado peso molecular cuyo monómero se denomina NUCLEÓTIDO.

Constituidos por 5 bioelementos fundamentales: C, H, O, N, P

Pentosas



Desoxirribosa (ADN)

Por hidrólisis originan ácido ortofosfórico, una pentosa y bases nitrogenadas.

Existen dos tipos: ARN y ADN

Las pentosas posibles son la RIBOSA o la DESOXIRRIBOSA.

Las bases nitrogenadas pueden ser:

Púricas: Derivan de la PURINA y son dos A, Adenina y G, Guanina.

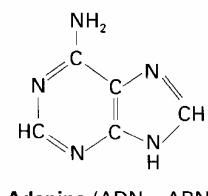
Pirimidínicas: Derivan de la PIRIMIDINA y son tres T, timina, C, citosina, U, Uracilo.

NUCLEÓSIDO = Pentosa + Base nitrogenada.

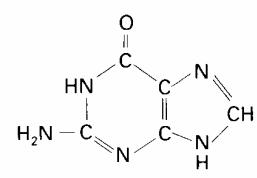
NUCLEÓTIDO = NUCLEÓSIDO + ácido ortofosfórico.

ÁCIDO NUCLEICO = POLINUCLEÓTIDO.

Bases nitrogenadas púricas

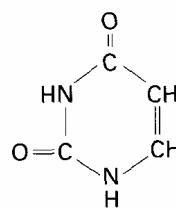


Adenina (ARN y ADN)

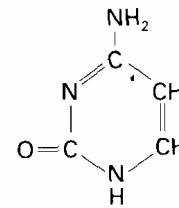


Guanina (ARN y ADN)

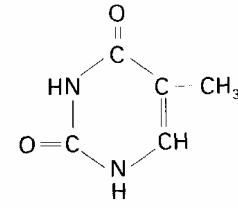
Bases nitrogenadas pirimidínicas



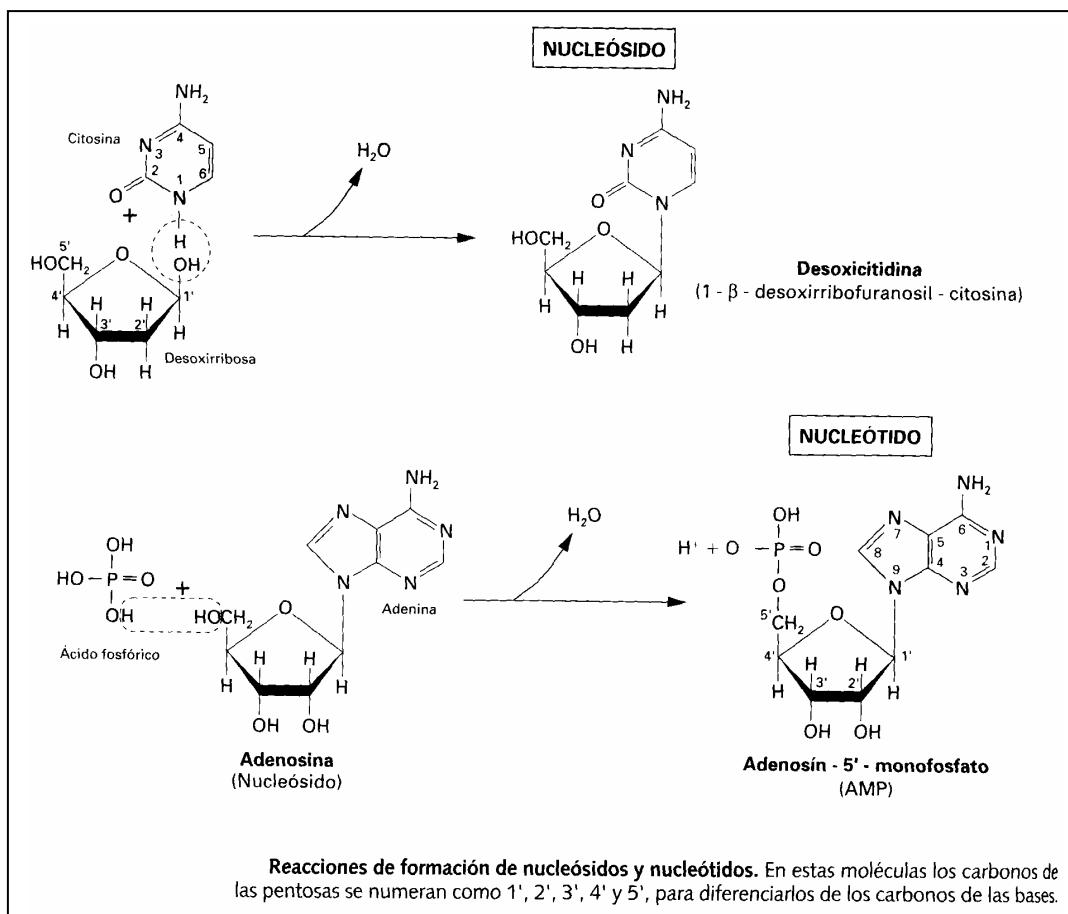
Uracilo (ARN)



Citosina (ARN y ADN)



Timina (ADN)



El enlace: Nglucosídico entre el Carbono 1 de la pentosa y el N de la base (N 1 si es pirimidínica, N 9 si es púrica).

LOS NUCLEÓTIDOS.

Son ésteres fosfóricos de nucleósidos.

Nucleósido + $PO_4^{2-} H_3O^+$. Se unen en el Carbono 5 de la pentosa.

Los nucleótidos además de actuar como monómeros de los ácidos nucleicos llevan a cabo otras funciones importantes en la célula:

- Son portadores de la energía química, como por ej. el ATP, el GTP...
- Son componentes de cofactores enzimáticos como en el caso del Coenzima A, en el que parecen actuar como asidero de fijación que ayuda a tirar del sustrato para colocarlo en el centro activo del enzima.
- Son intermediarios de la comunicación celular, como los AMPcíclicos o adenilciclasas que actúan en el interior de la célula provocando en ella cambios adaptativos.

i) Substancias que intervienen en las reacciones en las que hay transferencias de energía.

Estas moléculas actúan captando energía en aquellos procesos químicos en los que se produce y cediéndola en los que se necesita. En general, se trata de nucleótido o derivados de nucleótidos. Así, por ejemplo:

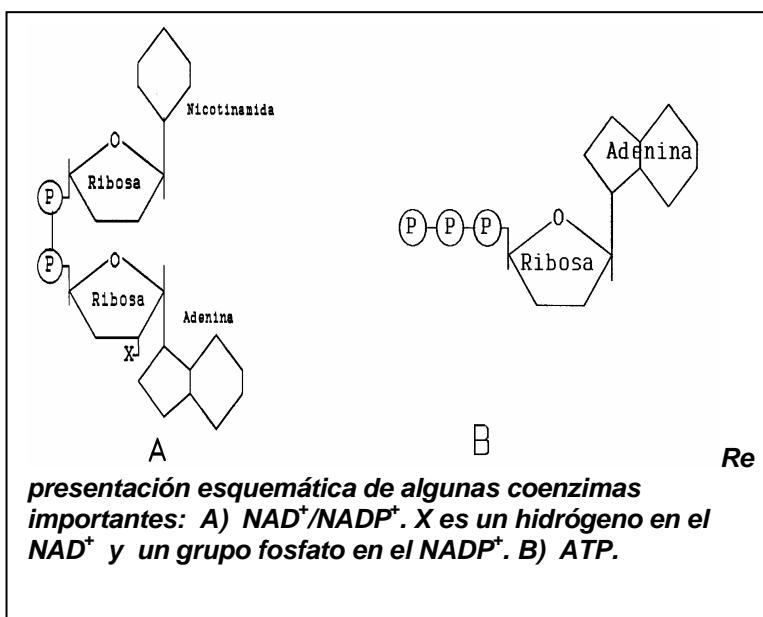
ATP (adenosina5'trifosfato): AdeninaRibosaPPP.

ADP (adenosina5'difosfato): AdeninaRibosaPP

La hidrólisis del enlace entre los dos últimos fosfatos en el ATP según la reacción:



genera 7 kcal/mol. El proceso inverso es capaz de almacenar las mismas 7 kcal/mol. De esta forma la energía es transportada de aquellos procesos donde se produce a aquellos en los que se necesita.



ii) Coenzimas que intervienen en las reacciones en las que hay transferencias de electrones

Estas moléculas, en su estado oxidado, captan electrones de aquellas sustancias que se oxidan, reduciéndose, y los ceden a aquellas que se reducen, oxidándose. De esta forma, los electrones son transportados de unas moléculas a otras.

NAD⁺ / NADH (Nicotinamín adenín dinucleótido en forma oxidada y reducida, respectivamente). Se trata de un dinucleótido formado por:

Nicotinamida-Ribosa-P-P-Ribosa-Adenina.

NADP⁺ /NADPH (Nicotinamín adenín dinucleótido fosfato, en forma oxidada y reducida, respectivamente). Similar NAD⁺ pero con un grupo fosfato más esterificando el HO del carbono 2 de la ribosa unida a la adenina.

FAD/FADH₂ (Flavín adenín dinucleótido, en forma oxidada y reducida, respectivamente). Similar al NAD pero conteniendo riboflavina (otra de las vitaminas del complejo B₂) en lugar de nicotinamida.

iii) Coenzimas que intervienen como transportadores de grupos acilo.

Coenzima A. Coenzima de estructura compleja y de la que forma parte el ácido pantoténico (otra de las vitaminas del complejo B₂).

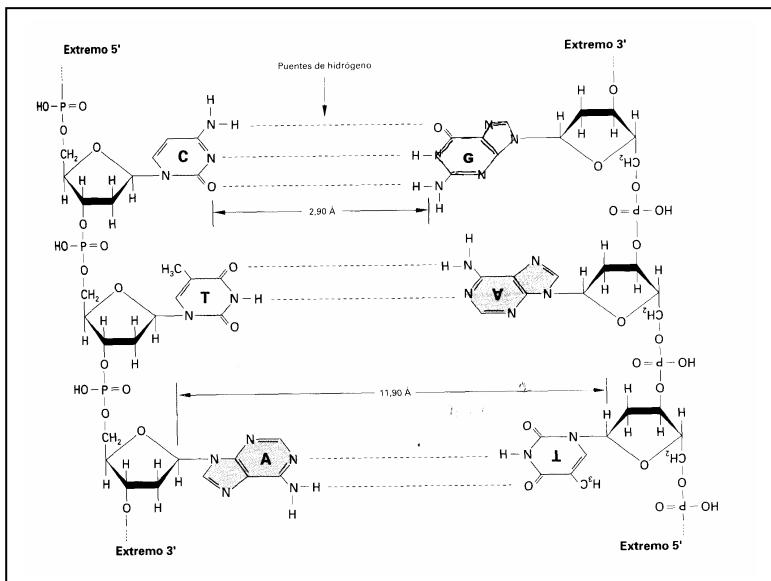
Los ácidos nucleicos pueden presentar otras bases nitrogenadas secundarias, lo más general es que sean formas metiladas de las bases principales.

ESTRUCTURA BIOLOGICA DEL DNA: Doble hélice, cadenas complementarias y antiparalelas.

El ADN, concepto general.

Están formados por muchos nucleótidos, es decir son polinucleótidos. Todo el genoma humano está formado por $3 \cdot 10^9$ pares de nucleótidos. Según su longitud hay diversos tamaños desde 1,7 µm (virus de la poliomielitis) a 2,36 m (todo el genoma humano).

Son Desoxirribonucleótidos de A, G, C y T unidos por enlaces fosfodiéster en el sentido 5' → 3'



Su peso molecular es elevado.

Se encuentra asociado a proteínas básicas formando nucleoproteínas (en células eucariotas, son histonas o protaminas). (En las procariotas está asociado a proteínas similares).

Se pueden distinguir 3 niveles estructurales:

Estructura primaria: La secuencia de los nucleótidos.

Estructura secundaria: la doble hélice.

Estructura terciaria: Collar de perlas, estructura cristalina, ADN

superenrollado.

También se distinguen en las células eucariotas a partir de la propia estructura 3ª varios niveles de empaquetamiento.

ESTRUCTURA PRIMARIA DEL ADN.

Es la secuencia de nucleótidos de una cadena o hebra. Es decir la estructura primaria del ADN viene determinada por el orden de colocación de los nucleótidos en la hebra o cadena de la molécula.

Al existir la posibilidad de combinar cuatro nucleótidos distintas existe un elevado número de polinucleótidos lo que determina que el ADN contenga el mensaje biológico o información genética y explica la diversidad del mensaje genético de todos los seres vivos.

ESTRUCTURA SECUNDARIA

Datos preliminares:

A finales de los 40 Erwin CHARGAFF y sus colaboradores estudiaron los componentes del DNA y emitieron los siguientes resultados:

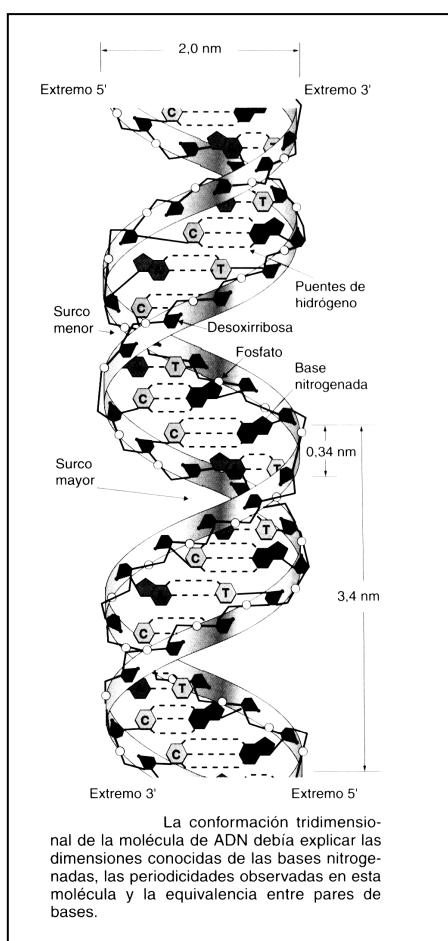
La concentración de bases varía de una especie a otra. El porcentaje de A, G, C y T es el mismo en los individuos de la misma especie y no por esto el mensaje es el mismo.

