

RESUMEN: INTRODUCCIÓN A BIOLOGÍA CELULAR 91

Basado en las bibliografías, tutorías, seminarios de la materia y el plan de estudios

Créditos: Yoko Fuksman

SESIÓN 1:

En algún momento de la historia de este planeta, a partir de la complejización de sistemas polimoleculares, se originaron células sencillas capaces de producir descendientes similares a sí mismas y de evolucionar. La aparición de estos sistemas estuvo íntimamente asociado con los cambios que sufrió la Tierra. Por ello, para analizar el origen de la vida, debemos conocer las condiciones a partir de las cuales estas células primordiales aparecieron. El modelo propone que a medida que el Universo se expandía y se enfriaba, gradualmente se formaba más materia a partir de energía. Alrededor de 100 segundos después del “**Big Bang**”, la temperatura habría descendido. En ese momento, dos tipos de partículas estables que hasta ese momento eran escasas habrían comenzado a combinarse: los protones y los neutrones, que formaron los núcleos de los átomos. Se postula que cuando el Universo alcanzó unos 2.500 °C, esos núcleos, con sus protones de carga positiva, atrajeron a pequeñas partículas livianas de carga negativa –los electrones– que se movían rápidamente alrededor de ello, formando los átomos. A partir de esos átomos comenzaron a formarse los planetas y el sol. Actualmente se propone que es a partir de los átomos presentes en este planeta que los sistemas vivos se autoorganizaron y evolucionaron.



Toda la vida que existe en el planeta habita un área denominada **biosfera**. Esta capa que abarca toda la superficie terrestre

Desde una perspectiva bioquímica, cuatro características distinguen a las células vivas de otros sistemas químicos:

- La existencia de una membrana que separa a la célula del ambiente circundante y le permite mantener su identidad bioquímica;
- La presencia de enzimas, proteínas complejas esenciales para las reacciones químicas de las que depende la vida
- La capacidad para replicarse generación tras generación;
- La posibilidad de evolucionar a partir de la producción de descendencia con variación.

El primer conjunto de hipótesis contrastables acerca del origen de la vida fue propuesto por el bioquímico ruso A. I. Oparin (1894-1980) y por el inglés J. B. Haldane (1892-1964), quienes trabajaban en forma independiente postularon que la aparición de la vida fue precedida por un largo período que denominaron **evolución química**

Hay consenso en dos aspectos críticos:

1. Había muy poco o nada de oxígeno libre (o molecular) presente (la atmósfera era reductora).
2. Los cuatro elementos (hidrógeno, oxígeno, carbono y nitrógeno) que constituyen más del 95% de los tejidos vivos estaban disponibles en alguna forma en la atmósfera y en las aguas de la Tierra primitiva.

Además de estos materiales simples, la energía abundaba en forma de calor, rayos, radiactividad y radiaciones provenientes del Sol. Oparin propuso que, en esas condiciones, los gases atmosféricos acumulados en los mares y los lagos de la Tierra se habrían condensado formando moléculas orgánicas. Como no había oxígeno libre, estas moléculas orgánicas no habrían sido degradadas a sustancias simples tal como ocurriría en la actualidad. Debido a la radiación ultravioleta, muchas moléculas se habrían destruido y vuelto a formar, pero, protegidas por el agua del océano que actúa como un filtro para las radiaciones, algunas de ellas habrían logrado persistir.

En esos microambientes, las moléculas orgánicas pequeñas habrían reaccionado entre sí formando moléculas más grandes. A medida que aumentaban su concentración, diferentes tipos de moléculas se habrían acercado entre sí cada vez más, combinándose o asociándose en pequeños sistemas, como consecuencia de las mismas fuerzas químicas que actúan sobre las moléculas en la actualidad. Una vez constituidos estos sistemas, la etapa de evolución química habría dado lugar a una nueva etapa, a la que Oparin denominó **evolución prebiológica**. De modo progresivo, estos sistemas plurimoleculares habrían sido capaces de intercambiar materia y energía con el ambiente y de optimizar en su interior la eficiencia de ciertas reacciones. Las moléculas y los agregados moleculares más estables tienden a persistir y los menos estables, a desintegrarse. Este mecanismo análogo a la selección natural, al que Oparin denominó **protoselección natural**.

Los experimentos de Miller, mostraron que casi cualquier fuente de energía (rayos, radiación ultravioleta o ceniza volcánica caliente) puede convertir las moléculas simples, posiblemente presentes sobre la superficie terrestre, en una variedad de compuestos orgánicos complejos. Pese a ciertas objeciones en esta teoría, muestra que ciertos compuestos orgánicos podrían haberse formado en las condiciones de la Tierra primitiva. Este proceso no ocurre actualmente ya que las condiciones descritas por Oparin no existen ya en ninguna parte de la superficie terrestre.

Hipótesis alternativas sobre el origen de la vida:

Oparin experimentó sus hipótesis utilizando un modelo al que llamó **coacervados**. Los coacervados son sistemas constituidos por distintas macromoléculas en suspensión en un fluido –sistema coloidal que se habrían formado en la Tierra primitiva en un medio acuoso

Sidney W. Fox y sus colaboradores obtuvieron estructuras formadas por una membrana proteica –llamadas microesferas proteínoides– dentro de las cuales ocurrían reacciones químicas análogas a las de las células vivas

Pregunta importante: ¿cuál fue la entidad molecular capaz de acumular información genética, de producir copias de su propia estructura y de transmitirlas a la descendencia?

En el modelo de Fox, esta entidad molecular eran las proteínas. Hoy se sabe que las proteínas no son capaces de portar información genética y transmitirla a la descendencia. Este papel lo cumple ácidos nucleicos, generalmente el **DNA**. Sin embargo, el problema no queda resuelto, porque el DNA necesita de las proteínas para replicarse y, a su vez, las proteínas necesitan de la información que provee el DNA para sintetizarse (apoyesis). Entonces, ¿quién surgió primero?

Por otra parte, el **RNA**, que transporta la información para la síntesis de proteínas, se copia a partir del DNA. Es improbable que el DNA y las proteínas hayan surgido en el mismo lugar y en el mismo momento y parece también improbable que el uno pueda existir sin las otras.

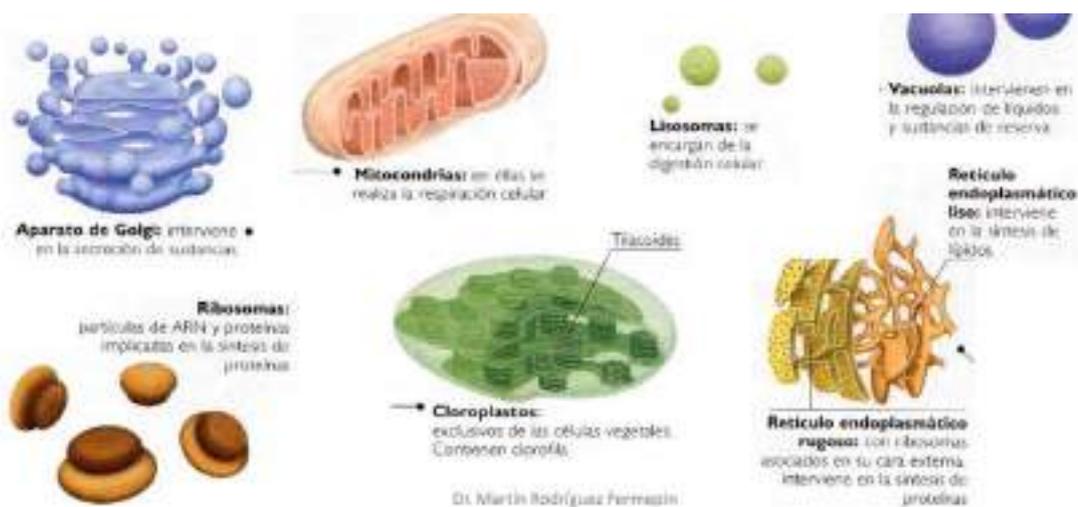
La marcada unidad que subyace a la vida en la Tierra –es notable, el hecho de que todos los organismos compartamos el mismo mecanismo de transmisión genética basado en el DNA y el RNA– sugiere que toda la vida actual desciende de un ancestro único.

- **Heterótrofos:** (del griego, heter “otro” y trophos “el que se alimenta”) — obtienen la energía de los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas sintetizados por los organismos autótrofos. La energía contenida en estas moléculas orgánicas se libera mediante la combustión del O₂ atmosférico (es decir, por oxidación), por un proceso que se denomina respiración aeróbica. La liberación por los organismos heterótrofos del H₂O y CO₂ generados por este proceso completa el **ciclo energético**. Estos organismos, que incluyen a todos los animales, a los hongos, y a muchos unicelulares,
- **Autótrofos:** (del griego, auto “propio”). son capaces de sintetizar moléculas orgánicas ricas en energía a partir de sustancias inorgánicas simples y, por lo tanto, no requieren moléculas orgánicas del exterior
 - Entre los autótrofos, las plantas y varios tipos de protistas son **fotosintéticos**, es decir que utilizan la luz del Sol como fuente de energía para las reacciones de síntesis química. Por otra parte, ciertos grupos de bacterias llamadas **quimiosintéticas** obtienen la energía para sintetizar moléculas orgánicas de la energía liberada por reacciones inorgánicas

La **teoría celular** es uno de los fundamentos de la biología moderna. Esta teoría afirma que:

1. Todos los **organismos** vivos están compuestos por una o más **células**;
2. Las **reacciones químicas** de un organismo vivo, incluidos los procesos que liberan energía y las reacciones biosintéticas, ocurren dentro de las células;
3. Las **células** se originan de otras células;
4. Las células contienen la **información hereditaria** de los organismos de los cuales son parte, y esta información pasa de células progenitoras a células hijas

Existen dos tipos fundamentalmente distintos de células: las procariontes y las eucariontes:

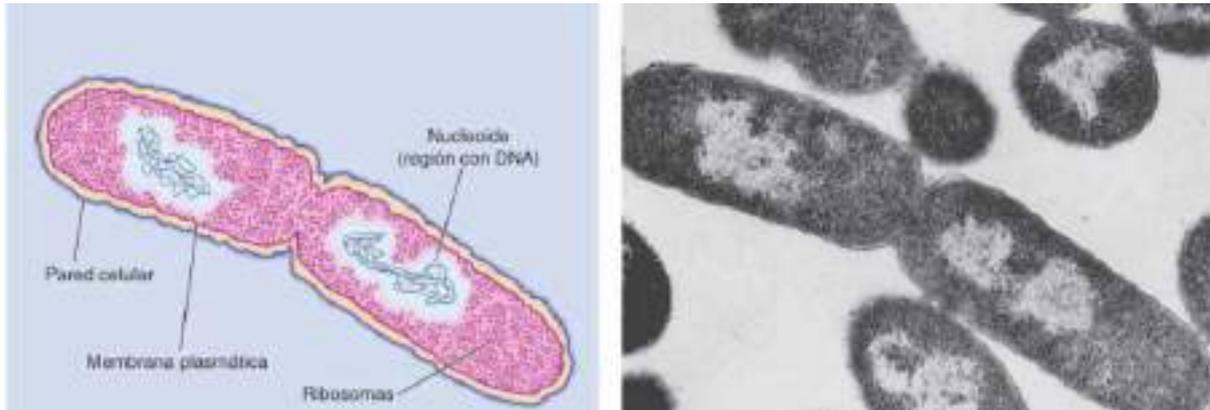


- **Célula procarionte:**

Dentro de esta se encuentran dos grandes grupos

- Bacteria } unicelulares y

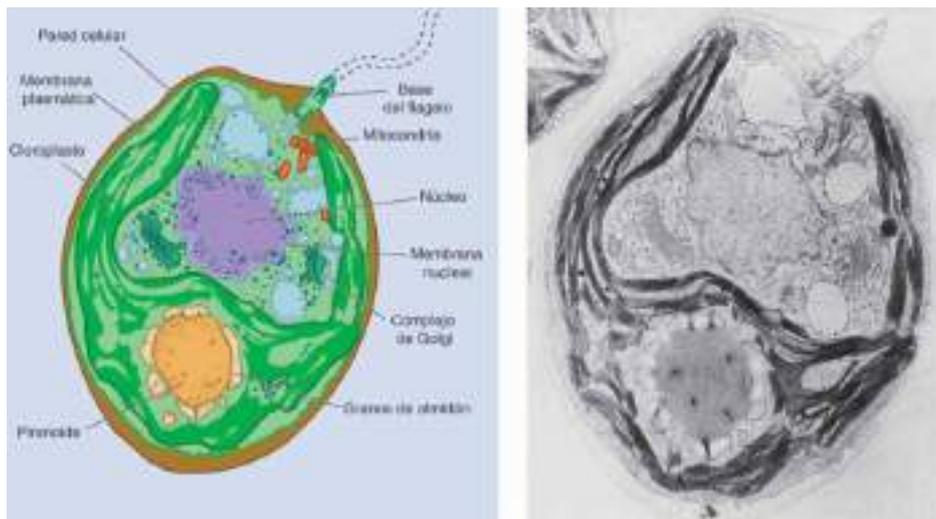
- Archaea } coloniales



En las células procariotas (“antes de un núcleo”), el material genético es una molécula grande y circular de DNA a la que están débilmente asociadas diversas proteínas. Está ubicado en una región definida llamada nucleóide y **carece de una membrana que lo rodee (no tiene un núcleo definido)**

- **Célula eucarionte:**

- Eukarya } Agrupa a todos los organismos formados por células eucariontes



En las células eucariontes (del griego eu, que significa “buen” y karyon, “núcleo” o “centro”), por el contrario, **el DNA es lineal y está fuertemente unido a proteínas. Está rodeado por una doble membrana**, la envoltura nuclear, que lo separa de los otros contenidos celulares en un **núcleo bien definido**. El citoplasma contiene una enorme variedad de moléculas y complejos moleculares especializados en distintas funciones celulares. En las células eucariontes, varias funciones se llevan a cabo en diversas estructuras rodeadas por membranas –las organelas– que constituyen distintos compartimientos dentro del citoplasma.

Teoría endosimbiótica: Lynn Margulis propuso la teoría endosimbiótica (*endo* significa interno y *simbionte* se refiere a la relación de beneficio mutuo entre dos organismos). Según la “teoría de la endosimbiosis”, algunas organelas eucariontes, especialmente las mitocondrias y los cloroplastos, fueron en tiempos pasados bacterias de vida libre que luego se alojaron dentro de otras células. La similitud entre el DNA, las enzimas y la forma de reproducción de esas organelas y las bacterias apoyan esta teoría

forma creciente los niveles de organización de la materia: nivel atómico - nivel molecular: **moléculas simples ; macromoléculas** (ej: proteína) - **componente celular** (ej: organela celular)- **célula - tejido** (o tisular) - **sistema de órganos - organismo** (individuo) - **población - comunidad - ecosistema - biósfera**

Características necesarias para ser considerado un ser vivo: “MARCHITES”

- **1) Todos los seres vivos están formados por células**
- **2) Organización y complejidad de los elementos**
- **3) Metabolismo:** Lo constituyen el conjunto de reacciones químicas y de transformaciones de energía, incluidas la síntesis y la degradación de moléculas
- **4) Sistemas abiertos:** Los seres vivos intercambian materia y energía con el medio externo
- **5) Homeostasis:** Un conjunto de procesos que mantienen más o menos constante al medio interno de los seres vivos. Los seres vivos son homeostáticos, es decir, “se mantienen relativamente estables” lo cual le permite al organismo mantener su identidad bioquímica y funcional pese a las cambiantes condiciones del medio exterior.
- **6) Irritabilidad:** Reaccionar al entorno
- **7) Reproducción**
- **8) Crecimiento y desarrollo**
- **9) Evolución y adaptación**
- **10) Autopoyesis:** Designa la cualidad de un sistema molecular capaz de reproducirse y mantenerse por sí mismo (ej: el ADN contiene la información para la síntesis de proteínas que luego intervendrán en la propia síntesis de ADN)

“Manual de instrucciones”: El material genético. El tipo de información contenida en el DNA también se intercambia entre organismos similares

Presentaremos las bases para la construcción de **filogenias**, es decir, para generar hipótesis que representen las relaciones de parentesco que permiten clasificar a todos los organismos que han surgido en el transcurso de la evolución de la vida.

Mayr describió a una *especie biológica* como “un grupo de poblaciones naturales cuyos individuos se cruzan entre sí exitosamente de manera real o potencial y que están reproductivamente aislados de otros grupos”

Para que surja una nueva especie, es decir, para que ocurra especiación, debe establecerse algún mecanismo biológico que impida la reproducción entre individuos, ya sea por impedimento del apareamiento, la fecundación o de la fertilidad o viabilidad de los híbridos. Si estos mecanismos o barreras de aislamiento entre especies distintas no existiesen, a lo largo del tiempo los organismos de una especie podrían intercambiar genes con los miembros de otra especie y, en consecuencia, no retendrían las características adaptativas fisiológicas, morfológicas y comportamentales que les permiten sobrevivir y reproducirse de manera exitosa en su medio particular

En el siglo XVIII, Linneo diseñó un sistema de nomenclatura conocido como el **sistema binomial**: El nombre científico de un organismo tiene dos partes: el nombre genérico y un epíteto específico (un adjetivo o modificador). Por convención, los nombres del género y de la especie.

En muchos casos, una misma especie está formada por un conjunto de poblaciones con características genéticas, comportamentales o morfológicas diferentes, a las que se denomina **subespecies**. Estas subespecies pueden constituir verdaderas especies biológicas en el futuro si logran desarrollar mecanismos de aislamiento reproductivo

En 1813, el botánico suizo Augustin-Pyramus de Candolle (1778-1841) acuñó la palabra **taxonomía** (del griego taxis arreglo, colocación y nomia, ley) para designar el área del conocimiento que establece las reglas de una clasificación.

Linneo adoptó una jerarquía de siete niveles: **imperio, reino, clase, orden, género, especie y variedad**. Los naturalistas de la época reconocían dos reinos biológicos: vegetal y animal. Posteriormente, el mismo Linneo y otros taxónomos fueron eliminando algunas categorías y añadiendo otras intermedias. De mayor a menor: Los **géneros** fueron agrupados en **familias**, las familias en **órdenes**, los órdenes en **clases** y las clases en **phyla** (plural de phylum o filum), **tipo o divisiones**. Estas categorías pueden a su vez subdividirse o agruparse en otras cuyo uso es menos frecuente, como **tribus, superfamilias o subphyla**.

La nueva clasificación en cinco reinos incluye a:

- **Monera** (*bacterias*) Procariontes - unicelular - autótrofo- heterótrofo
- **Protocista o Protista** (*algas, protozoos, mohos del limo y otros organismos acuáticos y parásitos menos conocidos*) Eucarionte -unicelulares/pluricelulares - autótrofo/heterótrofo
- **Fungi** (*líquenes y hongos*) Eucarionte- unicelular/pluricelular- heterótrofo
- **Animalia** (*vertebrados e invertebrados*) Eucarionte- pluricelular- autótrofo
- **Plantae** (*musgos, helechos, coníferas y plantas con flor*) Eucarionte- pluricelular- heterótrofo

SESIÓN 2:

Los componentes químicos de la célula se clasifican en:

- **inorgánicos** (agua y minerales)
- **orgánicos** (ácidos nucleicos, hidratos de carbono, lípidos y proteínas).

Del total de los componentes de la célula un 75% a 85% corresponde a agua, entre el 2% y el 3% son sales inorgánicas y el resto son compuestos orgánicos, los cuales representan las moléculas de la vida. La mayor parte de las estructuras celulares contienen lípidos y moléculas muy grandes —denominadas macromoléculas o **polímeros**—, integradas por unidades o monómeros que se enlazan entre sí por medio de uniones covalentes.

En los organismos existen tres importantes polímeros:

- **1) Los ácidos nucleicos**, conformados por la asociación de cuatro unidades químicas diferentes denominadas **nucleótidos**; la secuencia lineal de los cuatro tipos de nucleótidos en la molécula de ADN es la fuente primaria de la información genética;
- **2) Los polisacáridos**, que pueden ser polímeros de glucosa —con la cual se forma glucógeno, almidón o celulosa— o comprender la repetición de otros monosacáridos, con los que se forman polisacáridos más complejos;

- **3) Las proteínas** (polipéptidos), que están constituidas por aminoácidos —existen 20 tipos— combinados en diferentes proporciones; las distintas cantidades y ordenamientos posibles de estos 20 monómeros dan lugar a un extraordinario número de combinaciones, lo que determina no sólo la especificidad sino también la actividad biológica de las moléculas proteicas.

AGUA Y MINERALES.

En la célula el **agua** se encuentra en dos fracciones, una **libre** y otra **ligada**. El agua libre representa el 95% del agua total y es la parte usada principalmente como solvente para los solutos y como medio dispersante del sistema coloidal. El agua ligada representa sólo el 5% y es la que está unida laxamente a otras moléculas por uniones no covalentes; así, comprende el agua inmovilizada en el seno de las macromoléculas. El agua interviene en la eliminación de sustancias de la célula. Además, absorbe calor (gracias a su elevado coeficiente calorífico), lo cual evita que se generen cambios drásticos de temperatura en la célula.

Salas. La concentración de iones es distinta en el interior de la célula y en el medio que la rodea. Así;

- La célula tiene una alta concentración de cationes K^{+} y Mg^{+}
- El Na^{+} y el Cl^{-} están localizados principalmente en el líquido extracelular.
- Los aniones dominantes en las células son el fosfato (HPO_4^{2-}), y el bicarbonato (HCO_3^{-}).
 - Otras cosas a tener en cuenta:
- Las sales disociadas en aniones (por ejemplo, Cl^{-}) y cationes (Na^{+} y K^{+}) son importantes para mantener la presión osmótica y el equilibrio ácido-base de la célula. La retención de iones produce un aumento de la presión osmótica y, por lo tanto, la entrada de agua.
- Algunos iones inorgánicos (como el Mg^{2+}) son indispensables como cofactores enzimáticos.
- Otros iones inorgánicos forman parte de distintas moléculas
- Los iones de Ca^{2+} que se hallan en las células desempeñan un importante papel como transmisores de señales.
- Otros iones presentes en las células son el sulfato, el carbonato, etcétera.
- Ciertos minerales se encuentran en forma no ionizada (ej: el calcio que en los huesos está unido al fosfato y al carbonato; el hierro, que, en la hemoglobina, la ferritina, los citocromos y en varias enzimas se halla ligado por uniones carbono-metal)
- Para mantener la actividad celular normal son indispensables diminutas cantidades de manganeso, cobre, cobalto, yodo, selenio, níquel, molibdeno y cinc.

ÁCIDOS NUCLÉICOS

Los seres vivos contienen dos tipos

- ADN: ácido desoxirribonucleico
- ARN: ácido ribonucleico

El ADN constituye el depósito de la información genética. Esta información es copiada o transcrita en moléculas de ARN mensajero, cuyas secuencias de nucleótidos contienen el **código** que establece la secuencia de los aminoácidos en las proteínas. Es por ello que la síntesis proteica se conoce también como traducción del ARN. A esta serie de fenómenos se le asigna el carácter de dogma central de la biología molecular. En las células superiores el ADN se halla en el núcleo integrando los cromosomas (una pequeña

cantidad se encuentra en el citoplasma, dentro de las mitocondrias y los cloroplastos). El ARN se localiza tanto en el núcleo (donde se forma) como en el citoplasma, hacia el cual se dirige para regir la síntesis proteica.

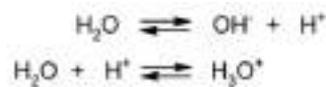
Los ácidos nucleicos contienen hidratos de carbono (pentosas), bases nitrogenadas (purinas y pirimidinas) y ácido fosfórico. La **hidrólisis** (referencia 1*) de ADN o ARN genera:

		ADN	ARN
PENTOSA		desoxirribosa	ribosa
BASES	{ Purinas Pirimidinas	adenina, guanina citosina, timina	adenina, guanina citosina, uracilo
ACIDO FOSFORICO		PO ₄ H ₃	PO ₄ H ₃

***Referencia 1: Hidrólisis**

Ejemplo:

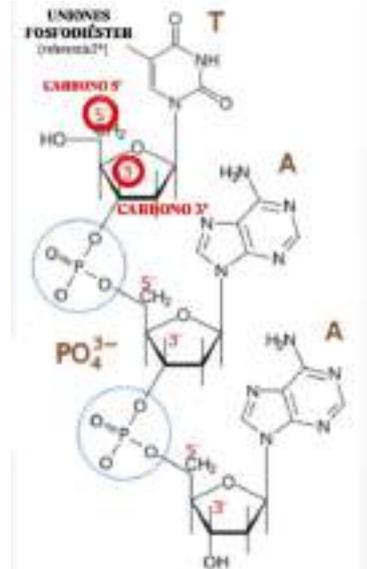
La **hidrólisis** es una reacción química que involucra la ruptura de enlaces químicos en una molécula mediante la adición de agua.



Durante la **hidrólisis**, una molécula se descompone en dos o más componentes más pequeños, con la participación de moléculas de agua.