Tejidos diferentes de la misma especie tienen la misma composición en bases.

La composición en bases del DNA de una misma especie no varía con la edad del organismo ni con su estado nutricional ni con las variaciones ambientales.

Las densidades y viscosidades corresponden a la existencia de enlaces de Hidrógeno entre los grupos NH y los grupos CO.

La concentración de Adenina es igual a la de Timina, y la de Citosina a la de Guanina. Las dos primeras establecen dos puentes de hidrógeno entre ellas, y las últimas tres puentes. La cantidad de purinas es igual a la cantidad de pirimidinas.



B) Por medio del método analítico de difracción de rayos X, FRANKLIN Y WIL KINS observaron una estructura fibrilar de 20 Å (Armstrongs) de diámetro con repeticiones cada 3,4 Å y una mayor cada 34 Å.

C) WATSON Y CRICK en 1953 postularon un modelo tridimensional para la estructura del DNA que estaba de acuerdo con todos los datos disponibles anteriores.

Así establecen el **MODELO DE DOBLE HELICE**:

La molécula de ADN está formada por dos cadenas antiparalelas y equidistantes de nucleótidos, enrolladas en espiral en torno a un eje imaginario, formando una hélice dextrógira. Las bases nitrogenadas se encuentran en el interior de la hélice unidas mediante puentes de hidrógeno y siempre emparejadas AT y CG, lo que hace que las dos cadenas sean complementarias.

Las desoxirribosas y los grupos fosfato que las unen se encuentran en el exterior de la hélice, de modo que las cargas negativas de los grupos fosfato interaccionan con los cationes presentes en el nucleoplasma dando más estabilidad a la molécula.

El modelo de Watson y Crick dio una explicación coherente y satisfactoria para las propiedades fisicoquímicas del ADN y su función biológica, como estabilidad biológica y capacidad de duplicación

Las grandes moléculas de ADN se encuentran enrolladas por necesidad de reducir espacio en la célula y como mecanismo para preservar su transcripción

TIPOS DE ADN.

Según la estructura: monocatenarios una cadena, (por ej. algunos virus) o bicatenarios con dos hebras o cadenas. A su vez en ambos casos puede ser el ADN lineal (ej. el núcleo de células eucariotas y algunos virus) o circular (en mitocondrias, cloroplastos y bacterias y algunos virus).

ACIDO RIBONUCLEICO (RNA o ARN).

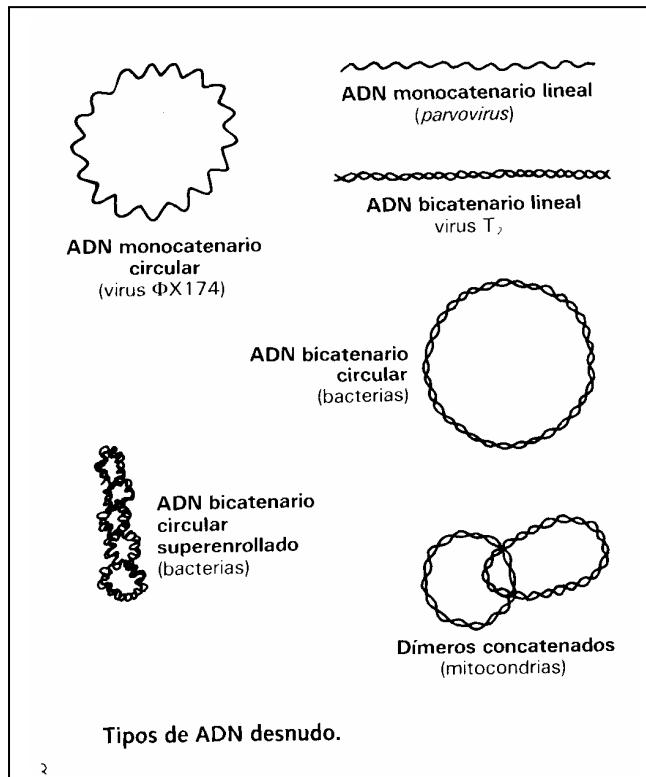
Polinucleotido formado por ribonucleótidos de A, G, C y U, que se unen por enlaces fosfodiéster 5' 3'.

Es monocatenario en general, bicatenario en algunos virus, (por ej. los reovirus). La molécula es más corta que la del DNA.

No forma cadenas dobles salvo excepciones. A veces en ciertos tramos puede poseer **estructura secundaria** al aparecer apareamientos de bases dentro de la misma cadena (existiendo complementariedad de bases y antiparalelismo) y **estructura terciaria** (si se encuentra asociado a proteínas).

TIPOS: Bicatenario (ej. reovirus), Monocatenario (ARN de transferencia o transferente, ARN mensajero, ARN ribosómico y ARN nucleolar).

Se encuentra en muchos virus, en las células procariotas y en las células eucariotas.



UNIDAD 2.- LA CÉLULA

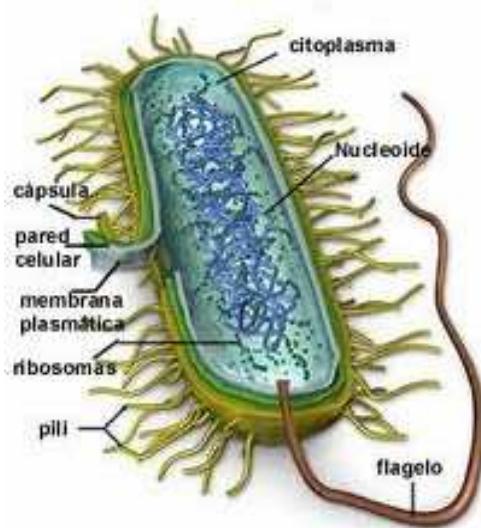
LA CÉLULA	2
Procariota.....	2
Eucariotas	2
LA CÉLULA EUCARÍOTICA	4
LA MEMBRANA PLASMÁTICA.....	4
Funciones de la membrana.....	6
PARED CELULAR	9
SISTEMAS DE ENDOMEMBRANAS.....	10
RIBOSOMAS	11
Función.....	11
RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO	11
Retículo endoplasmático rugoso.....	11
Funciones.....	12
Retículo endoplasmático liso	12
Funciones del RE liso	12
EL APARATO DE GOLGI.....	13
Funciones.....	13
LISOSOMAS.....	13
PEROXISOSOMAS	14
VACUOLAS	14
Función.....	14
EL CITOESQUELETO.....	14
Funciones del citoesqueleto.....	15
EL CENTROSOMA.....	16
Función.....	17
Obtención de energía y síntesis de compuestos orgánicos en la célula vegetal.....	17
LOS PLASTOS	17
Los cloroplastos	17
Función de los cloroplastos.....	19
MITOCONDRIAS	19
Funcion de las mitocondrias	19
EL NUCLEO.....	19
Núcleo interfásico:	20
CROMATINA.....	20
Cromosomas.....	22
NUCLÉO	23

LA CÉLULA

En los seres vivos existen **dos tipos de organización celular** claramente diferenciados: **Prokariota y eucariota.**

Prokariota

Organización típica de las células más sencillas y primitivas. Su principal característica es que no poseen membrana nuclear. Así mismo carecen de la mayoría de los orgánulos celulares, sólo poseen ribosomas. Son organismos unicelulares tales como **las bacterias, las cianobacterias y los micoplasmas**



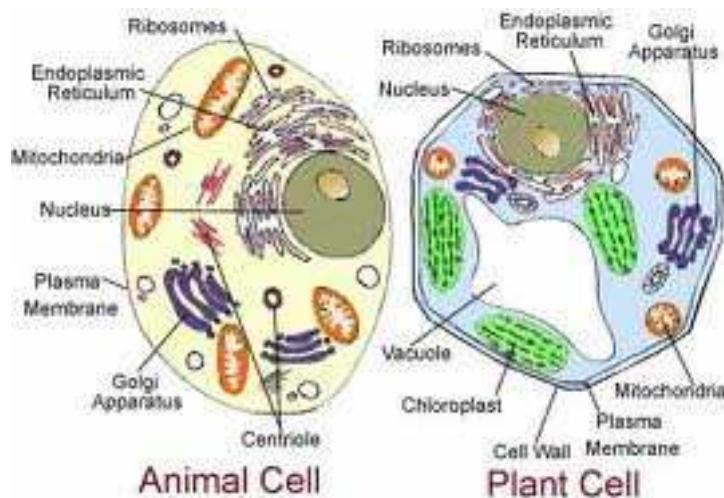
Eucariotas

Estas células son más grandes y más complejas que las procariotas.

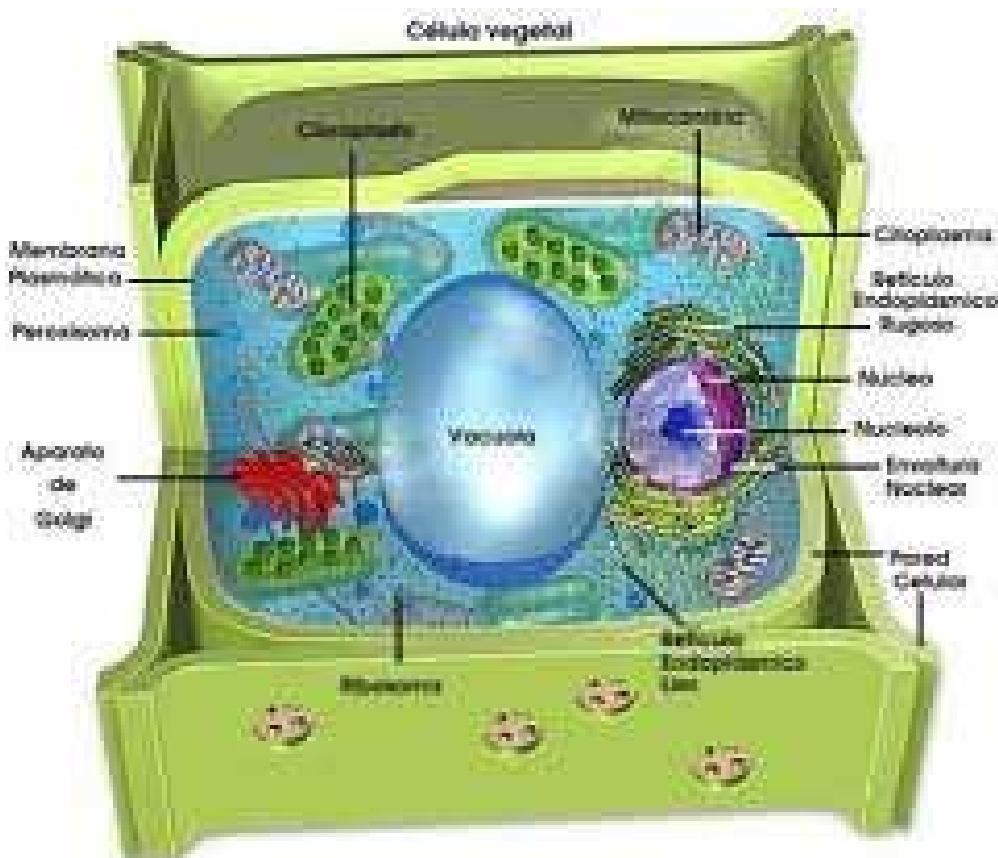
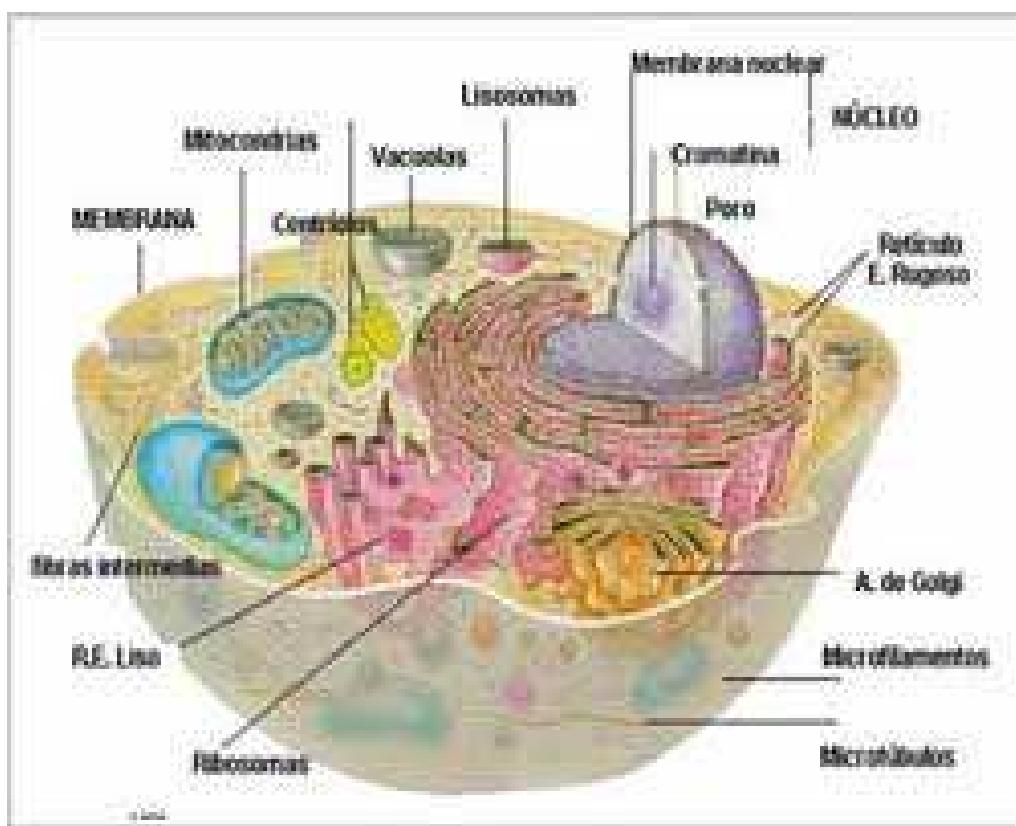
Su material genético está dentro de un núcleo rodeado de una envoltura. También poseen diversos orgánulos limitados por membranas que dividen al citoplasma en compartimentos. Es propia de los organismos pluricelulares y de algunos unicelulares.