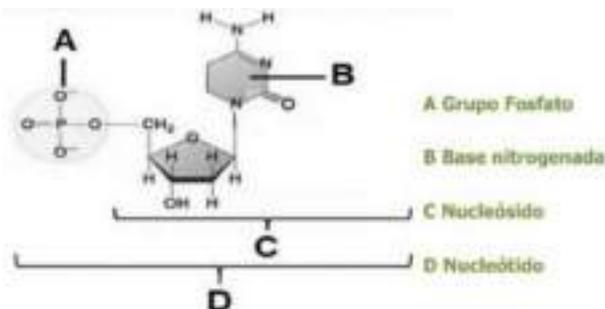
La **molécula**

de ácido nucleico es un polímero cuyos monómeros (Un monómero es una molécula de pequeña masa molecular que está unida a otros monómeros, a veces cientos o miles, por medio de enlaces químicos, generalmente covalentes, formando macromoléculas llamadas polímeros) son nucleótidos sucesivamente ligados mediante uniones fosfodiéster (referencia 2*). En estas uniones los fosfatos ligan el carbono 3' de la pentosa (Las pentosas son monosacáridos formados por una cadena de cinco átomos de carbono que cumplen una función estructural) de un nucleótido con el carbono 5' de la pentosa del nucleótido siguiente. En consecuencia, el eje del ácido nucleico está constituido por las pentosas y los fosfatos (PO₄³⁻), y las bases nitrogenadas surgen de las pentosas. El extremo de la molécula que contiene la pentosa con el C5' libre se llama extremo 5', y el que posee la pentosa con el C3' libre, extremo 3'.



Referencia 2: Uniones fosfodiéster

Nucleótido:



T: Timina

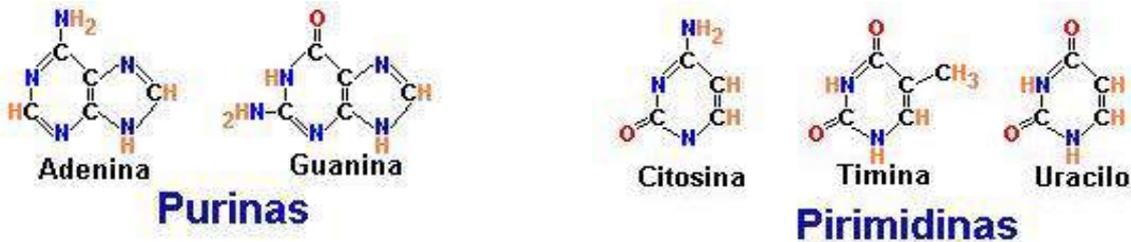
A:

Adenina

Las pentosas son de dos tipos: **desoxirribosa** en el ADN y **ribosa** en el ARN. La diferencia entre estos azúcares es que la desoxirribosa tiene un átomo de oxígeno menos

Las **bases nitrogenadas** que se encuentran en los ácidos nucleicos son también de dos tipos: pirimidinas y purinas. Las **pirimidinas** poseen un anillo heterocíclico, mientras que las **purinas** tienen dos anillos fusionados entre sí. En el ADN, las pirimidinas son la timina (T) y la citosina (C), las purinas, la adenina (A) y la guanina (G). El ARN contiene uracilo (U) en lugar de timina. Existen tres diferencias fundamentales entre el ADN y el ARN. Como se acaba de señalar, el ADN tiene

desoxirribosa y timina (T) y el ARN posee ribosa y uracilo (U). Otra diferencia es que la molécula de ADN es siempre doble (contiene dos cadenas polinucleotídicas)



Los **nucleótidos**, además de actuar como bloques para la construcción de los ácidos nucleicos son utilizados para depositar y transferir energía química. Por ejemplo: dos uniones fosfato terminales del ATP contienen gran cantidad de energía. Cuando se produce la hidrólisis de estas uniones, la energía liberada puede ser usada por la célula para realizar sus actividades

Toda la información genética de un organismo vivo se encuentra acumulada en la secuencia lineal de las cuatro bases de sus ácidos nucleicos. La estructura primaria de todas las proteínas (es decir, la cantidad y la secuencia de sus aminoácidos) es codificada por un alfabeto de cuatro letras (A, T, G, C)= código genético

Datos de la estructura del ADN:

- En cada molécula de ADN la cantidad de adenina es igual a la de timina (A = T)
- La de citosina igual a la de guanina (C = G)
- El número de purinas es idéntico al de pirimidinas (A + G = C + T).



El ADN es una doble hélice

Debido a esta propiedad, la separarse las cadenas durante la duplicación del ADN, cada cadena individual sirve de molde para la síntesis de una nueva cadena complementaria. De este modo se generan dos moléculas hijas de ADN con la misma constitución molecular que poseía la progenitora

ARN: La estructura del ARN es semejante a la del ADN, excepto por la presencia de ribosa en lugar de desoxirribosa y de uracilo en lugar de timina. Además, la molécula de ARN está formada por una sola cadena de nucleótidos.

Existen tres clases principales de ARN: (Los tres intervienen en la síntesis proteica)

- **1) ARN mensajero (ARNm):** lleva la información genética copiada del ADN que establece la secuencia de los aminoácidos en la proteína (Es una molécula monocatenaria, complementaria a una hebra de ADN)
- **2) ARN ribosómico (ARNr):** representa el 50% de la masa del ribosoma (el otro 50% son proteínas), que es la estructura que proporciona el sostén molecular para las reacciones químicas que dan lugar a la síntesis proteica

- **3) ARN de transferencia (ARNt):** identifican y transportan a los aminoácidos hasta el ribosoma (Presenta en su estructura nucleótidos que poseen bases metiladas y que corresponden a un 10% de los nucleótidos totales que la conforman)

En las moléculas de ARN suelen existir tramos con bases complementarias, lo que da lugar a **puentes de hidrógeno**, es decir, a la formación de pares de nucleótidos A-U y C-G entre varias regiones de la misma molécula.

HIDRÁTOS DE CARBONO: (También nombrados como “sacáridos” o “carbohidratos”)

Características:

- Compuestos por carbono, hidrógeno y oxígeno (**COH**)
- Representan la principal fuente de **energía** para la célula
- Son constituyentes estructurales importantes de las membranas celulares y de la matriz extracelular.
- **Sus funciones son:** Reserva de energía- función estructural- comunicación intercelular

De acuerdo con el número de monómeros que contienen, se clasifican en:

- **Monosacáridos:** son azúcares simples con una fórmula general $C_n(H_2O)_n$. Sobre la base del número de átomos de carbono que contienen, se clasifican en triosas, tetrosas, pentosas y hexosas. (tienen una función energética de proporcionar energía)
 1. **Homopolisacáridos:** Formados por un solo tipo de monosacárido: Almidón, glucógeno, celulosa, quitina.
 2. **Heteropolisacáridos:** Son polímeros de más de un tipo de monosacáridos: Hemicelulosa, agar-agar, gomas

-Grupo terminal aldehído --> Aldosas --> ej:Glucosa

Grupo terminal cetona --> Cetosas --> ej:Fructosa

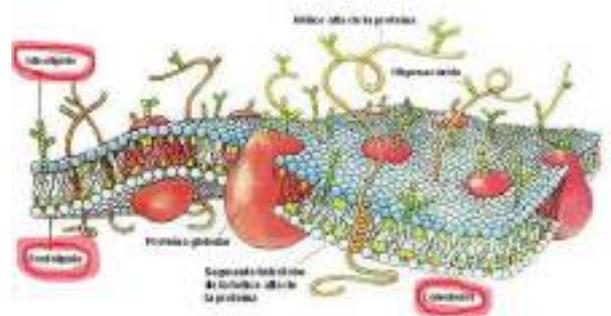


- **Disacáridos:** son azúcares formados por la combinación de dos monómeros de hexosa, con la correspondiente pérdida de una molécula de agua. Por lo tanto, su fórmula es $C_{12}H_{22}O_{11}$. Un disacárido importante en los mamíferos es la lactosa (glucosa + galactosa), el azúcar de la leche.
- **Oligosacáridos:** En el organismo los oligosacáridos no están libres sino unidos a lípidos y a proteínas, de modo que son parte de glicolípidos y de glicoproteínas. Estos hidratos de carbono son cadenas —a veces ramificadas— compuestas por distintas combinaciones de varios tipos de monosacáridos.
- **Polisacáridos:** Los polisacáridos resultan de la combinación de muchos monómeros de hexosas, con la correspondiente pérdida de moléculas de agua. Su fórmula es $(C,H,O)_n$. Al hidrolizarse dan lugar a monosacáridos. Los polisacáridos como el almidón y el glucógeno representan las sustancias de reserva alimenticia de las células vegetales y animales, respectivamente. Otro polisacárido, la celulosa, es el elemento estructural más importante de la pared de la célula vegetal
 - Existen polisacáridos complejos llamados **glicosaminoglicanos (GAG)**, que están compuestos por una sucesión de una misma unidad disacárida en la que uno de los dos monómeros es un ácido glucurónico, un ácido idurónico o una galactosa, y el otro posee un grupo amino, puesto que es una

N-acetil-glucosamina o una N-acetilgalactosamina (Ej de GAG: ácido hialurónico, el condroitinsulfato, el dermatansulfato, el heparansulfato y el queratansulfato). Casi todos los GAG se encuentran ligados a proteínas, con las que forman **glicoproteínas** complejas llamadas proteoglicanos. Estas moléculas prevalecen en el medio extracelular.

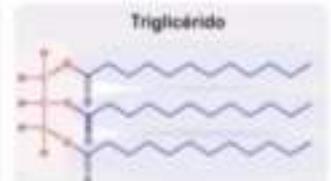
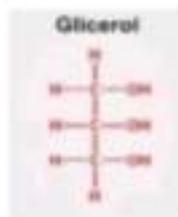
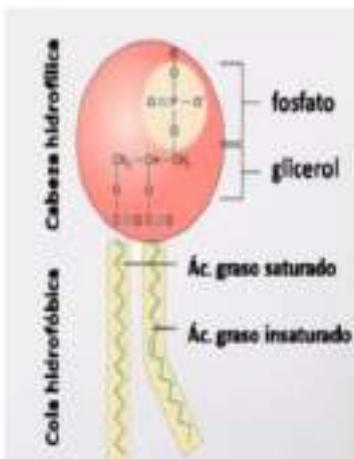
LÍPIDOS:

Son un grupo de moléculas caracterizadas por ser insolubles en agua y solubles en los solventes orgánicos. Tales propiedades se deben a que poseen largas cadenas hidrocarbonadas alifáticas o anillos bencénicos, que son estructuras no polares o hidrofóbicas. En algunos lípidos esas cadenas pueden estar ligadas a un grupo polar que les permite unirse al agua.



Los lípidos más comunes de la célula son:

- **Triglicéridos** (o triacilgliceroles): son triésteres de ácidos grasos con glicerol. Sirven como **reserva de energía** para el organismo. Sus ácidos grasos liberan gran cantidad de energía cuando son oxidados, más del doble de la que liberan los hidratos de carbono (en los animales se acumulan en tejidos grasos adiposos)
- **Fosfolípidos**: moléculas anfipáticas. Son los principales compuestos que van a integrar las membranas celulares, se forman con glicerol más dos moléculas de ácido graso (**ayudan a mantener su fuerza, flexibilidad e integridad**). En las células existen dos clases:
 1. Los **glicerofosfolípidos** tienen dos ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol.
 2. El **esfingofosfolípido** existente en las células es la esfingomielina, que se genera por la combinación de la fosforilcolina con la ceramida.



- **Glicolípidos**: lípidos que están unidos a hidratos de carbono. Cumplen función estructural cuando se los encuentra ubicados en la membrana plasmática. Y tienen como función principal la **señalización y la caracterización celular** (son receptores antigénicos, es decir, producen anticuerpos). Se clasifican en:

1. **Cerebrósidos**, se forman por la unión de una glucosa o una galactosa con la ceramida.
 2. **Gangliósidos**, su estructura es similar a la de los cerebrósidos, pero el hidrato de carbono es un oligosacárido integrada por varios monómeros, uno a tres de los cuales son ácidos siálicos.
- **Esteroides**: (función estructural en el caso del colesterol y señalización en el caso de hormonas) derivan de un compuesto denominado ciclopentanoperhidrofenantreno. El más común es el

colesterol (función estructural) que se puede encontrar en la membrana celular (la biosíntesis de las hormonas esteroideas es necesaria para mantener la función reproductiva y la homeostasis en general). Hay otros como la vitamina D, testosterona, cortisol, etc.