Se pueden distinguir **dos tipos de células eucarióticas: animales y vegetales.**

Las diferencias que hay entre ellas son escasas, por lo que las estudiaremos conjuntamente señalando las diferencias.



La figura representa una célula eucariota animal en la parte superior y una célula eucariota vegetal en la inferior.



LA CÉLULA EUCARÍOTICA.

En una célula eucariótica podemos distinguir tres partes fundamentales: **membrana, citoplasma y núcleo**.

La membrana plasmática es una capa continua que rodea a la célula y la separa del medio. Algunas células poseen por encima de la membrana una cubierta de hidratos de carbono llamada **glicocálix**, y las células vegetales tienen una gruesa pared de celulosa, que cubre a la membrana plasmática, llamada **pared celular**.

El citoplasma. Es la parte de la célula que está comprendida entre la membrana plasmática y la membrana nuclear. Está formada por un medio acuoso, el **citosol**, en el cual se encuentran inmersos **los orgánulos**. El citosol contiene también una gran variedad de filamentos proteicos que le proporcionan una compleja estructura interna, el conjunto de estos filamentos constituye el **citoesqueleto**. Los orgánulos citoplasmáticos son los siguientes: **ribosomas, retículo endoplasmático, complejo de Golgi, vacuolas, lisosomas, peroxisomas, mitocondrias, cloroplastos y centriolos**.

El núcleo. Suele ocupar una posición central, aunque muchas (sobre todo las vegetales) lo tienen desplazado hacia un lado. El núcleo contiene la mayor parte del DNA celular o sea la información genética.

ENVOLTURA CELULAR

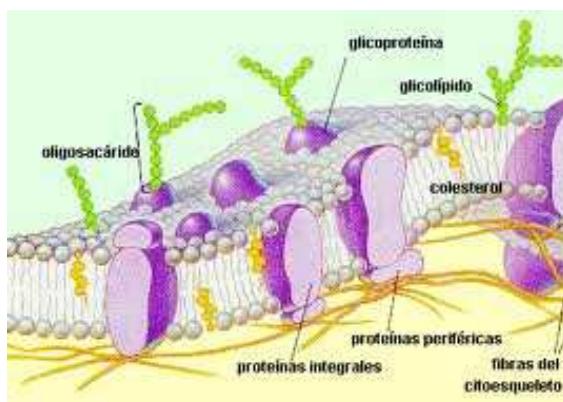
Todas las células tienen que mantener un medio interno adecuado para poder llevar a cabo las reacciones químicas necesarias para la vida. Por ello, las células están rodeadas de una fina membrana plasmática, que mantienen las diferencias esenciales entre su contenido y el entorno.

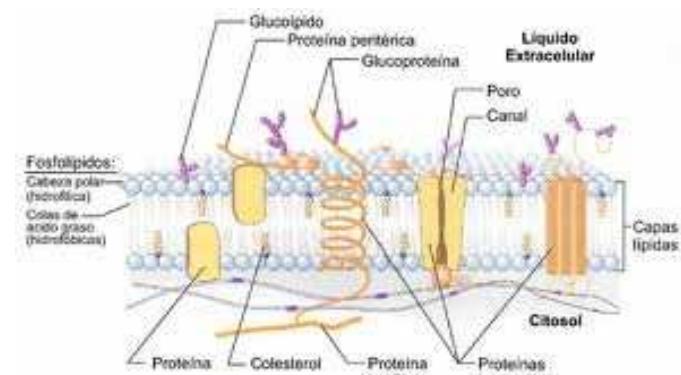
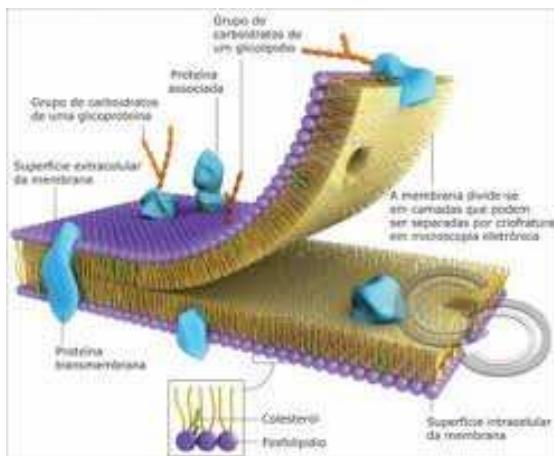
Se considera que la aparición de la membrana fue un paso crucial en el origen de las primeras formas de vida, pues sin ella la vida celular es imposible. Por otra parte, el desarrollo de un complejo sistema de membranas internas permitió la aparición de las complejas células eucarióticas, dado que estas membranas dieron lugar a una serie de compartimentos internos u orgánulos con funciones especializadas. Pero la membrana plasmática de la célula no se limita a encerrar su variado contenido, si no que actúa y de manera muy eficaz, como vigilante de todo cuanto entra y sale en la misma. Así permite el paso de los nutrientes y de otros compuestos necesarios, mientras que las moléculas que no se precisan permanecen en el exterior: da salida de la célula a los productos de desecho. Además también controla el flujo de información entre las células y su entorno. En algunas células la membrana plasmática está cubierta por capas protectoras más gruesas

LA MEMBRANA PLASMÁTICA

La membrana plasmática es una envoltura que rodea a la célula y la separa de su entorno. Su aparición fue un paso crucial en el origen de las primeras formas de vida.

Todas las membranas biológicas ya sea la membrana plasmática o las membranas internas de las células eucarióticas, tienen una estructura general común: están formados por una bicapa lipídica en la que se incluyen proteínas y glucidos.





Los lípidos de la membrana plasmática se encuentran dispuestos formando una bicapa. Esta bicapa es la estructura básica de todas las membranas biológicas.

Los tres tipos principales de lípidos de membrana son: **los fosfolípidos**, los más abundantes; **los glucolípidos** y **el colesterol**. Dichos lípidos son anfipáticos, es decir tienen un extremo hidrofílico y otro hidrofóbico; por ello en un medio acuoso forman espontáneamente bicapas. Estas bicapas tienen la propiedad de ser fluidas, por eso decimos que la membrana plasmática tiene una estructura de **mosaico fluido**.

La fluidez es una de las características más importantes de las membranas. Depende de factores como:

- **La temperatura**, la fluidez aumenta al aumentar la temperatura.
- **La naturaleza de los lípidos**, la presencia de lípidos insaturados y de cadena corta favorecen el aumento de fluidez.
- **La presencia de colesterol** endurece las membranas, reduciendo su fluidez y permeabilidad.

Otra propiedad de las bicapas lipídicas es que, debido a su interior hidrofóbico son **muy impermeables a los iones** y a la mayor parte de **las moléculas polares**.

Las moléculas que atraviesan la bicapa son:

- Moléculas no polares que se disuelven fácilmente en la bicapa.
- Moléculas polares de tamaño muy reducido, como por ejemplo el agua.

Las proteínas de la membrana. Las proteínas se pueden asociar a la bicapa lipídica de las siguientes formas.

Muchas proteínas de membrana atraviesan la bicapa de un extremo a otro, denominándose por ello **proteínas transmembrana**. Estas proteínas tienen una parte central hidrofóbica, que interacciona con la región hidrocarbonada de la bicapa; y dos extremos hidrofílicos que interaccionan con el exterior e interior de la célula.

Otras proteínas se encuentran en la superficie de la bicapa, ya sea en la cara externa o interna de la membrana.

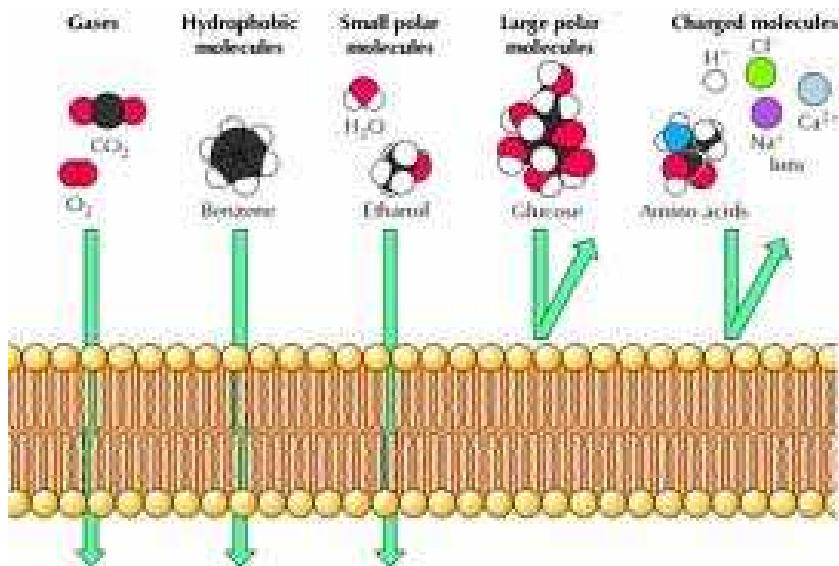
Las glicoproteínas y los glicolípidos. Los hidratos de carbono localizados en la parte externa se unen a las proteínas formando las **glicoproteínas** y otros a los lípidos formando los **glicolípidos**; estas glicoproteínas y glicolípidos forman una cubierta externa llamada **glicocálix**.

Funciones de la membrana.

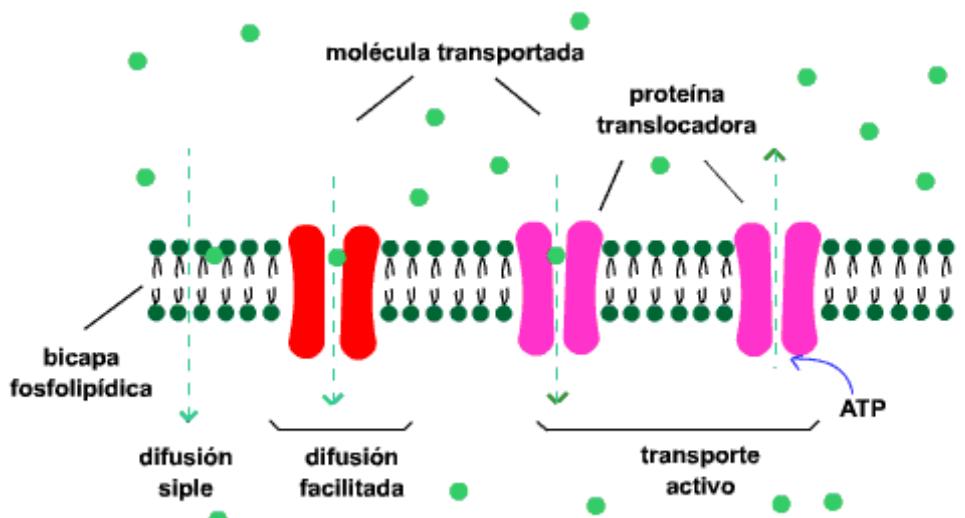
Las principales funciones son, **separar** a la célula de su entorno; y **controlar** el intercambio de sustancias entre la célula y el medio. Y el reconocimiento de ciertas sustancias.

INTERCAMBIO DE SUSTANCIAS ENTRE LA CÉLULA Y EL MEDIO.

La permeabilidad de la membrana plasmática es extraordinariamente selectiva, ya que debe permitir que las **moléculas esenciales**, tales como glucosa, aminoácidos y otras, penetren **fácilmente** en la célula, y que los **productos de desechos** salgan de ella.



Transporte de pequeñas moléculas Este transporte puede ser sin gasto de energía y se le llama **transporte pasivo**, o con gasto de energía y se le llama **transporte activo**.



1º Transporte pasivo

El transporte pasivo es un proceso de **difusión** a través de la membrana, que **no requiere energía**, ya que las moléculas se desplazan espontáneamente, **a favor de su gradiente**; es decir desde una zona de concentración elevada a una de concentración baja.