PROTEÍNAS:

Características:

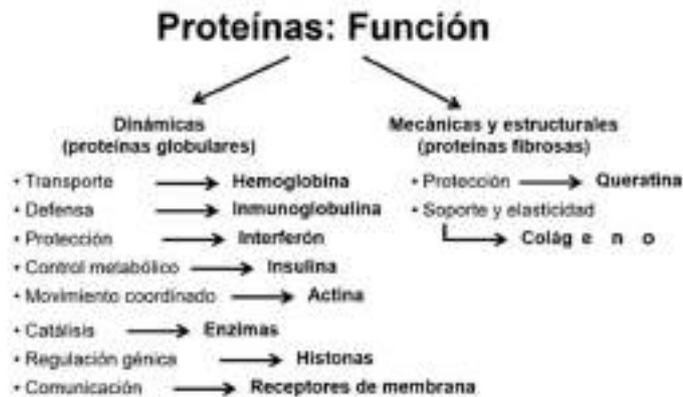
- Las proteínas están formadas por los monómeros que van a ser los aminoácidos, y éstos se van a unir mediante uniones peptídicas, para formar los polímeros. Un **aminoácido** es un ácido orgánico en el cual el carbono unido al grupo carboxilo está unido también a un grupo amino. Una combinación de dos aminoácidos constituye un **dipéptido**; de tres un **tripéptido**. Cuando se unen entre sí unos pocos aminoácidos, el compuesto es un **oligopéptido**. Finalmente, un **polipéptido** está formado por muchos aminoácidos.
- El término proteína sugiere que todas las funciones básicas de las células dependen de proteínas específicas. Se puede decir que sin proteínas la vida no existiría; están presentes en cada célula y en cada orgánulo. Además, pueden ser **estructurales** o **enzimáticas**.
- Existen proteínas conjugadas, unidas a porciones no proteicas. A esta categoría pertenecen las **glicoproteínas** (asociadas con hidratos de carbono), las **nucleoproteínas** (con ácidos nucleicos), las **lipoproteínas** (transportan grasas por todo el organismo. La “lipoproteína de baja densidad” transporta colesterol desde el hígado a todos los tejidos que lo requieran, mientras que la “lipoproteína de alta densidad” remueve el colesterol sobrante de las células y los lleva al hígado. Cuando el colesterol LDL se encuentra en exceso, no puede ingresar a todas las células del organismo y queda retenido en la circulación, causando problemas. En cambio, el colesterol HDL es beneficioso para el organismo ya que permite remover el colesterol en exceso de la circulación) y las **cromoproteínas**, que tienen como grupo prostético un pigmento.
- Los **priones** son proteínas infecciosas causantes de encefalopatías espongiiformes transmisibles, que afectan a los animales y al hombre

En la estructura de las proteínas se distinguen cuatro niveles sucesivos de organización:

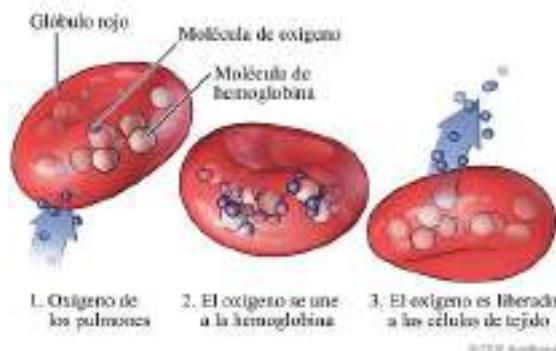
- **Estructura primaria:** comprende la secuencia de los aminoácidos que forman la cadena proteica. Tal secuencia determina los demás niveles de organización de la molécula.
- **Estructura secundaria:** alude a la configuración especial de la proteína, que deriva de la posición de determinados aminoácidos en su cadena. Así, algunas proteínas tienen una forma cilíndrica denominada **hélice α** ; en ella la cadena polipeptídica se enrolla en torno a un cilindro imaginario debido a que se forman puentes de hidrógeno entre los grupos amino de algunos aminoácidos y los grupos carboxilo de otros situados cuatro posiciones más adelante. Otras proteínas exhiben una estructura llamada **hoja plegada β** ; en ella la molécula adopta la configuración de una hoja plegada debido a que se unen mediante puentes de hidrógeno laterales, grupos amino con grupos carboxilo de la misma cadena polipeptídica.
- **Estructura terciaria:** es consecuencia de la formación de nuevos plegamientos en las estructuras secundarias hélice α y hoja plegada β , lo que da lugar a la **configuración tridimensional de la proteína**. Los nuevos plegamientos se producen porque se relacionan químicamente ciertos aminoácidos

distantes entre sí en la cadena polipeptídica. Según el plegamiento que adoptan, se generan proteínas fibrosas o globulares.

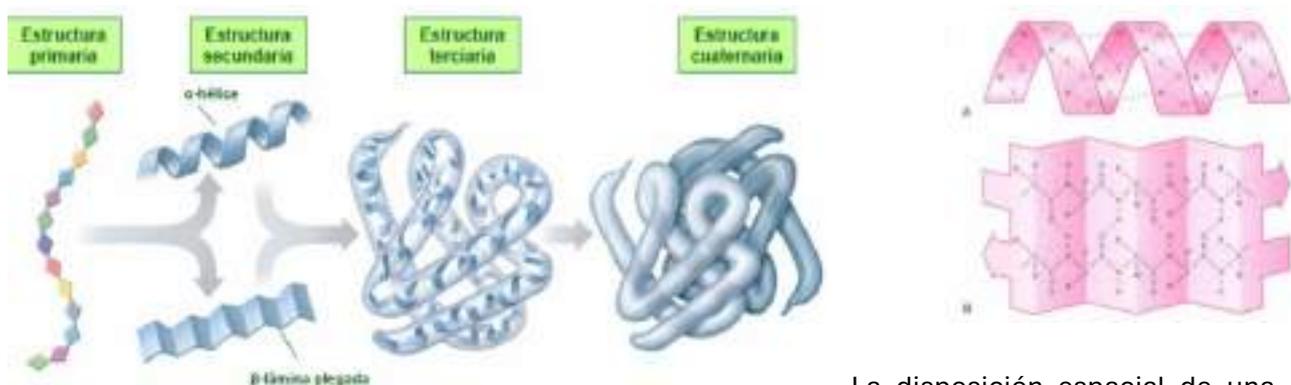
- Las **proteínas fibrosas** se forman a partir de cadenas polipeptídicas con estructura secundaria tipo hélice α exclusivamente.
- Las **proteínas globulares** se forman tanto a partir de hélices α como de hojas plegadas β , o de una combinación de ambas.



- **Estructura cuaternaria:** resulta de la combinación de dos o más polipéptidos, lo que origina moléculas de gran complejidad. Ejemplo: hemoglobina (los glóbulos rojos contienen cientos de moléculas de hemoglobina que transportan el oxígeno hacia las células)



Las líneas punteadas de la segunda imagen son puentes de H



La disposición espacial de una molécula proteica se halla predeterminada por la secuencia de sus aminoácidos (estructura primaria). Los restantes niveles de organización dependen del establecimiento de diferentes tipos de uniones químicas entre los átomos

de los aminoácidos. Así, se producen uniones covalentes y varios tipos de interacciones débiles, es decir, uniones no covalentes. Entre estas últimas se encuentran

- **Uniones no covalentes:**
 - a) Puentes de hidrogeno
 - b) Unión iónica o electrostática
 - c) Hidrofóbicas: repelan el agua haciendo que la estructura globular sea más compacta
 - d) Van de Waals

La diferencia entre estas 2 uniones es la cantidad de energía para romperlas. En las covalentes se rompe por la intervención de enzimas.

SESIÓN 3:

INSTRUMENTOS UTILIZADOS Y NIVELES DE ORGANIZACIÓN:

<i>Dimensión</i>	<i>Rama</i>	<i>Estructura</i>	<i>Método</i>
> 0.1 mm	Anatomía	Organos	Ojo y lente simple
100-10 µm	Histología	Tejidos	Varios tipos de microscopios ópticos
10-0.2 µm	Citología	Células Bacterias	Varios tipos de microscopios ópticos
200-0.4 nm	Morfología submicroscópica Ultraestructura	Componentes celulares Virus	Microscopía electrónica
< 1 nm	Estructura molecular y atómica	Posición de los átomos	Difracción de rayos X

1 mm equivale a 1.000 µm; 1 µm, a 1.000 nm.

Los límites que separan el estudio de los sistemas biológicos en diferentes niveles, están impuestos artificialmente por el poder de resolución de los instrumentos utilizados. El ojo humano solo puede resolver dos puntos separados por más de 0.1 mm. La mayoría de las células son mucho más pequeñas y para estudiarlas se necesita el poder de resolución del **microscopio óptico** (0.2 µm). La mayor parte de las subestructuras celulares son más pequeñas aún y requieren la resolución de **microscopio electrónico**. Con este instrumento se puede obtener información de subestructuras que miden entre 0.4 y 200 nm, lo cual amplía el campo de observación hasta el mundo de las macromoléculas. Por otra parte, los estudios de la configuración molecular de las proteínas, los ácidos nucleicos y otros complejos moleculares de gran tamaño -incluidos algunos virus- se realizan mediante el análisis de las muestras por **difracción de rayos X**.

El **microscopio óptico** permite un aumento de 500 veces con respecto a la resolución del ojo, y el microscopio electrónico un aumento 500 veces mayor que el microscopio óptico.

- **Límite de resolución:** mínima distancia que debe existir entre dos puntos para que puedan ser discriminados como tales.
- **Poder de resolución:** capacidad del instrumento para brindar imágenes distintas de puntos muy cercanos.
- **El límite de resolución es inversamente proporcional al poder de resolución.**

- **Microscopio óptico:** el límite de resolución del microscopio óptico no puede exceder los 170 nm cuando se usa luz monocromática (violeta). En cambio, con luz blanca el poder resolutivo es de 250 nm.
- Es posible observar células vivas mediante **microscopios de contraste de fase** y de **interferencia diferencial**. El microscopio de interferencia permite determinar cambios en el índice de refracción, mientras que el microscopio de fase solo revela las discontinuidades más notables.
- **El microscopio de fondo oscuro** permite descubrir estructuras más pequeñas que las visualizadas con el microscopio óptico común. Con el condensador de campo oscuro la luz directa no ingresa en el objetivo, de modo que el fondo aparece oscuro y el material brillante.
- **El microscopio de polarización** se basa en el comportamiento de ciertos componentes celulares y tisulares cuando son observados con luz polarizada.

Preparación de muestras:

1. **Obtención de la muestra:** con instrumental adecuado para no dañar las estructuras.
2. **Fijación:** con formol para evitar la degradación enzimática de la célula.
3. **Deshidratación.**
4. **Inclusión:** en parafina para formar el denominado taco que permite conservar a la muestra por un tiempo indefinido.
5. **Corte:** son secciones en cortes ultrafinos utilizando un micrótomo.
6. **Coloración (MO) / Contrastado (ME)**

Todas estas técnicas conducen a la muerte de la célula y más aún, a cambios químicos y morfológicos que no se encuentran en células activas en la matriz extracelular.

- **Microscopia óptica:** Se aplican diversos métodos para visualizar las células y las estructuras subcelulares y para determinar la localización intracelular de moléculas específicas usando el microscopio óptico.
- **Microscopia electrónica:** La microscopia electrónica, con una resolución aproximada cien veces mayor que la del microscopio óptico, se utiliza para analizar los detalles de la estructura celular. Existen dos tipos de microscopio electrónico:
 - **Microscopio electrónico de transmisión:** con este tipo de microscopio electrónico, el poder de resolución aumentó cerca de mil veces respecto al microscopio óptico. En él, los electrones atraviesan el preparado. Permite conocer la ultraestructura de las células y de la matriz extracelular.
 - **Microscopio electrónico de barrido:** en este tipo de microscopio, el preparado es barrido por un haz continuo de partículas. Su poder de resolución es menor que el del microscopio electrónico de transmisión, pero permite obtener representaciones tridimensionales vívidas de las células y de las estructuras celulares.
- **Microscopia óptica de superresolución:** Diferentes métodos de superresolución de microscopia fluorescente rompen la barrera de difracción y aumentan la resolución de microscopia óptica a 10-100 nm.

DIFERENCIAS ENTRE CÉLULAS EUCARIOTAS Y PROCARIOTAS:

	<i>Procariontas</i>	<i>Eucariotas</i>
Envoltura nuclear	Ausente	Presente
ADN	Desnudo	Combinado con proteínas
Cromosomas	Únicos	Múltiples
Nucléolos	Ausentes	Presentes
División	Fisión binaria	Mitosis o meiosis
Ribosomas	70S* (50S + 30S)	80S (60S + 40S)
Endomembranas	Ausentes	Presentes
Mitochondrias	Ausentes	Presentes
Cloroplastos	Ausentes	Presentes en células vegetales
Pared celular	No celulósica	Celulósica en células vegetales
Exocitosis y endocitosis	Ausentes	Presentes
Citoesqueleto	Ausente	Presente

La principal diferencia entre ambos tipos celulares es que los procariotas no poseen envoltura nuclear. El cromosoma de los procariotas ocupa un espacio dentro de la célula denominado nucleoide y se halla en contacto directo con el resto del protoplasma. En cambio, las células **eucariotas** poseen un **núcleo verdadero** con una complicada envoltura nuclear, a través de la cual tienen lugar los intercambios nucleocitoplasmáticos.

Una de sus semejanzas es que ambos tipos de organismos utilizan un mismo código genético y una maquinaria similar para sintetizar proteínas.

ORGANIZACIÓN GENERAL DE LAS CÉLULAS PROCARIOTAS:

➤ **BACTERIAS**

Por ejemplo *Escherichia coli* que en soluciones acuosas de iones inorgánicos, glucosa, aminoácidos y nucleótidos, donde duplica su masa y se divide en aproximadamente 20 minutos. Además esta no se colorea con el método de tinción desarrollado por el microbiólogo H. C, es decir es una **bacteria gramnegativa**.