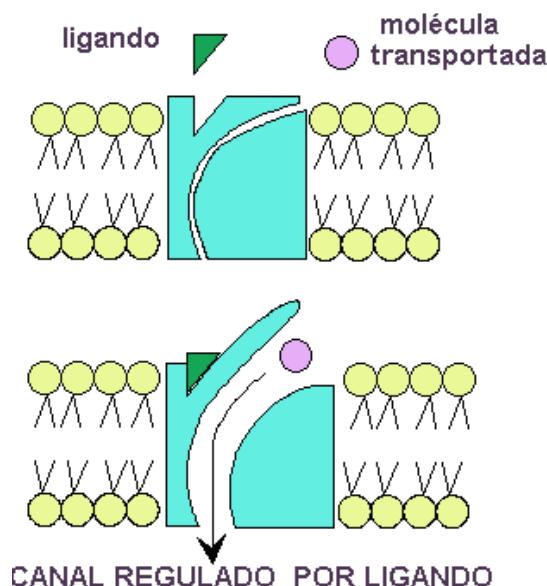
El transporte pasivo puede realizarse de dos formas:

A) Difusión simple. Es el paso a través de la membrana lipídica. Esta es atravesada por las **moléculas no polares**, tales como el oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, benceno, éter, cloroformo, etc.; y las **moléculas polares sin carga**, como por ejemplo, el agua, el CO₂, la urea, el etanol etc.(moléculas de pequeño tamaño)

B) Difusión facilitada Los iones y la mayoría de las moléculas polares tales como la glucosa, aminoácidos etc. (moléculas más grandes que las anteriores), no pueden atravesar la bicapa y se transportan a través de las membranas biológicas mediante proteínas transmembrana que pueden ser **proteínas de canal** y **proteínas transportadoras específicas**.

Las proteínas de canal forman poros que atraviesan la bicapa y permiten el paso de iones de tamaño y carga adecuada.

Algunos de estos canales se abren mediante uniones con un ligando y se llaman **canales regulados por un ligando**.



Otros se abren en respuesta a un cambio del potencial y se denominan **canales regulados por voltaje**. Estos últimos son los responsables de la excitabilidad eléctrica de las células nerviosas y musculares.

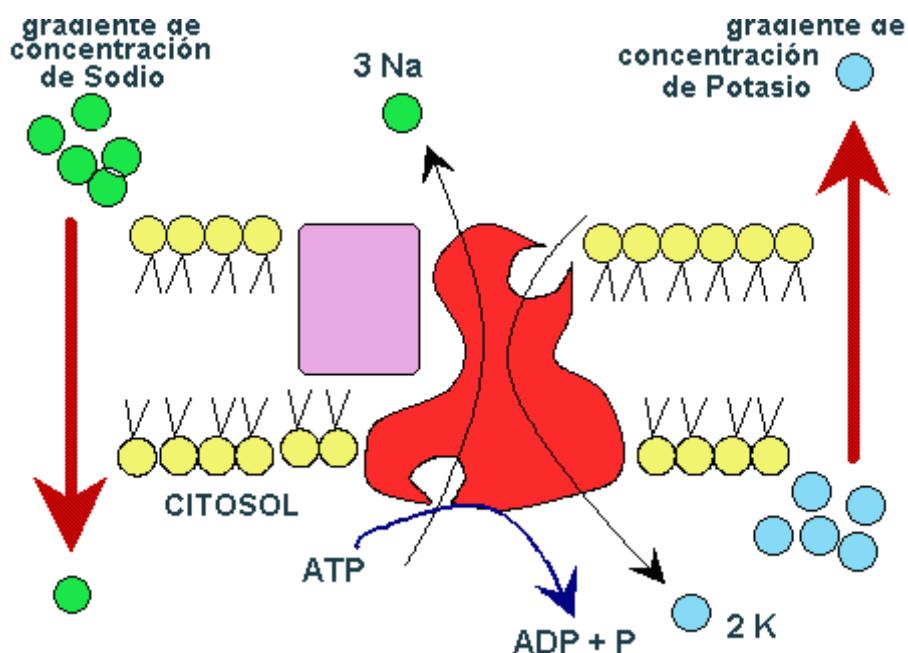
Las proteínas transportadoras específicas o permeasas se unen a la molécula a transportar y sufren un cambio de forma, que permiten el paso de la molécula a través de la membrana

2º Transporte activo

Es el que se realiza en contra del gradiente y con consumo de energía (ATP). Para que se lleve a cabo son imprescindibles dos condiciones:

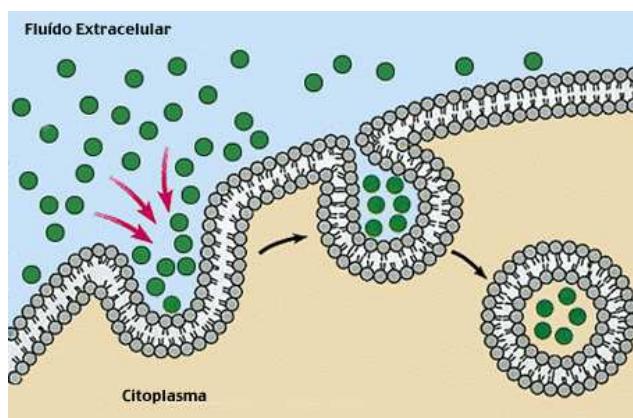
- Las proteínas transportadoras llamadas **bombas**.
- El consumo de energía que, generalmente, proviene de la hidrólisis del **ATP**. Este ATP es producido en las mitocondrias.

A continuación se estudia, como ejemplo la **Bomba de Na⁺ – K⁺**. La mayoría de las células animales tienen una alta concentración de K⁺ y una baja concentración de Na⁺ con respecto al medio externo. Estos gradientes se consiguen debido a dicha bomba, que bombea simultáneamente Na⁺ hacia el exterior y K⁺ hacia el interior; con gasto del ATP.



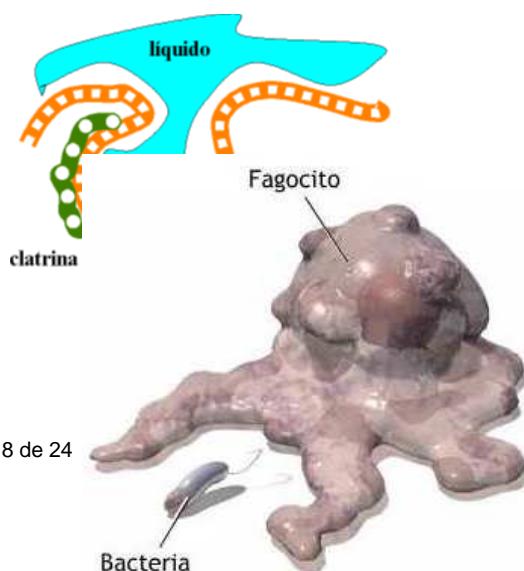
Transporte de macromolécula (endocitosis y exocitosis). Las células también intercambian con el medio macromoléculas incluso partículas de varios micrómetros de tamaño. El proceso por el cual las células fijan e ingieren macromoléculas del medio recibe el nombre de **endocitosis**; y el proceso por el cual segregan partículas al exterior **exocitosis**

Endocitosis Consiste en la ingestión de macromoléculas y partículas mediante la invaginación de una pequeña región de la membrana que luego se estrangula formando una nueva vesícula intracelular.



Distinguiremos dos tipos de endocitosis: la fagocitosis y la pinocitosis

A) La **pinocitosis** implica la toma de pequeñas gotas de líquido extracelular



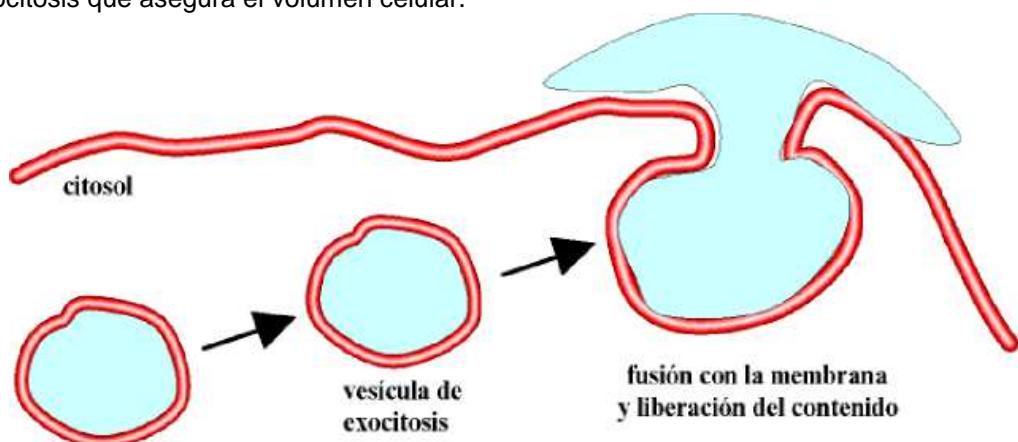
B) **Fagocitosis**. Es un caso especial de la endocitosis, se llama así cuando las partículas

a ingerir son muy grandes. La fagocitosis se da en muchos protozoos para ingerir partículas alimenticias y en ciertos leucocitos, como los macrófagos, para ingerir y destruir microorganismos.

Para que se dé la fagocitosis deben existir en la superficie celular receptores específicos para las sustancias a englobar.

Exocitosis. Consiste en la fusión de vesículas intracelulares con la membrana plasmática y la liberación de su contenido al medio extracelular.

La membrana de las vesículas secretoras se incorpora a la membrana plasmática y luego se recupera por endocitosis. Es decir, existe continuamente un equilibrio entre exocitosis y endocitosis que asegura el volumen celular.

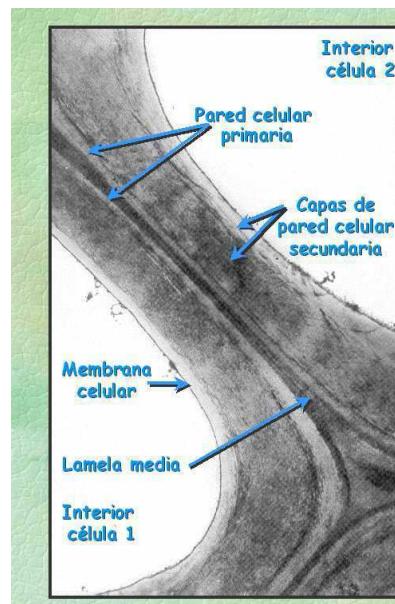


PARED CELULAR

La pared celular es una gruesa cubierta situada sobre la superficie externa de la membrana. Está formada por **fibras de celulosa** unidas entre si por una matriz de polisacáridos y proteínas.

Recuérdese que la celulosa es un polisacárido lineal de unidades de glucosa unidas por enlace alfa (1 – 4) que forma una cadena muy larga y recta.

En células muy especializadas, la pared celular puede sufrir modificaciones debido a sustancias depositadas sobre ella, tales como lignina, suberina etc.



Pared Celular: Capas

Micrografía electrónica de transmisión de paredes celulares. Se aprecian las diferentes capas que forman la pared en una célula adulta. La pared secundaria, al ser la última en formarse, aparece pegada a la membrana plasmática. (x 3000).

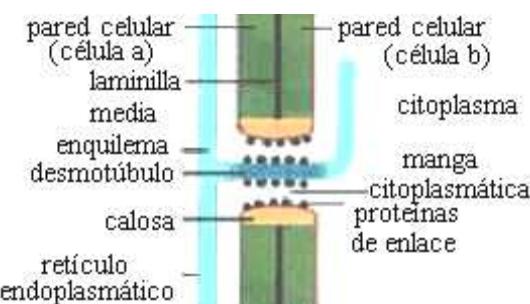
La láminilla media es la más externa de todas y se inicia en el momento de la división celular, está formada principalmente de péctidos.

La pared primaria se forma a continuación y es más interna que la lámina media. Está constituida principalmente por celulosa.

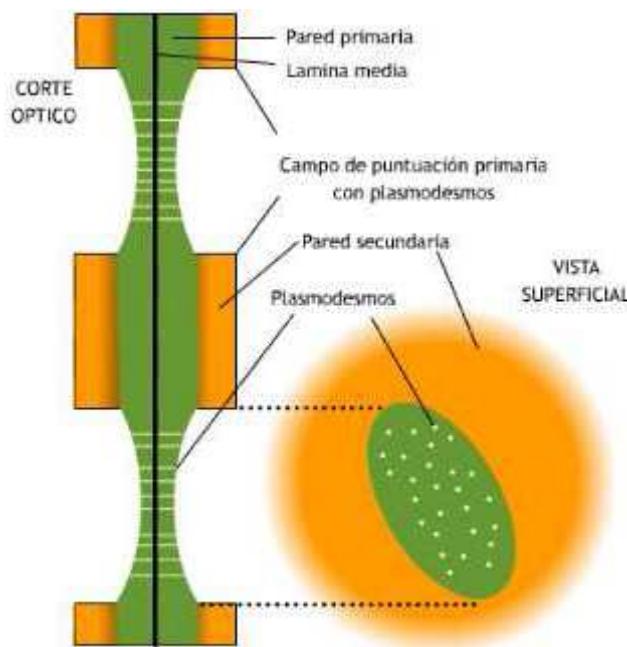
Pared secundaria. Cuando existe, es la capa más externa, se forma en algunas células. A diferencia de la pared primaria, contiene una alta proporción de celulosa, lignina y/o suberina. El paso de sustancias a través de la pared celular está favorecido por la presencia de **punteaduras** y **plasmodesmos**.

Plasmodesmos

Son conexiones citoplasmáticas que atraviesan la pared celular entre células contiguas.



Punteaduras: la pared secundaria se interrumpe bruscamente y en la lámina media y pared primaria aparecen unas perforaciones que reciben el nombre de punteaduras.



SISTEMAS DE ENDOMEMBRANAS

Una de las características básicas de las células eucarióticas es su complejo sistema de membranas internas, que delimitan diferentes compartimentos u orgánulos dentro del citoplasma. Cada orgánulo está especializado en una función. La ventaja de esta compartmentación es que permite a la célula realizar a la vez numerosas reacciones químicas específicas e incompatibles y, al mismo tiempo transportar los productos de dichas reacciones a sus lugares de destino.

Empezaremos estudiando los ribosomas por ser unos orgánulos que además de estar libres en el citoplasma también se encuentran unidos al RE rugoso

RIBOSOMAS

Los ribosomas son orgánulos muy pequeños, formados por una subunidad pequeña y una subunidad grande...

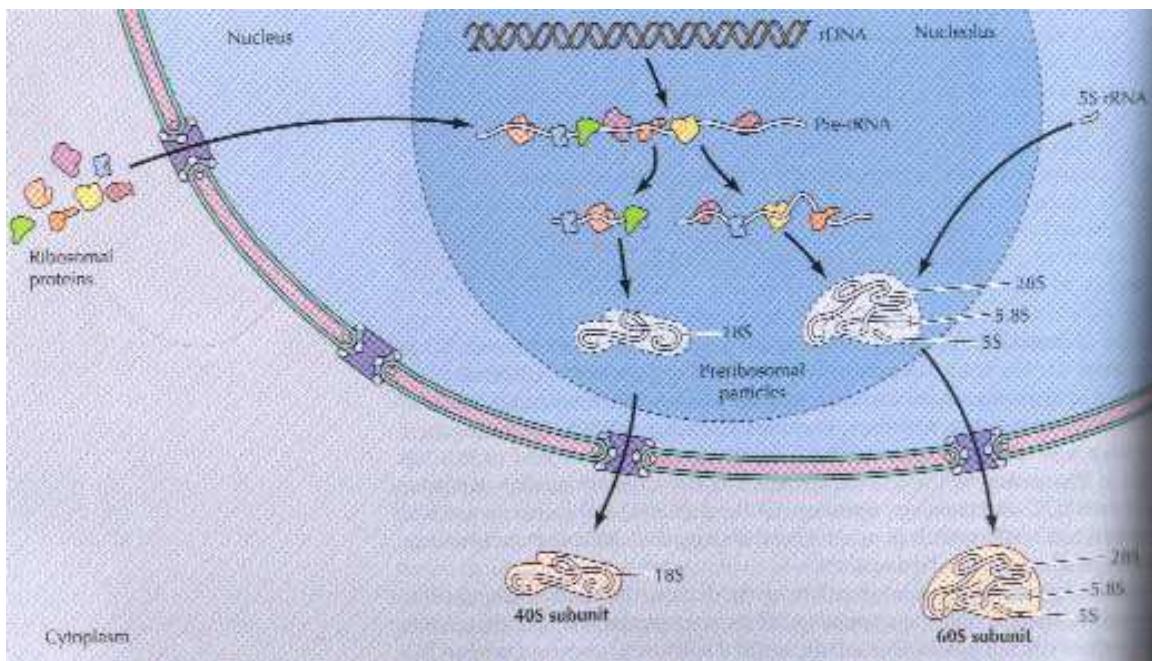
Un ribosoma está formado por **moléculas de RNA** asociadas a moléculas de **proteínas**.

Localización. Los ribosomas pueden encontrarse libres en el citoplasma o unidos a la cara externa de la membrana del RE.

También se encuentran ribosomas en el interior de las mitocondrias y de los cloroplastos (células vegetales).

Función Los ribosomas unidos al RE sintetizan las proteínas del RE, aparato de Golgi, lisosomas, membrana plasmática y las destinadas a ser secretadas por la célula. (Esto lo veremos en las preguntas siguientes). En los ribosomas libres se sintetizan las demás proteínas.

Origen. La formación de los ribosomas comprende la síntesis del RNA ribosómico, que tiene lugar en el nucleolo, así como el ensamblaje de rRNA con las correspondientes proteínas, éstas fueron sintetizadas en el citoplasma y entran en el núcleo por los poros. A continuación este ensamblaje se parte para dar lugar a las dos subunidades que constituyen a los ribosomas, y a continuación las dos subunidades salen al citoplasma por los poros.

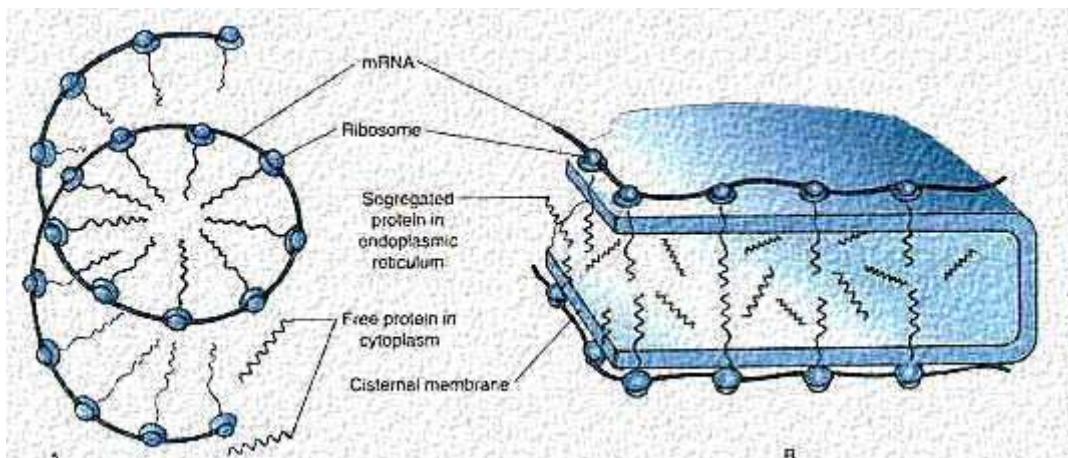


RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO

El retículo endoplasmático (RE) está formado por una serie de sáculos y tubos aplastados que recorren el citoplasma.

La membrana del RE puede tener ribosomas adheridos a la parte externa, o no tenerlos; lo que permite distinguir dos tipos de RE: el **RE rugoso** que posee ribosomas adheridos a su membrana, y el **RE liso** que no los posee.

Retículo endoplasmático rugoso. El RE rugoso está recubierto exteriormente por ribosomas dedicados a la síntesis de proteínas.



El RE rugoso está muy desarrollado en las células secretoras.

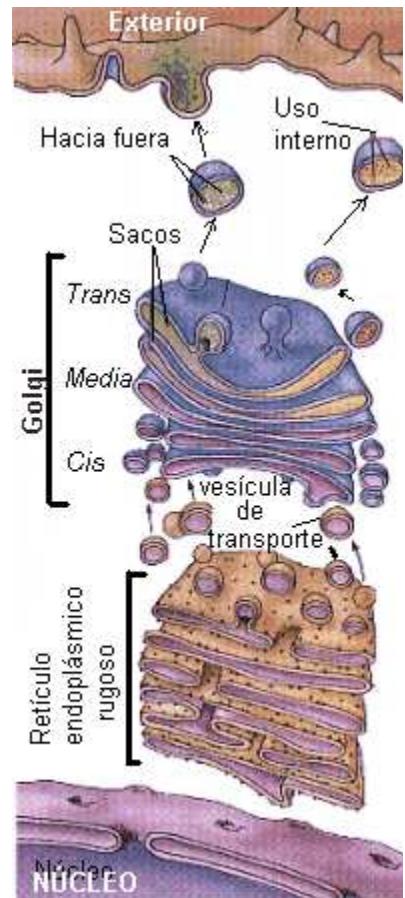
Funciones Las principales funciones del RE rugoso son:

A) Síntesis de proteínas. Los ribosomas unidos a las membranas del RE se dedican a la síntesis de proteínas que son simultáneamente trasladadas al interior del RE.

Estas proteínas son de dos tipos:

- 1) **Proteínas transmembrana**, que son llevadas a la membrana del RE manteniéndose en ella.
- 2) **Proteínas solubles** en agua, que son llevadas al interior del RE.

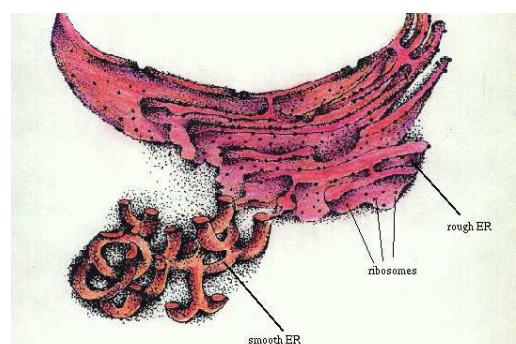
B) Glicosilación de proteínas Es una de las funciones más importantes del RE rugoso y del aparato de Golgi, consiste en la incorporación de hidratos de carbono a las proteínas. La mayoría de las proteínas sintetizadas en el RE rugoso son glicosiladas



Retículo endoplasmático liso Las regiones del retículo endoplasmático que carecen de ribosomas se denominan RE liso.

Funciones del RE liso:

- **Síntesis de fosfolípidos y colesterol** necesarios para la formación de nuevas membranas celulares.
- **Interviene en procesos de destoxicificación**, transformando sustancias tóxicas liposolubles (tales como pesticidas, cancerígenos...) en sustancias hidrosolubles que pueden ser eliminadas por la célula. .



EL APARATO DE GOLGI

Describo por primera vez por Camilo Golgi en 1898. Está formado por uno o más grupos de cisternas aplanadas y apiladas llamadas **dictiosomas**. Cada dictiosoma contiene normalmente entre cuatro a seis cisternas rodeadas de pequeñas vesículas

En un dictiosoma se distinguen dos caras diferentes: una **cara de entrada y otra de salida**. La cara de entrada está relacionada con el RE del que salen vesículas (vesículas de transición) que se dirigen a dicha cara; de la cara de salida surgen diferentes vesículas de transporte que se dirigen a sus destinos finales, las **vesículas de secreción y los lisosomas**.

Funciones. El aparato de Golgi desempeña las siguientes funciones:

- **Procesos de secreción y reciclaje de la membrana plasmática** Las proteínas destinadas a ser secretadas al exterior son sintetizadas en el RE y posteriormente llevadas al aparato de Golgi, de donde salen en vesículas de secreción. Dichas vesículas se fusionan con la membrana plasmática a la vez que vierten su contenido al exterior por **exocitosis**. Durante la exocitosis la membrana de la vesícula secretora se fusiona con la membrana plasmática. Esto permite reponer los componentes de la membrana que se pierden en la **endocitosis**, lo que constituye un reciclaje de la membrana plasmática.
- **Glicosidación** En el aparato de Golgi tiene lugar la glicosilación tanto de las proteínas como de los lípidos
- **Formación de lisosomas**.
- **Formación de vacuolas** en las células vegetales
- **Síntesis de celulosa y otros polisacáridos principales constituyentes de las pared celular**

LISOSOMAS

Son vesículas rodeadas de membrana que contienen **Enzimas hidrolíticas**.

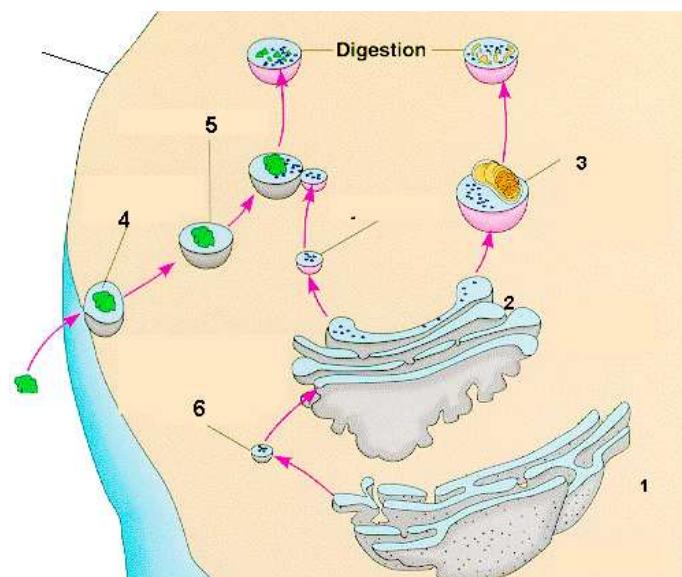
Contienen muchas enzimas diferentes entre ellas están proteasas, lipasas, amilasas etc. (enzimas digestivos)

Los lisosomas se forman a partir de vesículas que se desprenden del aparato de Golgi.

Función La función de los lisosomas es intervenir en la digestión intracelular de macromoléculas. Estos polímeros son hidrolizados y transformados en moléculas menores: monosacáridos, aminoácidos, etc., que se difunden a través de la membrana hacia el citoplasma, lo que no fue digerido sale al exterior.

Dependiendo de la procedencia del material implicado en la digestión se puede distinguir dos procesos diferentes: **Heterofagia y autofagia** (la explicación a estos dos procesos se da en el dibujo que viene a continuación).

Digestión de sustancias del exterior de la célula números (4 y 5) **heterofagia**; digestión de estructuras del interior de la célula (número 3), **autofagia**.



PEROXISOSOMAS

Son orgánulos membranosos que contienen **enzimas oxidativas**.

Están especializados en llevar a cabo reacciones que utilizan el oxígeno generando **H₂O₂** que, por ser un agente oxidante muy tóxico, es destruido a continuación por la **catalasa**.

Poseen dos tipos de enzimas oxidativas: las llamadas **oxidasas** que generan el H₂O₂ y la **catalasa** que lo elimina.

Si se acumula un exceso de H₂O₂ en la célula, la catalasa lo elimina. Como indica la reacción siguiente.