La **membrana plasmática** de esas bacterias está rodeada por una **pared celular**, la cual sirve de protección mecánica, es rígida y consta de **dos capas** (ambas están separadas por el **espacio periplasmático**):

- **Una interior de peptidoglicano:** El peptidoglicano es una macromolécula continua compuesta por carbohidratos inusuales unidos por péptidos cortos.
- **Membrana externa:** la membrana externa es una bicapa de lipoproteínas y lipopolisacárido
 - Uno de los complejos proteicos presentes en la membrana externa lleva el nombre de **porina** debido a que forma un canal transmembranoso que permite la libre difusión de los solutos.

La **membrana plasmática** es una estructura **lipoproteica** que sirve de barrera para los elementos presentes en el medio circundante. Controla la entrada y salida de los solutos, contribuye al establecimiento de un medio perfectamente regulado en el protoplasma de la bacteria. En los procariotas los complejos proteicos de la cadena respiratoria y los fotosistemas utilizados en la fotosíntesis se localizan en la membrana plasmática.

En el **protoplasma** (que contiene agua, iones, otros tipos de ARN, proteínas estructurales y enzimáticas, diversas moléculas pequeñas, etcétera) se encuentran partículas denominadas **ribosomas**, compuestas por

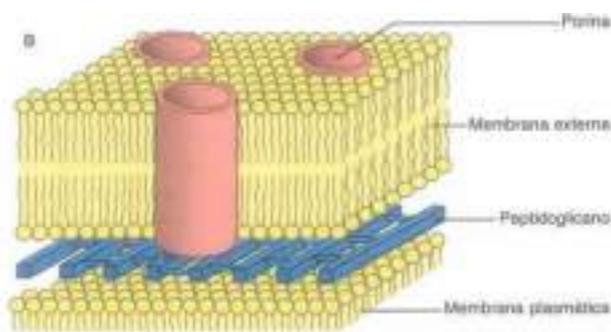
ácido ribonucleico (ARN) y proteínas; se hallan agrupados en polirribosomas y en ellos tiene lugar la síntesis proteica.

El **cromosoma** bacteriano es una molécula circular única de ADN desnudo, plegado apretadamente dentro del **nucleoide**.

El cromosoma de los procariontes se halla unido a la membrana plasmática. Se cree que esta fijación contribuye a la separación de los dos cromosomas hijos después de la replicación del ADN.

Algunas bacterias contienen un ADN pequeño — también circular — denominado plásmido.

Entre los organismos vivos que poseen la masa más pequeña, los que mejor se adaptan para su estudio son las pequeñas bacterias llamadas **micoplasmas**, las cuales producen enfermedades infecciosas en diferentes animales y en el hombre



➤ **VIRUS:**

Los virus no son considerados células verdaderas. Aunque participan de algunas propiedades celulares — como la autorreproducción, la herencia y la mutación génica—, dependen de **células huésped** (procariontes o eucariotas) para ponerlas de manifiesto. Fuera de la célula huésped los virus son metabólicamente inertes y hasta pueden cristalizarse; se activan (es decir, se reproducen) cuando ingresan en una célula.

Su estructura muestra diferentes grados de complejidad. Muchos presentan simetría icosaédrica; ésta deriva del modo como se combinan entre sí ciertas unidades proteicas llamadas capsómeros, que forman la envoltura del virus, o cápside.

De acuerdo con el tipo de ácido nucleico que poseen, existen dos tipos de virus:

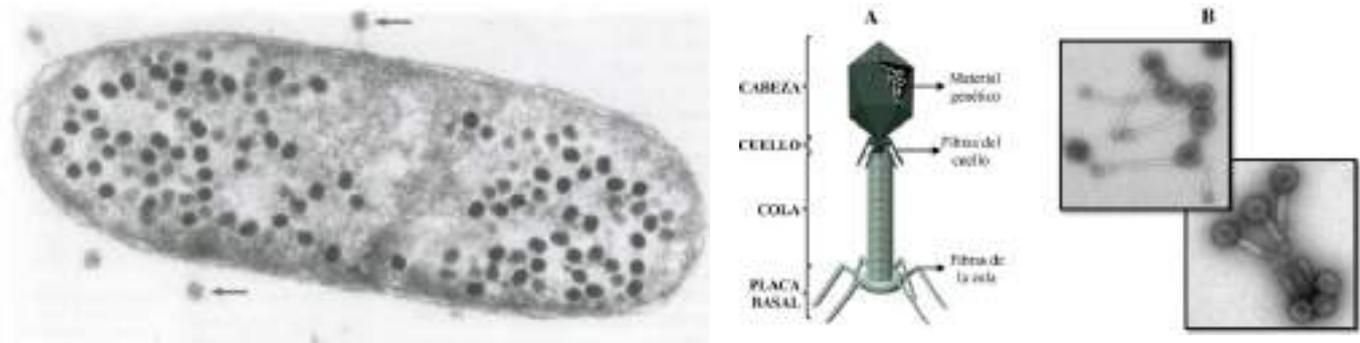
1. Los **retrovirus**, que contienen ARN (por ejemplo, el virus del sida)
2. Los virus **bacterianos o bacteriófagos**, que contienen ADN.

Los virus replican sus genes para reproducirse. También los transcriben (en ARN mensajeros), pero *dependen de la maquinaria biosintética de la célula huésped (es decir, ribosomas, ARN de transferencia, enzimas, aminoácidos, etc.) para sintetizar sus proteínas* (por ejemplo, los capsómeros).

Los virus que usan a células bacterianas como huéspedes se llaman **bacteriófagos**. El ADN se localiza en la cabeza del bacteriófago y es inyectado en la bacteria por medio de una cola que se adhiere a la pared de la célula huésped y actúa como una jeringa. Los nucleótidos resultantes son utilizados para sintetizar el ADN de los nuevos bacteriófagos. A partir de este ADN se sintetizan los ARN mensajeros y las proteínas estructurales de

los virus. Finalmente, se reúnen todos estos componentes y se arman los bacteriófagos maduros dentro de la bacteria infectada.

Escherichia coli repleta de virus: (bacteriófago)



Cuando se trata de virus que infectan a células eucariotas, el proceso es más complejo. Así, el ADN o el ARN del virus se replica en el núcleo de la célula huésped y las proteínas virales se sintetizan en los ribosomas citoplasmáticos. Luego, los nuevos componentes virales se combinan entre sí en el interior de la célula.

Para concluir el estudio de los virus, comparémoslos con las células verdaderas, esto responde la siguiente pregunta: ¿Por qué los virus no son considerados células?

CÉLULAS	VIRUS
un programa genético específico que permite la formación de nuevas células similares a las predecesoras	SI
una membrana plasmática que regula los intercambios entre el interior y el exterior de la célula	NO
una estructura que atrapa la energía de los alimentos	NO
una maquinaria que sintetiza proteínas.	SI

El rápido crecimiento y el pequeño tamaño de las bacterias hacen de ellas un elemento excelente para los experimentos en biología molecular, y los virus bacterianos (bacteriófagos) han simplificado el estudio de la genética bacteriana. Uno de los bacteriófagos más importantes es T4, que infecta y se replica en E. coli. La infección con una sola partícula de T4 conduce a la formación de una progenie de aproximadamente 200 partículas virales en 20- 30 minutos. **La célula infectada inicialmente después estalla (se lisa), liberando las partículas virales al medio, donde pueden infectar a nuevas células.** La infección por algunos virus animales, en lugar de matar a la célula huésped, convierten a una célula normal en una célula cancerosa.

1er imagen: virus desnudo

2da imagen: virus con envoltura

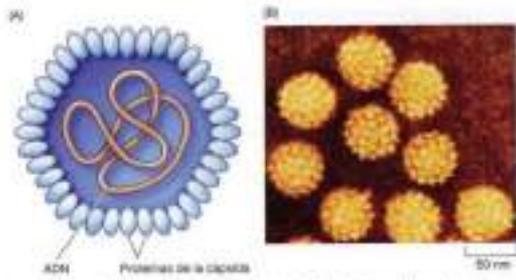
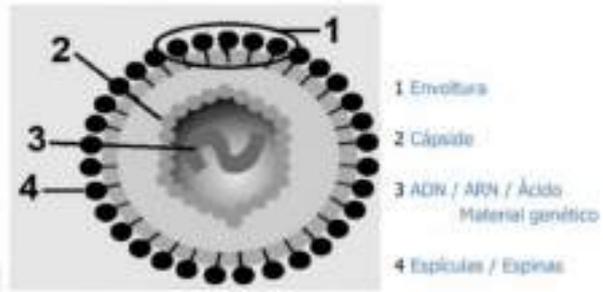


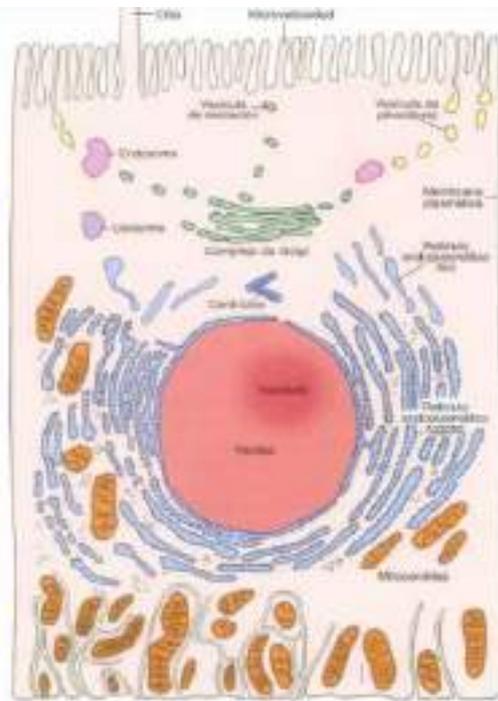
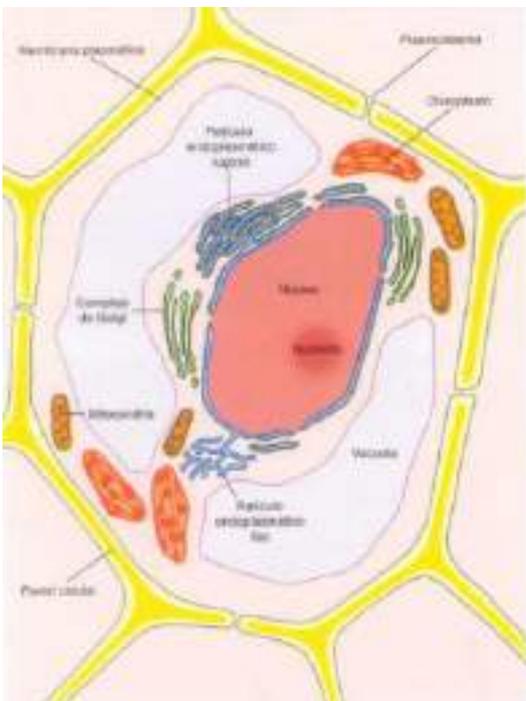
FIGURA 1.45 Estructura de un virus animal. (A) Partículas del papilomavirus que contienen una pequeña molécula de ADN circular encapsulada en una cubierta de proteínas (la cápsida). (B) Micrografía electrónica de partículas del virus del papiloma humano. Se han añadido colores artificiales.