VACUOLAS

Una vacuola es una vesícula grande rodeada de una membrana llamada tonoplasto. Son orgánulos típicos de las células vegetales, su número es variable, puede haber una gran vacuola o varias de diferente tamaño.

Se origina por fusión de vesículas procedentes del aparato de Golgi.

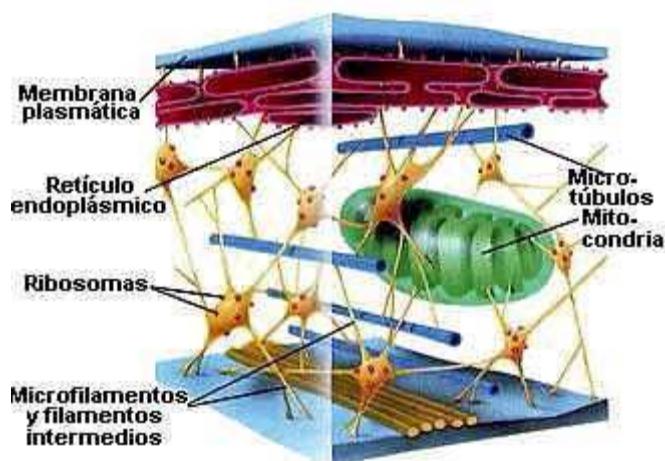
Función las vacuolas realizan entre otras las siguientes funciones:

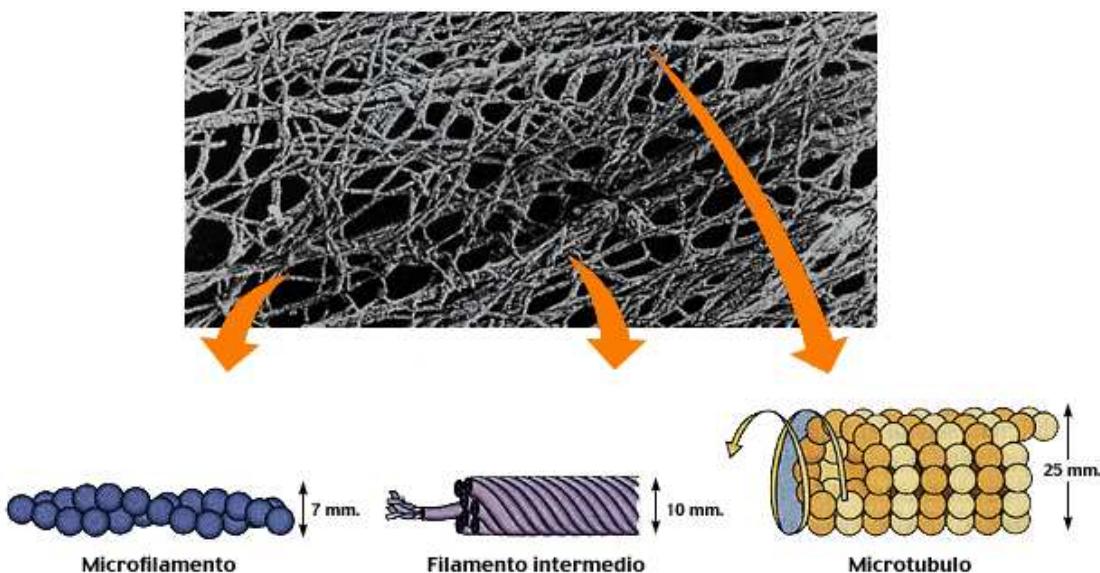
- **Almacenan sustancias** tales como nutrientes, por ejemplo, las proteínas de reserva de muchas semillas (guisantes, judías...); o productos de desecho tóxicos, como la nicotina o el opio.
- **Almacenan pigmentos** como los que les dan color a los pétalos de las flores.
- **El aumento de tamaño de las células vegetales se debe, en gran parte, a la acumulación de agua en sus vacuolas** lo que supone un sistema muy económico para el crecimiento de las células vegetales.

EL CITOESQUELETO

Es un verdadero armazón interno celular. Está constituido fundamentalmente por **microtúbulos, micofilamentos**. El citoesqueleto es el responsable sobre todo de la forma de la célula.

Los microtúbulos son pequeños cilindros huecos que forman una compleja red bajo la membrana plasmática y alrededor del núcleo celular. Los microtúbulos se forman a partir de unas proteínas globulares denominadas **tubulinas**.





Funciones del citoesqueleto. La capacidad de estas estructuras para formarse y destruirse con gran rapidez es la responsable de fenómenos tales como la variación de la forma celular y de los movimientos celulares tanto intra como extracitoplasmáticos.

- A) **Movimientos intracelulares.** Los microtúbulos pueden constituir un soporte sobre el que los orgánulos (mitocondrias, plastos, vesículas, cromosomas, etc.) van a poder desplazarse por el interior del citoplasma.
- B) **Movimientos extracelulares.** Cílios y flagelos son prolongaciones citoplasmáticas que aseguran los movimientos de la célula. Ambos tienen la misma estructura pero los cílios son cortos y numerosos, mientras que los flagelos son largos y poco numerosos.

Ejemplos de células ciliadas y flageladas. Los cílios son prolongaciones del citoplasma cortas y numerosas. Los flagelos son largos y poco numerosos.

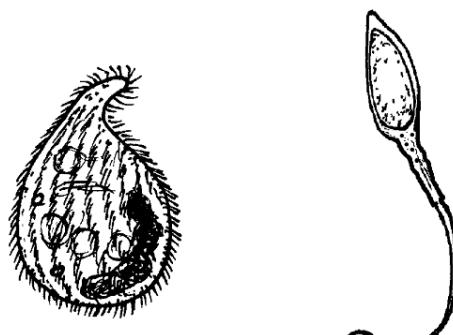


Fig. 1
Ciliado

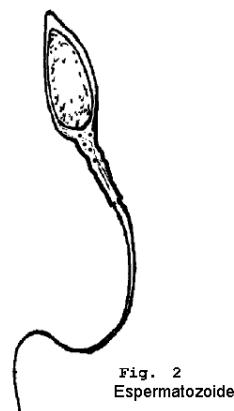
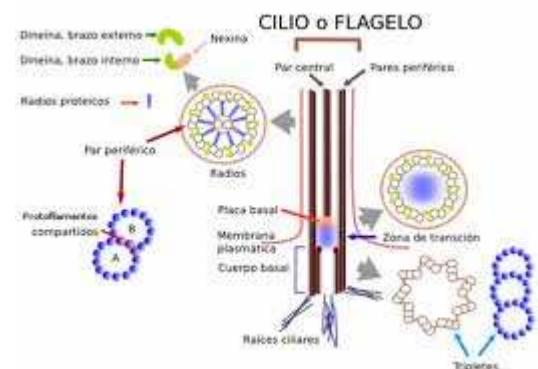
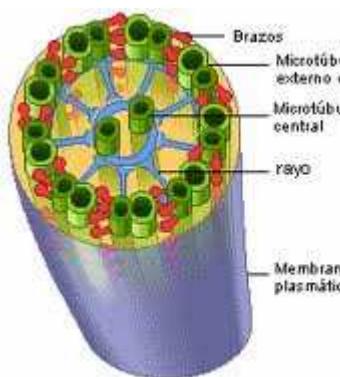


Fig. 2
Espermatozoide

Si hacemos un corte transversal a un flagelo o a un cilio y lo observamos a gran aumento al MET, veremos que presenta **9 pares de microtúbulos en la periferia y en el interior se encuentran dos microtúbulos centrales** y todo ello está rodeado por la membrana plasmática. En la base de cada cilio o flagelo hay una estructura denominada **corpúsculo basal, cuya estructura es de nueve grupos de 3 microtúbulos que forman un cilindro**. Este cilindro se mantiene gracias a unas proteínas que unen a los microtúbulos.



EL CENTROSOMA

El **centrosoma**, **citocentro** o **centro celular** es exclusivo de células animales. Está formado por dos estructuras cilíndricas llamadas **centrioles**. Cada centriolo consta de **9 grupos de 3 microtúbulos que forman un cilindro**. Este cilindro se mantiene gracias a unas proteínas que unen los tripletes. Alrededor se encuentra un material pericentriolar que es el **centro organizador de microtúbulos**. Éstos toman una disposición radial que recibe el nombre de **áster**

Estructura del centrosoma en una célula animal

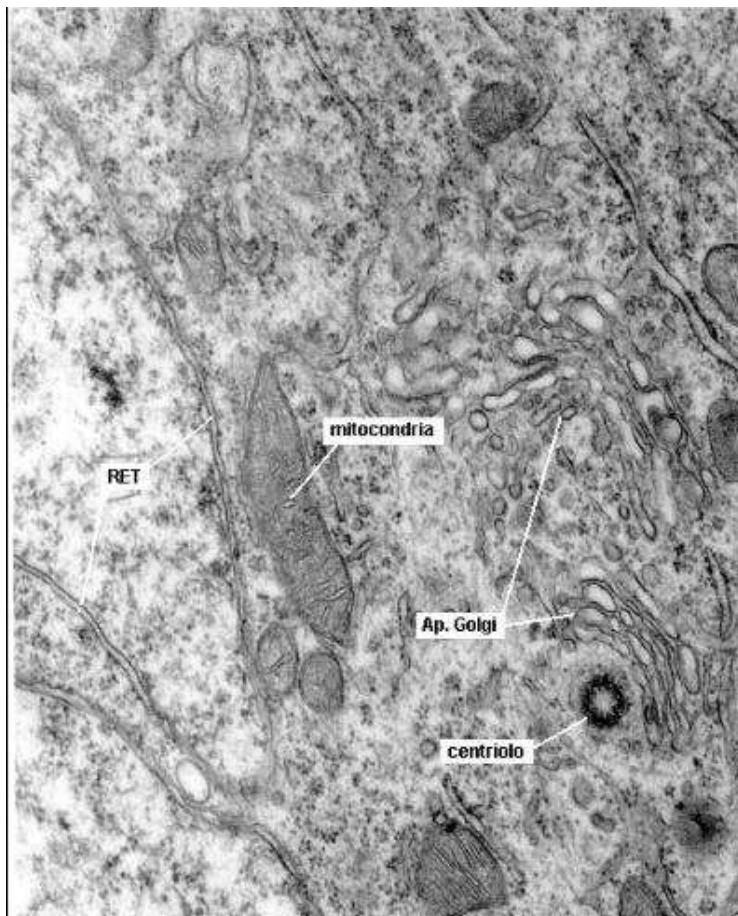
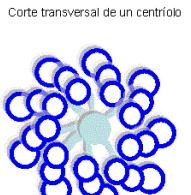
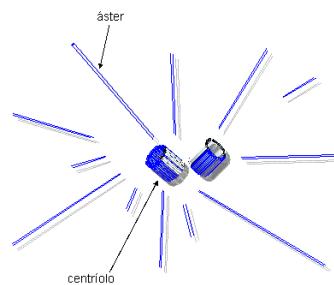


Imagen de una célula vista al MET

Las célula vegetales no tienen centríolos Los microtúbulos del huso acromático, parten de una región difusa (mal definida) que carece de centríolos

Función Forma el huso acromático que facilita la separación de las cromátidas en la mitosis

Obtención de energía y síntesis de compuestos orgánicos en la célula vegetal.

LOS PLASTOS

Son orgánulos característicos y exclusivos de las células vegetales.

Existen diversos tipos de plastos: cloroplastos, cromoplastos, y leucoplastos.

Algunas de las características de las diferentes clases de plastos son:

- **Cloroplastos.** Plastos verdes ya que contienen, entre otros pigmentos fotosintéticos, clorofila. En ellos se realiza la fotosíntesis.
- **Cromoplastos.** Plastos de color amarillo o anaranjado, contienen pigmentos que son los responsables del color de algunos frutos, por ejemplo en el tomate.
- **Leucoplastos.** Plastos de color blanco. Se encuentran en las partes no verdes de la planta. Así por ejemplo, en las células de la patata.

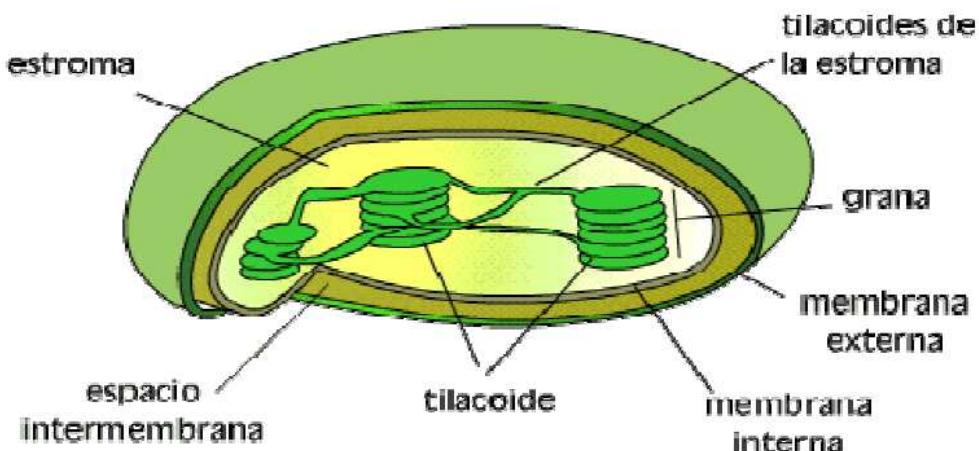
Debido a su importancia para todos los seres vivos, haremos a continuación un estudio particular de los cloroplastos.

Los cloroplastos.

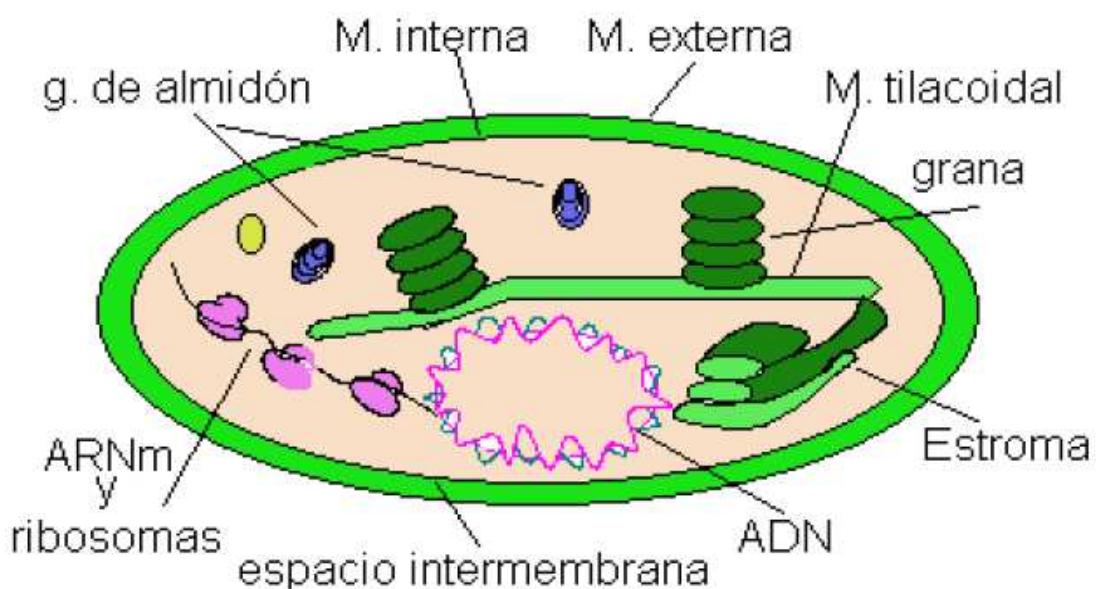
Son orgánulos muy variables en cuanto número forma y tamaño.

Así por ejemplo las células de ciertas algas filamentosas tienen uno o dos únicos cloroplastos; otras como la elodea tienen numerosos cloroplastos. Su forma normalmente es biconvexa, pero pueden ser también estrellados o con forma de cinta enrollada en hélice.

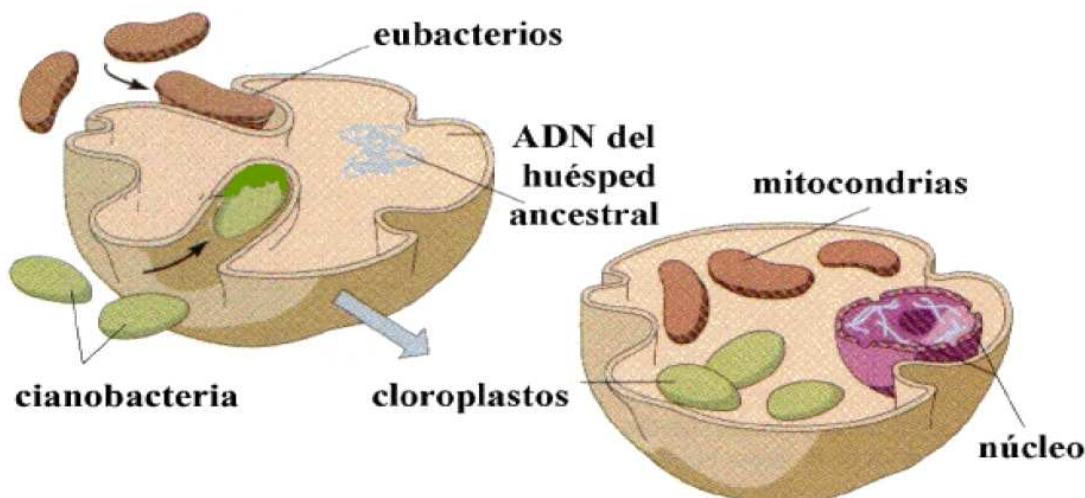
Ultraestructura. Presenta una doble membrana (externa e interna) y entre ellas un espacio intermembranoso. El interior se rellena por un gel llamado estroma. Presenta ADN y ribosomas. Inmersos en el estroma existen unos sacos aplastados llamados tilacoides o lamelas. Los tilacoides pueden extenderse por todo el estroma o apilarse formando paquetes llamados grana. En la membrana de los grana o tilacoides se ubican los sistemas enzimáticos que captan la energía del sol y efectúan el transporte de electrones para formar ATP.



Esquema de un cloroplasto



Es de destacar, que los plastos tienen una estructura similar a la de los organismos procariotas. Según la “**Teoría endosimbiótica**” los eucariotas serían organismos constituidos **por simbiosis de varios organismos procariotas**. Los plastos serían por lo tanto procariotas que proporcionarían al organismo simbionte compuestos orgánicos que sintetizarían usando como fuente de energía la luz solar.



Función de los cloroplastos. En los cloroplastos se va a realizar la **fotosíntesis**.

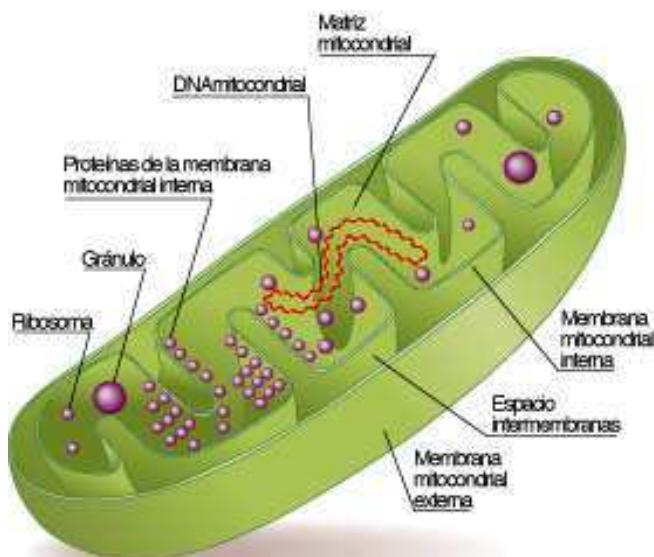
MITOCONDRIAS.

Son orgánulos muy pequeños, difíciles de observar al microscopio óptico, al que aparecen como palitos o bastoncitos alargados. Se originan a partir de otras mitocondrias preexistentes.

El número de mitocondrias en una célula puede llegar a ser muy elevado (hasta 2000).

Ultraestructura. Generalmente se observa la presencia de una **membrana externa** y una **membrana interna**, ambas similares a la membrana de la célula. La membrana interna se prolonga hacia el interior en una especie de láminas llamadas **crestas mitocondriales**. Entre ambas membranas hay un espacio llamado **espacio intermembrana**. Dentro de la mitocondria entre las crestas, está la **matriz mitocondrial**.

Las proteínas de la membrana interna y las de las crestas son muy importantes, ya que algunas son las responsables de los procesos respiratorios. El interior de la matriz mitocondrial es una solución de proteínas, lípidos, RNA, DNA y ribosomas (ribosomas de pequeño tamaño).



Función de las mitocondrias: en el interior de las mitocondrias tienen lugar los procesos de respiración celular.

Origen evolutivo. Las mitocondrias igual que los plastos, tienen una estructura similar a los organismos a los organismos procarióticos. Según la “**Teoría endosimbiótica**” las células eucarióticas serían el resultado de una simbiosis de varios procariotas. Uno de estos procariotas habrían sido los las mitocondrias que proporcionarían al organismo simbionte energía a partir de la degradación aerobia de sustancias orgánicas.

EL NUCLEO

Una célula contiene una serie de instrucciones destinadas a asegurar su funcionamiento y su reproducción. Estas instrucciones están contenidas en genes, constituidos por DNA y localizados en los cromosomas. En los organismos eucariotas los cromosomas están protegidos por una envuelta que delimita el núcleo de la célula.

La longitud del DNA de una célula eucariótica es muy grande. Una célula humana cualquiera, por ejemplo una célula hepática contiene alrededor de 1 metro de DNA. Sin embargo el núcleo tiene sólo 5 de diámetro. La forma de solucionar o superar este problema a lo largo del proceso de evolución de la célula ha sido empaquetar el DNA en cromosomas. Así, las células humanas tienen 46 cromosomas de diferentes tamaños, y cada uno consta de una única molécula de DNA.

En el núcleo tienen lugar procesos tan importantes como la **replicación del DNA** y la **transcripción del RNA**. A pesar de todo ello, la estructura y la organización funcional del núcleo han sido una incognita hasta hace poco tiempo y aún hoy día son numerosos los interrogantes sin respuesta.

La replicación del DNA es un proceso, gracias al cual, cuando una célula se divide se obtienen dos células hijas con idéntica información y control que la célula madre.

Características generales. El núcleo es una estructura constante en la célula eucariótica, donde se alberga la información genética contenida en el DNA, de modo que dirige toda la actividad celular.

Su constitución varía a lo largo de la vida de la célula, distinguiéndose dos períodos: **periodo de división**, durante el cual la célula se divide para originar células hijas y **periodo de interfase** o de no división, durante el cual el DNA se transcribe y la célula realiza su actividad normal. A continuación nos vamos a referir al **núcleo interfásico**, mientras que el núcleo en división lo estudiaremos más adelante.

Núcleo interfásico:

La forma del núcleo es muy variable aunque generalmente predomina la esférica.

El tamaño del núcleo es variable, aunque existe una relación entre el tamaño del núcleo y el tamaño de la célula.

La posición del núcleo normalmente suele ser central, aunque en las células vegetales suele estar desplazado, debido al tamaño de las vacuolas.

Número de núcleos generalmente suele ser uno, aunque hay células que tienen varios núcleos.

Estructura del núcleo interfásico. En el núcleo interfásico se puede distinguir los siguientes componentes: **membrana nuclear, jugo nuclear, cromatina y nucleólos**.

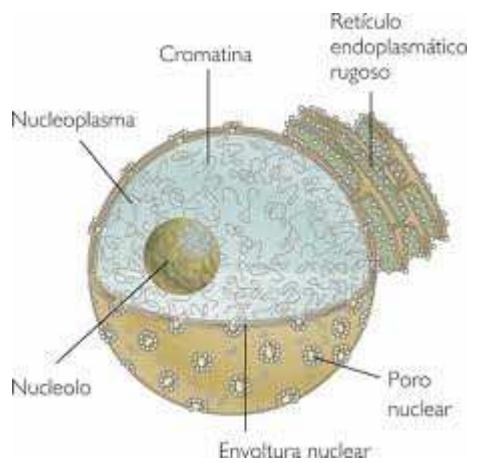
Membrana nuclear está formada por dos membranas (**una externa y otra interna**) con la misma estructura que la membrana plasmática. La membrana nuclear presenta **poros**.

Debajo de la membrana interna se encuentra una capa de proteínas fibrilares de dominada **lámina nuclear**.

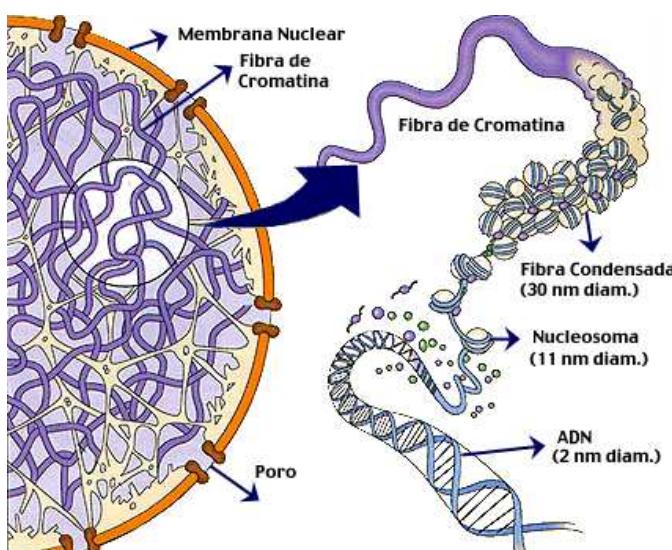
Los poros permiten el paso de sustancias del núcleo al citoplasma y viceversa.

La lámina nuclear induce la aparición y desaparición de la envoltura nuclear y es fundamental para la constitución de los cromosomas a partir de la cromatina.

Nucleoplasma. Es un **gel** formado fundamentalmente por proteínas, la mayoría enzimas implicados en la duplicación del DNA, la transcripción, etc. En el jugo nuclear se encuentra inmersa la cromatina.