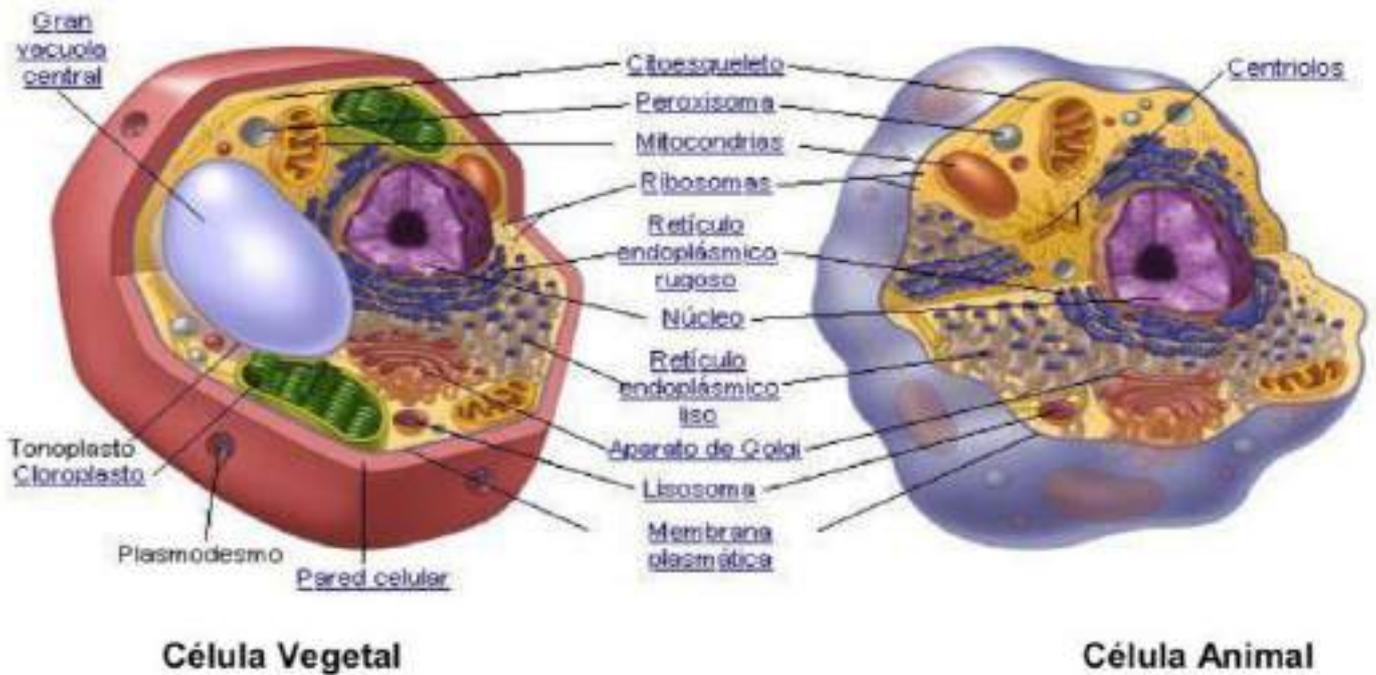


ORGANIZACIÓN GENERAL DE MAS CÉLULAS EUCARIOTAS:

1er imagen: Célula vegetal

2da imagen: Célula animal





(Los **viroides** son los agentes infecciosos de menor complejidad genética y estructural conocidos y representan una forma extrema de parasitismo. A diferencia de los virus, no poseen ni proteínas ni lípidos y están constituidos exclusivamente por moléculas de ARN de cadena simple. Infectan e inducen enfermedades en plantas).

En la célula eucariota en interfase, el núcleo constituye un compartimento separado, limitado por la envoltura nuclear. Otro compartimento está representado por el citoplasma, el cual se halla rodeado por la membrana plasmática, que a menudo muestra diferenciaciones. Cada uno de estos tres componentes principales contiene a su vez varios subcomponentes o **subcompartimentos**.

Existe una gran diversidad morfológica entre las células eucariotas: Las células de un organismo multicelular tienen formas y estructuras variables y se diferencian de acuerdo con sus funciones específicas en los distintos tejidos. Esta especialización funcional hace que las células adquieran características singulares, aun cuando en todas ellas persiste un modelo de organización común.

Algunos tipos celulares, como los leucocitos, cambian de forma constantemente. Otros, como las células nerviosas y la mayoría de las células vegetales, poseen una conformación bastante estable. La forma de una célula depende de sus adaptaciones funcionales, del citoesqueleto presente en su citoplasma, de la acción mecánica ejercida por las células adyacentes y de la rigidez de la membrana plasmática.

La **membrana plasmática** separa el contenido de la célula del medio externo, compuesta por una **bicapa lipídica** continua y **proteínas intercaladas** o adheridas a su superficie.

La membrana plasmática controla de manera selectiva el pasaje de solutos. Además, promueve el ingreso y la salida de macromoléculas mediante procesos llamados endocitosis y exocitosis, respectivamente. En las células animales la membrana plasmática suele poseer abundantes hidratos de carbono, mientras que en las células vegetales su superficie está cubierta por una segunda envoltura de grosor relativamente estable, denominada pared celular.

La célula se halla dividida en numerosos compartimientos rodeados por membranas propias, excepto el citosol, que está envuelto por la membrana plasmática.

El **citosol** (o **matriz citoplasmática**) ha sido definido como el medio interno de la célula. En él se localizan muchos componentes citoplasmáticos esenciales -como los **ribosomas**, los **proteasomas**, etc.- y un sinnúmero de enzimas y otras clases de moléculas que participan en diversas reacciones metabólicas.

Distribuidos por todo el citosol se observan tres tipos de filamentos (los cuales componen una especie de **citoesqueleto** que determina la forma de cada variedad celular):

- **Los filamentos de actina:** Entre sus funciones más salientes se halla la de conferir motilidad (habilidad de moverse independientemente) a las células.
- **Los filamentos intermedios:** Están formados por proteínas fibrosas y tienen principalmente un papel mecánico.
- **Los microtúbulos:** Son estructuras tubulares rígidas. Nacen de una estructura llamada **centrosoma**, en la que se hallan los centríolos. Junto con los filamentos de actina tienen a su cargo el desplazamiento de los orgánulos por el citoplasma. Además, los microtúbulos componen las fibras del huso mitótico durante la división celular.
 - Los **centríolos** son estructuras cilíndricas y sus paredes están formadas por microtúbulos. Si bien se encuentran en los centrosomas, no intervienen en la formación de los microtúbulos (las células vegetales carecen de centríolos y los microtúbulos igualmente se forman). Durante la mitosis los centríolos migran hacia los polos de la célula.

El sistema de endomembranas abarca el complejo de Golgi, el retículo endoplasmático, los endosomas y los lisosomas:

- El **retículo endoplasmático** constituye la parte más extensa del sistema de endomembranas. Está compuesto por sacos aplanados y túbulos. La superficie externa del retículo endoplasmático rugoso se halla cubierta por ribosomas, los cuales sintetizan las proteínas destinadas al sistema de endomembranas y a la membrana plasmática. El retículo endoplasmático liso se continúa con el rugoso e interviene en la síntesis de diversas moléculas. Del retículo endoplasmático deriva la **envoltura nuclear**, compuesta por dos membranas concéntricas. Estas se unen entre sí a nivel de los poros nucleares, que son orificios que permiten el paso de moléculas entre el núcleo y el citosol. La membrana nuclear interna se halla en contacto con los cromosomas, mientras que la externa suele estar cubierta por ribosomas.
- El **complejo de Golgi** está formado por pilas de sacos aplanados, túbulos y vesículas. En él se procesan moléculas provenientes del retículo endoplasmático, las cuales son luego incorporadas a endosomas o son liberadas (secretadas) fuera de la célula por exocitosis.
- Los **endosomas** son orgánulos destinados a recibir enzimas hidrolíticas provenientes del complejo de Golgi, así como el material ingresado en la célula por endocitosis.
- Los **lisosomas** son orgánulos polimorfos derivados de los endosomas. Al igual que éstos, contienen las enzimas hidrolíticas responsables de la digestión de las sustancias incorporadas a la célula por endocitosis. También degradan a las proteínas de la membrana plasmática que ya no se usan y a los orgánulos obsoletos (autofagia).

Las mitocondrias y los plástidos son orgánulos fundamentales para el funcionamiento celular:

Las **mitocondrias** se encuentran prácticamente en todas las células eucariotas. Son estructuras cilíndricas que poseen dos membranas.

- La **membrana mitocondrial externa** está separada de la membrana interna por el espacio intermembranoso.
- La **membrana interna** rodea a la matriz mitocondrial y se halla plegada. La membrana interna y la matriz mitocondrial contienen numerosas enzimas que intervienen en la extracción de la energía de los alimentos y en su transferencia al ATP.

Las células vegetales poseen organoides denominados **plástidos**, ausentes en las células animales. Algunos como los leucoplastos, son incoloros y participan en el almacenamiento del almidón. Otros contienen pigmentos y se denominan cromoplastos; entre los más importantes se encuentran los **cloroplastos**, con un pigmento verde llamado clorofila. El cloroplasto posee dos membranas, una estroma y un compartimiento singular formado por sacos aplanados denominados tilacoides. En los cloroplastos tiene lugar la fotosíntesis, que es el proceso mediante el cual las plantas captan la energía de la luz y, con el aporte de H₂O y CO₂, sintetizan diversos compuestos orgánicos que aprovechan como alimento y que sirven para alimentar a los organismos heterótrofos.

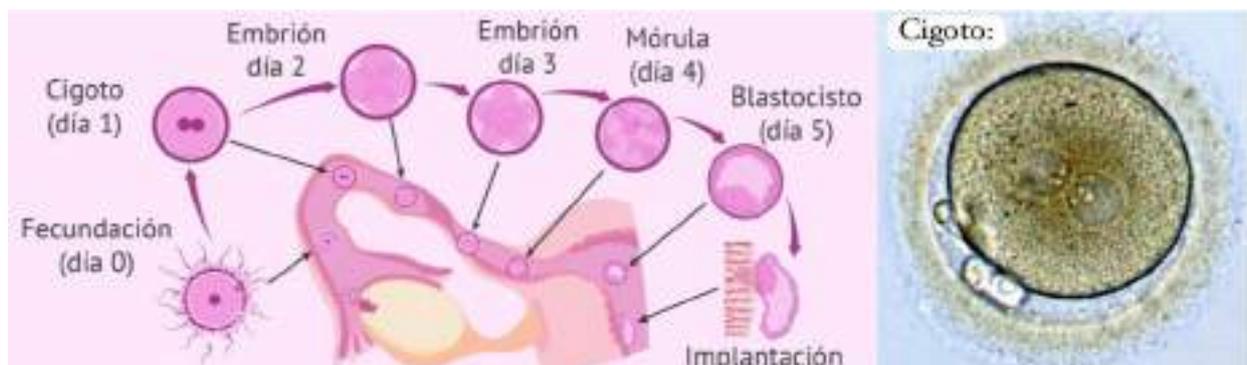
Tanto las mitocondrias como los cloroplastos contienen cromosomas circulares pequeños, cuyos genes forman ARNt, ribosomas y unos pocos ARNm necesarios para elaborar algunas proteínas pertenecientes a los propios organoides.

Los peroxisomas tienen funciones destoxificantes: Contienen enzimas vinculadas con la degradación del peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y una de sus funciones es proteger a la célula.

La presencia del núcleo caracteriza a la célula eucariota:

- En las células esféricas, cúbicas y poliédricas el núcleo suele ser esférico, mientras que en las cilíndricas y fusiformes suele ser elipsoidal.
- De las distintas **células somáticas** (conforman el crecimiento de los tejidos y órganos de un ser vivo pluricelular) el tamaño de los núcleos depende de las proteínas contenidas en ellos.
- En general, existe una proporción óptima entre el volumen del núcleo y el volumen del citoplasma; esta proporción se conoce como relación nucleocitoplasmática.
- Casi todas las células son mononucleadas, pero existen algunas binucleadas

Los organismos multicelulares derivan de una sola célula —el **cigoto**—, y al repetida multiplicación de ésta y de sus descendientes determina el desarrollo y el crecimiento corporal del individuo.



Las células pasan por dos períodos en el curso de sus vidas:

- Uno de **interfase** (no división)
- Otro de **división** (en el cual se producen dos células hijas).

La función esencial del núcleo es proporcionar a la célula la información genética almacenada en el ADN.

Las moléculas de ADN se duplican durante un período especial de la interfase denominado fase S (por síntesis de ADN), en preparación para la división celular.

Durante la interfase la información contenida en los genes es transcrita en diferentes clases de moléculas de ARN (mensajero, ribosómico y de transferencia), las cuales, después de pasar al citoplasma, traducen esa información y sintetizan proteínas específicas.

En el núcleo interfásico humano se reconocen las siguientes estructuras

1. La **envoltura nuclear o carioteca**, compuesta por dos membranas perforadas por orificios llamados poros nucleares;
2. La **matriz nuclear o nucleoplasma**, que ocupa gran parte del espacio nuclear;
3. El **nucléolo**, que es más grande en las células con síntesis proteica muy activa, por lo general esférico; puede ser único o múltiple y en él se sintetizan los ARN ribosómicos, los cuales se asocian con numerosas proteínas para formar los ribosomas;
4. **46 cromosomas o fibras de cromatina**; éstas se componen de ADN y de proteínas básicas llamadas histonas.

El ADN y las histonas forman estructuras granulares -conocidas como nucleosomas-. En la interfase pueden verse regiones de eucromatina, donde las fibras se encuentran menos enrolladas, y regiones de heterocromatina, que representan las partes más condensadas de la cromatina.

<i>Principales componentes</i>	<i>Subcomponentes</i>	<i>Función principal</i>
Membrana celular	Pared celular Cubierta celular Membrana plasmática	Protección Interacciones celulares Permeabilidad, exocitosis y endocitosis
Núcleo	Cromosomas Nucléolo	Información genética Síntesis de ribosomas
Citosol	Enzimas solubles Ribosomas	Glucólisis Síntesis proteica
Citosqueleto	Filamentos intermedios Microtúbulos y centrosoma Filamentos de actina	Forma y movilidad de la célula
Estructuras microtubulares	Cuerpos basales y cilios Centríolos	Movilidad ciliar
Organoides del sistema de endomembranas	Retículo endoplasmático Complejo de Golgi Endosomas y lisosomas	Síntesis y procesamiento de lípidos y glúcidos Digestión
Otros orgánoides	Mitocondrias Cloroplastos Peroxisomas	Síntesis de ATP Fotosíntesis Destoxificación

Los núcleos de las células somáticas contienen dos juegos de cromosomas homólogos:

Los organismos pluricelulares que se reproducen sexualmente se desarrollan a partir de una sola célula — el cigoto o célula huevo—, que resulta de la unión de un ovocito con un espermatozoide durante la fecundación.

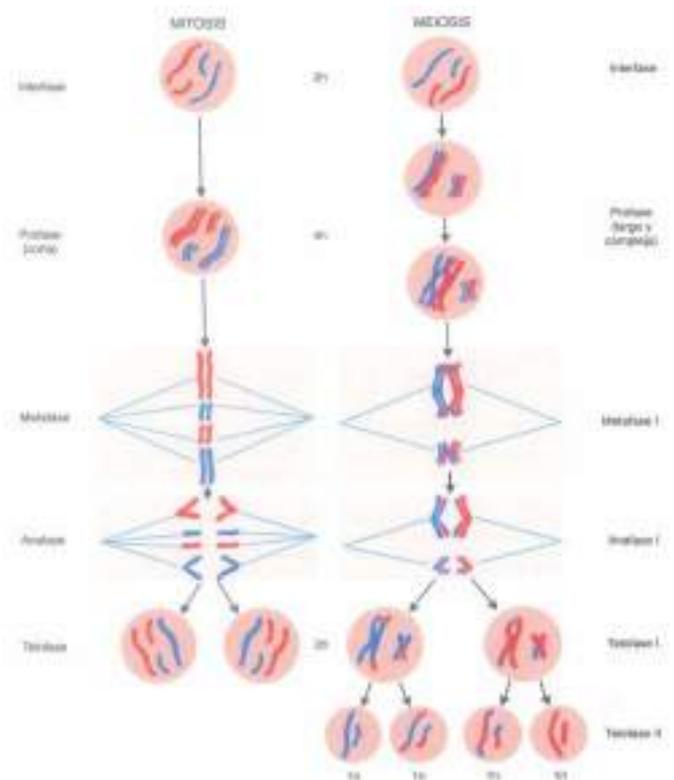
Las células somáticas descendientes del cigoto contienen dos juegos idénticos de cromosomas. Un cromosoma de cada par es aportado por el ovocito y el otro por el espermatozoide.

Los dos miembros de cada par de cromosomas se denominan homólogos. Por ejemplo, el ser humano posee 23 pares de cromosomas, 46 en total. Los homólogos de cada par son prácticamente idénticos, pero los distintos pares de homólogos son diferentes entre sí.

Para hacer referencia a la presencia de los dos juegos de cromosomas homólogos se utiliza la expresión diploide ($2n$). En las células somáticas ambos juegos de cromosomas se conservan durante las sucesivas divisiones celulares a lo largo del desarrollo embrionario, el crecimiento corporal y el mantenimiento de los tejidos en la vida posnatal.

La mitosis mantiene la continuidad y el número diploide de los cromosomas:

La mitosis comprende una serie consecutiva de fases, conocidas como **profase**, **prometafase**, **metafase**, **anafase** y **telofase**. En la foto de al lado se representan dos de los 46 pares de cromosomas homólogos presentes normalmente en las células somáticas humanas. Como se vio, los cromosomas se duplican durante la fase S de la interfase. En la profase temprana cada cromosoma -compuesto por dos fibras de **cromatina** - aparece como un filamento muy delgado. Al final de la profase se convierte en un bastón corto y compacto, dado que se enrollan sus dos fibras de cromatina, que pasan a llamarse cromátidas. Pasada la metafase, en el transcurso de la anafase ambas cromátidas se separan y cada cromátida hija — es decir, cada cromosoma hijo— se dirige a uno de los polos de la célula. Finalmente, en la telofase se forman sendos núcleos a partir de los dos conjuntos de cromosomas separados. La división celular concluye con la partición del citoplasma, conocida como **citocinesis**.



La meiosis reduce los cromosomas a un número haploide:

Si los gametos (óvulo y espermatozoide) fueran diploides, el cigoto resultaría con el doble del número diploide de cromosomas. Para evitarlo, las células sexuales predecesoras de los gametos experimentan un tipo especial de división celular denominado meiosis, en el que el número diploide se reduce a un juego único o haploide ($1n$) en cada gameto formado. El cigoto resultará así nuevamente diploide.

La división meiótica se cumple en los animales y los vegetales.

- En la **profase** de la primera división los cromosomas homólogos se aparean. Además, partes de las cromátidas apareadas suelen intercambiarse de un homólogo a otro. Este fenómeno recibe el nombre de recombinación genética.
- En la **metafase** de la misma división, los bivalentes (o tétradas) se disponen en el plano ecuatorial de la célula.
- En la **anafase** cada cromosoma homólogo —con sus dos cromátidas— se dirige hacia uno de los polos opuestos.

Así que, para resumir:

- **Meiosis:** reproducción sexual, producción de gametos (espermatozoides y óvulos).
- **Mitosis:** reproducción asexual, producción de nuevas células somáticas idénticas.

Separación subcelular: Los orgánulos de las células eucariotas se pueden aislar para su análisis bioquímico mediante la centrifugación diferencial.

CRECIMIENTO DE CÉLULAS MADRES EN CULTIVO:

Los sistemas de cultivo celular in vitro han permitido a los científicos estudiar el crecimiento y diferenciación celular, así como desarrollar manipulaciones genéticas necesarias para entender la estructura y función de los genes. Se utilizan con frecuencia embriones y tumores como material de iniciación, debido a que contienen células de crecimiento rápido.

Las células madre embrionarias han representado un papel importante en el estudio de las funciones de una variedad de genes del desarrollo murino, además de ofrecer la posibilidad de contribuir al tratamiento de enfermedades humanas, al constituir una fuente de tejido para las terapias de trasplante.

Además de sales y glucosa, el medio utilizado para los cultivos de células animales contiene varios aminoácidos y vitaminas, que las células no pueden producir por sí mismas. El medio de crecimiento de muchas células animales en cultivo también incluye suero, que sirve como fuente de factores de crecimiento polipeptídicos que son necesarios para estimular la división celular.

Los cultivos iniciales de células establecidos a partir de un tejido se denominan cultivos primarios. Por ejemplo, los fibroblastos humanos normales admiten desde 50 a 100 duplicaciones de la población, después de las cuales paran de crecer y mueren. Por el contrario, las células que se derivan de tumores con frecuencia proliferan indefinidamente en cultivo y reciben el nombre de líneas celulares inmortales.

Las manipulaciones genéticas de las células animales en cultivo resultan indispensables para el entendimiento de la estructura y función de la célula.

CULTIVO DE CÉLULAS VEGETALES:

Al contrario que los factores de crecimiento polipeptídicos que regulan la proliferación de la mayoría de las células animales, los reguladores del crecimiento de las células vegetales son pequeñas moléculas capaces de atravesar la pared celular vegetal.

Muchos tipos de células vegetales proliferan en cultivo, produciendo una masa de células no diferenciadas denominadas callo

SESIÓN 4:

Membrana plasmática: compuesta por lípidos, proteínas e hidratos de carbono. Su estructura básica es similar a la de las restantes membranas de la célula, las cuales envuelven a los orgánulos del sistema de endomembranas —incluida la envoltura nuclear—, a las mitocondrias y a los peroxisomas.

Ejercen actividades complejas, como las siguientes:

1. Constituyen verdaderas barreras **permeables selectivas** que controlan el pasaje de iones y de moléculas pequeñas, es decir, de solutos. Así, la permeabilidad selectiva de las membranas impide el intercambio indiscriminado de los componentes de los orgánulos entre sí y de los componentes extracelulares con los de la célula.
2. **Delimitar a la célula:** separa contenido intracelular del extracelular.
3. Proveen el **soporte físico** para la actividad ordenada de las enzimas que se asientan en ellas.
4. Mediante la formación de pequeñas vesículas transportadoras hacen posible el **desplazamiento de sustancias por el citoplasma**.
5. La membrana plasmática participa en los procesos de **endocitosis y de exocitosis**. Por el primero, la célula incorpora sustancias desde el exterior; por el segundo, las secreta
6. En la membrana plasmática existen moléculas mediante las cuales las células se reconocen y se **adhieren** entre sí y con componentes de la matriz extracelular
7. La membrana plasmática posee **receptores** que interactúan específicamente con moléculas provenientes del exterior, como hormonas, neurotransmisores, factores de crecimiento y otros inductores químicos. A partir de estos receptores se desencadenan señales que se transmiten por el interior de la célula;

Todo esto le confiere a la membrana:

- A. Polaridad : por los fosfolípidos, ya que estos son moléculas anfipáticas, lo cual significa que tienen una parte hidrófila (que se une al agua) y una parte hidrófoba (que se aleja del agua). En la membrana los fosfolípidos se organizan de tal manera que las colas hidrófobas se enfrentan entre sí, formando una bicapa lipídica, esta organización crea una polaridad en la membrana.
- B. Fluidez: por movimiento de lípidos y proteínas por la membrana creando así el MOSAICO FLUIDO (proteínas y lípidos se inter relacionan logrando estabilidad)
- C. Asimetría: Las dos capas de la bicapa lipídica no son idénticas en su composición
- D. Dominios
- E. Uniones

ESTRUCTURA DE LAS MEMBRANAS CELULARES:

La estructura básica de las membranas celulares corresponde a una bicapa lipídica:

Los lípidos fundamentales de las membranas biológicas son fosfolípidos de distinta clase y colesterol.

Fosfolípidos:

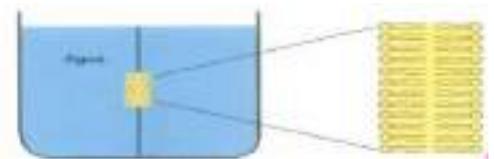
- Entre un aceite y una solución acuosa: (micelas) forman una capa de una molécula de espesor (monocapa), en la que todas las cabezas polares se orientan hacia la solución acuosa y los ácidos grasos se alejan de ella, de modo que los fosfolípidos quedan perpendiculares al plano de la interfase agua/aceite. Más aún, si los fosfolípidos y el aceite son "empujados" hacia el interior de la solución acuosa se forman pequeñas vesículas, con las cabezas de los fosfolípidos en la periferia — en contacto con el medio acuoso— y los ácidos grasos orientados hacia el aceite en el interior vesicular



- En soluciones acuosas puras: (liposomas) los fosfolípidos no forman monocapas sino bicapas que se cierran sobre sí mismas, lo cual da lugar a vesículas llamadas liposomas. Las cabezas polares hidrofílicas de cada monocapa se orientan hacia las soluciones acuosas



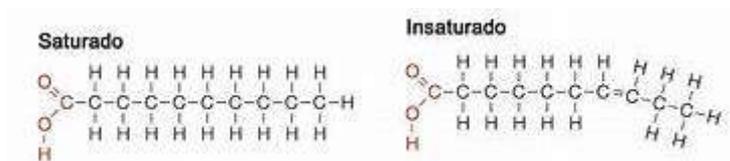
- Cuando se colocan fosfolípidos entre dos soluciones acuosas separadas por un tabique incompleto (balsa lipídica), forman una bicapa lipídica que completa la separación.



Estas bicapas lipídicas artificiales se construyen para estudiar la permeabilidad y las propiedades fisicoquímicas de las membranas biológicas, dado que exhiben una estructura básica y un comportamiento

Los fosfolípidos son los lípidos más abundantes de las membranas celulares:

Debe recordarse que las cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos pueden estar saturadas o no



El fosfolípido que predomina en las membranas celulares es la fosfatidilcolina. Le siguen, en este orden, la fosfatidiletanolamina, la fosfatidilserina, la esfingomiolina y el fosfatidilinositol.

La membrana interna de la mitocondria contiene un fosfolípido doble llamado difosfatidilglicerol o cardiolipina.

El colesterol es un componente cuantitativamente importante de las membranas celulares, especialmente en la membrana plasmática. Debido a que es anfipático, en cada monocapa se dispone entre los fosfolípidos, con el grupo OH del C3' de su núcleo cíclico orientado hacia la solución acuosa. En la membrana del retículo endoplasmático existe un lípido especial llamado dolicol, necesario para la incorporación de los oligosacáridos a las moléculas proteicas durante la formación de algunas glicoproteínas.

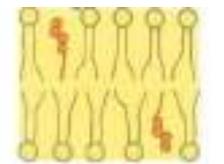
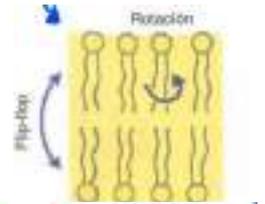


Fig. 3-7. Moléculas de colesterol entre los fosfolípidos de las membranas celulares.