CROMATINA

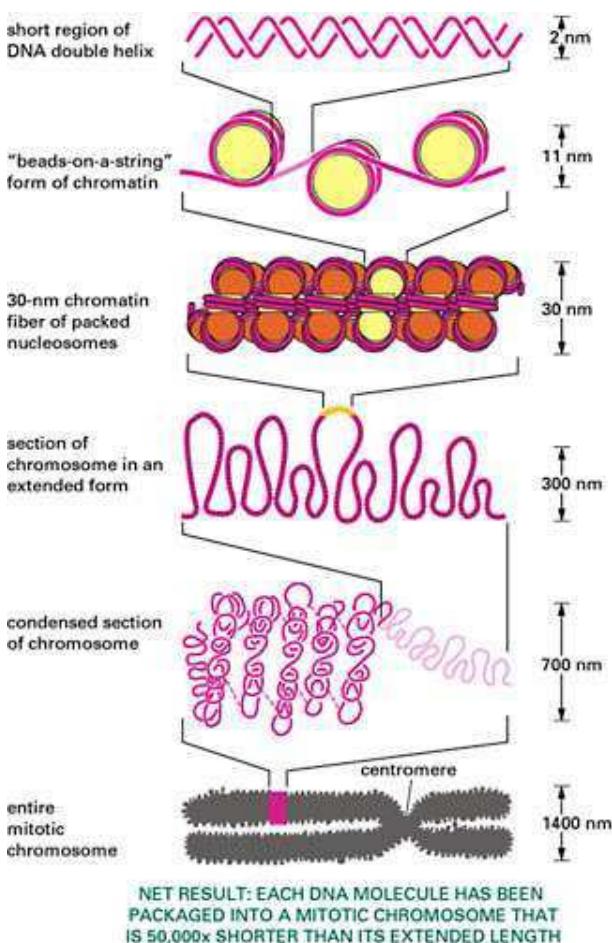


Cromatina: Se le llama así por teñirse fuertemente por ciertos colorantes.

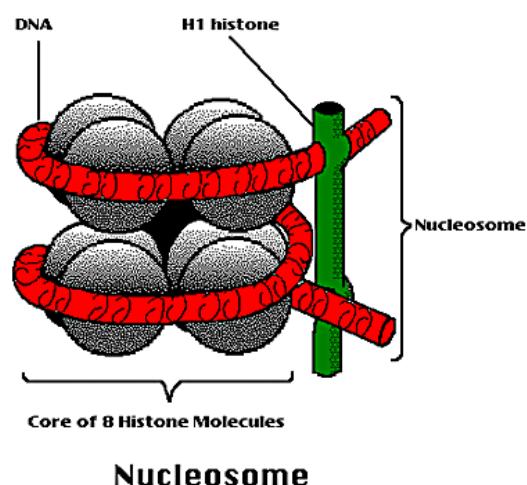
A) Composición de la cromatina. Está formada por DNA asociado a proteínas. Las proteínas de la cromatina son de dos tipos, histonas y proteínas no histonas.

Por otro lado, en el núcleo eucariótico hay varias moléculas de DNA, cuyo número varía según las especies; **cada molécula de DNA, con sus proteínas asociadas, es un cromosoma.**

B) Ultraestructura Las moléculas de DNA son muy largas, ya que miden varios cm de longitud, pero han de caber en un núcleo de unos micrómetros de diámetro. Por eso se encuentran extraordinariamente compactadas, formando la cromatina, cuya organización es la siguiente. Está formado por unidades repetitivas denominadas **nucleosoma**, unidas por DNA. Cada nucleosoma está formado por **ocho moléculas de histonas**, que forman un núcleo alrededor del **cual la molécula de ADN da 1,75 vueltas** (166 pares de bases), y mantenido por una histona; dando lugar a una fibra de cromatina **de 10 nm de diámetro** (**modelo de collar de perlas**).

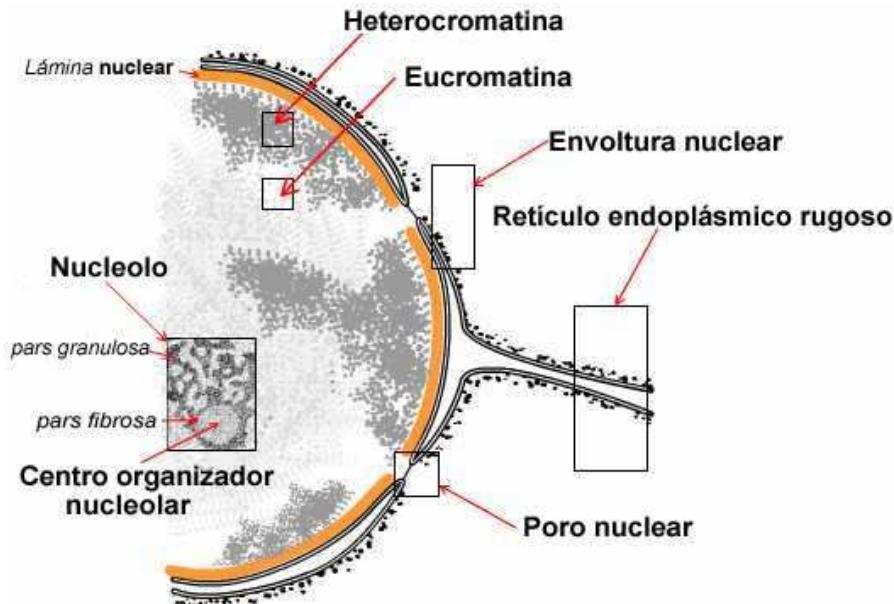


La estructura de collar de perlas se puede plegar en una nueva estructura llamada **estructura helicoidal**, dando lugar a una fibra cromatínica de **30 nm** de diámetro (modelo de solenoides). Durante la división celular la fibra de cromatina se pliega mucho más, para dar lugar a **los cromosomas**.



Se distingue dos tipos de cromatina

- La **eucromatina** cuya mayor parte está en forma de **solenoides** y otra parte en forma de **collar de perlas**
- La **heterocromatina**, o cromatina altamente condensada que recuerda la cromatina de las células en fase de cromosomas.

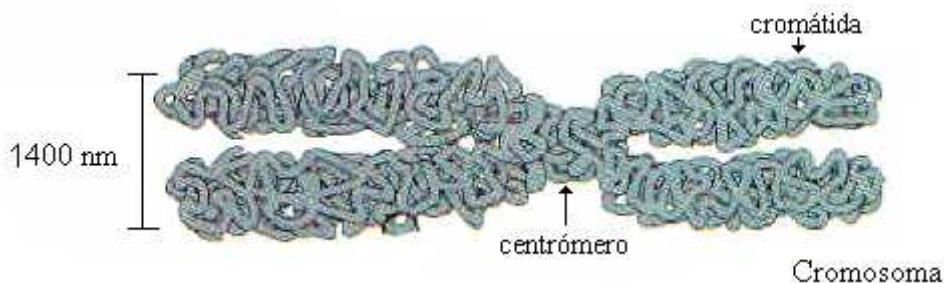


Cromosomas. Cuando la célula va a dividirse la cromatina se condensa mucho. Se cree que la fibra de **30 nm** (solenoides) se enrolla a un nuevo nivel de compactación de 300 nm de diámetro. **El último nivel de compactación representa el cromosoma**, en el que el ADN ha sido condensado unas 10.000 veces.

A lo largo de este proceso, los cromosomas se acortan y engruesan, con lo cual se hacen visibles al microscopio óptico. Su forma varía de unos a otros dentro de la misma especie y de una especie a otra.

En un **cromosoma** pueden distinguirse las siguientes partes:

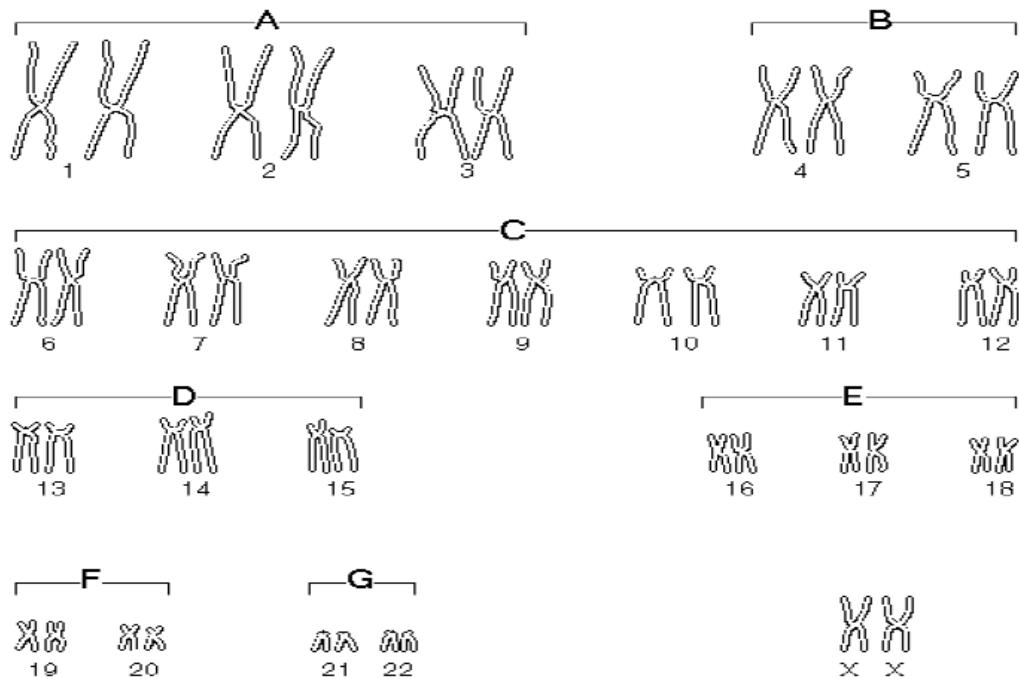
- **Centrómero** estrechamiento que divide al cromosoma en dos partes, que pueden ser iguales o desiguales, denominadas **brazos**.
- **Cinetócoro** estructura del Centrómero a la que se pueden unir los microtúbulos.
- **Telómero** los extremos del cromosoma.
- **Satélite** Es una zona del cromosoma con aspecto redondeado que se une a una concreción secundaria de tamaño variable. Algunas de estas concreciones secundarias contienen el **organizador nucleolar** (nor). Se trata de una zona del cromosoma en la que están los genes que codifican los ARN ribosómicos.



Tipos de cromosomas Según la posición del Centrómero se distinguen los siguientes tipos de cromosomas:

- **Metacéntricos** cuando el Centrómero está más o menos centrado, con lo que los brazos del cromosoma son aproximadamente iguales.
- **Submetacéntricos** si la posición del Centrómero hace que los brazos sean desiguales.
- **Telocéntricos** en los que el Centrómero está tan cerca de uno de los telómeros que prácticamente sólo existe un brazo.

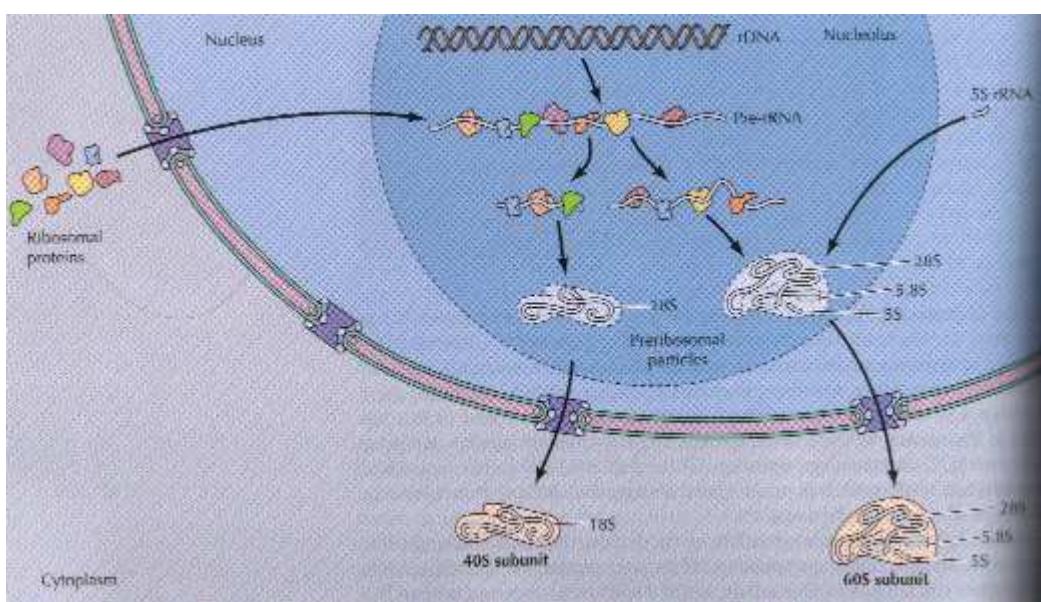
Normal Female Karyotype



NUCLÉOLO

En el nucléolo se concentran los **genes ribosomales**, es decir aquellos que codifican el RNA ribosomal. El DNA correspondiente a estos genes contiene una región denominada **organizador nucleolar** (nor), que permite la reunión de todos los genes ribosomales aunque estén dispersos en varios cromosomas.

En el nucléolo se encuentra además del DNA, en forma de cromatina, que codifica al RNA ribosomal, las proteínas ribosómicas que se unen con RNA ribosomal dando lugar a las partículas precursoras de los ribosomas que salen al citoplasma por los poros del núcleo y tras su maduración se transforman en ribosomas.



Número de cromosomas.- Respecto al número de cromosomas de las células, podemos hacer las siguientes generalizaciones:

A) Las células de los organismos de la misma especie tiene el mismo número de cromosomas y éstos tienen una forma y un tamaño característicos.

B) Normalmente el número de cromosomas de las células de los animales y vegetales es par, pues cada célula tiene dos copias de un mismo cromosoma (cromosomas homólogos); estas células se denominan **diploides**. Las células que tienen una sola copia se denominan **haploides**.

Así, en la especie humana, las células del cuerpo tiene **46 cromosomas (dos juegos de cromosomas)** se denominan células **diploides**, mientras que los **gametos de la especie humana tienen 23 cromosomas (un juego sólo de cromosomas)** y se les denominan células **haploides**.

Anomalías en el cariotipo:

Este cariotipo de una mujer tiene tres cromosomas 21. Esta anomalía cromosómica es característica del Síndrome de Down (mongolismo).