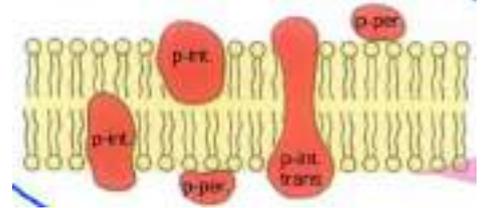
Las dos capas de la bicapa lipídica no son idénticas en su composición, razón por la cual se dice que **las membranas son asimétricas**. La fosfatidiletanolamina, la fosfatidilserina y el fosfatidilinositol predominan en la capa que está en contacto con el citosol, mientras que la fosfatidilcolina y la esfingomiolina predominan en la capa no citosólica (en la membrana plasmática, la que da al exterior; en un organoide, la que da a su cavidad).

Componentes rotan en torno de sus ejes y se desplazan libremente por la superficie membranosa. Además de estos movimientos, los lípidos pueden pasar de una capa a la otra por un tipo de movimiento llamado "flip-flop". Este último movimiento es poco común comparado con la rotación y el desplazamiento lateral.

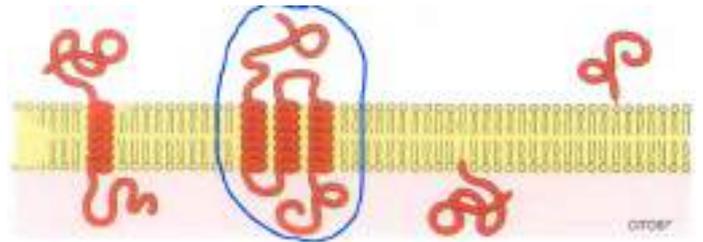


Las proteínas de las membranas celulares se clasifican en integrales y periféricas:

- **Las proteínas periféricas** se hallan sobre ambas caras de la membrana, ligadas a las cabezas de los fosfolípidos o a proteínas integrales por uniones no covalentes. Así, pueden ser extraídas con cierta facilidad mediante tratamientos con soluciones salinas. De la superficie de las proteínas emergen los residuos de los aminoácidos polares, los cuales interactúan con grupos químicos de la propia membrana y de los medios que la bañan.
- **Las proteínas integrales** se hallan empotradas en las membranas, entre los lípidos de la bicapa, por lo que para su extracción se necesitan procedimientos relativamente drásticos, mediante detergentes o solventes especiales. Algunas se extienden desde la zona hidrofóbica de la bicapa hasta una de las caras de la membrana, por donde emergen. Otras, en cambio, atraviesan la bicapa totalmente, de ahí que se las llame transmembranasas



Muchas **proteínas transmembranasas** atraviesan la bicapa lipídica más de una vez — de ahí que se llamen **multipaso-**, por lo que forman una sucesión de asas cuyas curvas emergen por ambas caras de la membrana



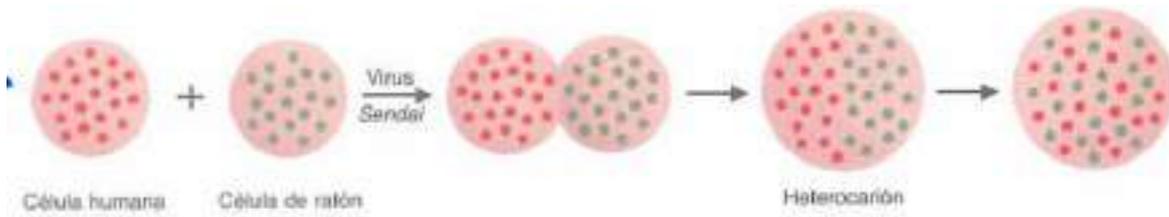
Las membranas celulares responden al modelo llamado de mosaico fluido:

Como los lípidos, las proteínas también pueden girar en torno de sus propios ejes y desplazarse lateralmente en el plano de la bicapa. A esta propiedad dinámica de las membranas biológicas se le da el nombre de **mosaico fluido**. La capacidad de migrar por la bicapa indicaría que las interrelaciones químicas entre proteínas y lípidos son efímeras. Sin embargo, en la mayoría de los casos tienen cierta estabilidad. Así, los lípidos que rodean a una proteína dada se mantienen asociados a ella, lo cual parece ser importante para asegurar la configuración de la proteína.

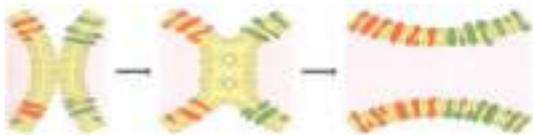
Algunas proteínas de la membrana plasmática tienen restringida su movilidad lateral por hallarse unidas a componentes del citoesqueleto, los cuales las inmovilizan en determinados puntos de la membrana. Por otra parte, la unión oclusiva impide que las proteínas pasen de un lado al otro del límite marcado por ella.

La fluidez de las proteínas en la bicapa lipídica ha sido comprobada mediante distintas técnicas biológicas:

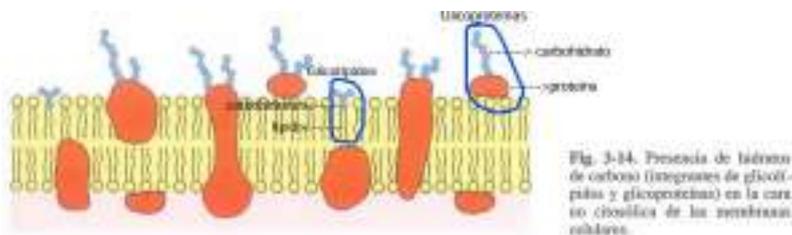
Si en un cultivo celular se fusionan dos células de especies diferentes (por ejemplo, una humana y otra de ratón), se obtiene una célula con dos núcleos llamada **heterocarión**, que comparte los citoplasmas, los núcleos y las membranas plasmáticas de las células participantes



Fusión de 2 membranas celulares:



Los hidratos de carbono de las membranas celulares forman parte de glicolípidos y de glicoproteínas:



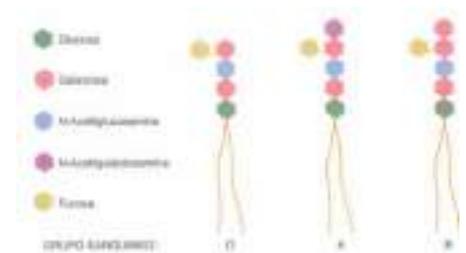
Los hidratos de carbono cumplen funciones relevantes en las membranas celulares:

Los hidratos de carbono de los glicolípidos y de las glicoproteínas que se localizan en la cara externa de la membrana plasmática forman una cubierta llamada **glicocáliz**. Sus funciones son las siguientes:

1. Protegen a la superficie de la célula de agresiones mecánicas y químicas. Por ejemplo, el glicocáliz de las células situadas en la superficie de la mucosa intestinal las protege del contacto con los alimentos y de los efectos destructivos de las enzimas digestivas.
2. Debido a la presencia de ácidos siálicos en muchos de los oligosacáridos del glicocáliz, la carga eléctrica en su superficie es negativa. Ello atrae a los cationes del medio extracelular, que quedan retenidos en la cara exterior de la célula. Esta condición es importante particularmente en las células nerviosas y en las musculares, puesto que necesitan incorporar gran cantidad de Na^+ de fácil disponibilidad durante la despolarización de sus membranas.
3. Algunos oligosacáridos del glicocáliz son necesarios para los procesos de reconocimiento y de adhesión celular.
4. La membrana plasmática que circunda varias veces el axón de algunas neuronas para formar la vaina de mielina contiene abundantes glicolípidos, los cuales contribuyen al aislamiento eléctrico del axón.
5. La especificidad del sistema ABO de grupos sanguíneos se halla determinada por ciertos oligosacáridos muy cortos y parecidos entre sí, presentes en la membrana plasmática de los glóbulos rojos. Estos oligosacáridos sólo difieren por sus monómeros terminales y están ligados a una proteína transmembranosa o a una ceramida, como muestra la figura 3-15. Así, en los eritrocitos pertenecientes al grupo A el monosacárido terminal de la cadena oligosacárida es la N-acetilgalactosamina y en los del grupo B es la galactosa; cuando estos monosacáridos terminales están ausentes los eritrocitos pertenecen al grupo sanguíneo O

6. En las células tumorales malignas se han observado cambios en algunos oligosacáridos membranosos, lo cual ha llevado a postular que influyen en la conducta anómala que ellas asumen. Se cree que alteran la recepción de las señales que controlan las divisiones celulares.
7. Algunas toxinas, bacterias y virus se unen a oligosacáridos específicos presentes en la membrana plasmática de las células que atacan. Por ejemplo, se sabe que algunas bacterias se unen a las manosas de oligosacáridos de la membrana plasmática de las células que infectan como paso previo a su in-vasión. Por otro lado, para iniciar sus acciones patógenas, algunas toxinas—como las que elaboran las bacterias del cólera, del tétanos, del botulismo y de la difteria- se unen selectivamente a oligosacáridos de gangliósidos presentes en la superficie celular.
8. En algunas células, determinadas glicoproteínas del glicocáliz tienen propiedades enzimáticas. Por ejemplo, diversas glicoproteínas pertenecientes al glicocáliz de las células que revisten el intestino son peptidasas y glicosidasas que tienen por función completar la degradación de las proteínas y de los hidratos de carbono ingeridos, iniciada por otras enzimas digestivas.

Los grupos sanguíneos se determinan por las diferentes combinaciones de oligosacáridos (azúcares complejos) presentes en la superficie de glóbulos rojos. Estos oligosacáridos están unidos a proteínas o lípidos, formando glicoproteínas o glicolípidos, respectivamente.



PERMEABILIDAD DE LAS MEMBRANAS CELULARES

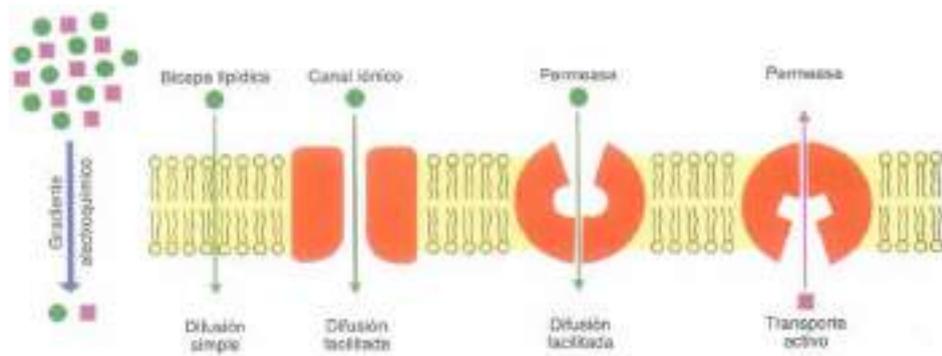
Los solutos y las macromoléculas atraviesan las membranas celulares mediante mecanismos diferentes:

Existe un flujo continuo de sustancias que entran y salen de la célula y circulan por su interior. Para ello, los solutos (es decir, los iones y las moléculas pequeñas) deben pasar a través de las membranas celulares; tal fenómeno se denomina permeabilidad

En lo que respecta a las macromoléculas, para atravesar las membranas algunas utilizan canales proteicos especiales llamados translocones, otras pasan por poros de sofisticada composición y otras se valen de vesículas pequeñas.

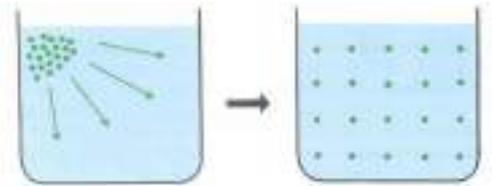
El pasaje de solutos a través de las membranas celulares puede ser pasivo o activo:

- El **transporte pasivo** (sin gasto de energía) se cumple a través de los componentes de la bicapa lipídica o a través de estructuras especiales, constituidas por proteínas transmembranas organizadas para el paso de los solutos; estas estructuras son de dos tipos: los canales iónicos y las permeasas, llamadas también transportadores. El transporte pasivo a través de la bicapa lipídica se denomina difusión simple, y el que se realiza a través de los canales iónicos y las permeasas lleva el nombre de difusión facilitada.
- El **transporte activo** (con gasto de energía) tiene lugar exclusivamente a través de permeasas



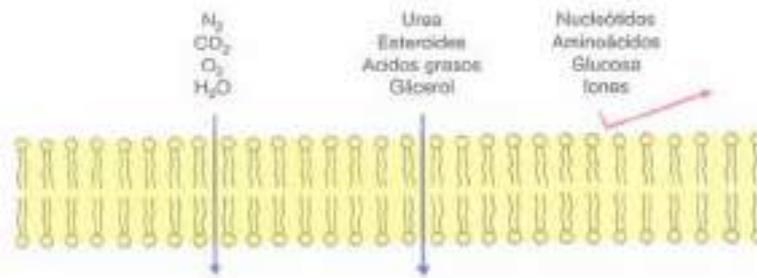
El transporte pasivo de los solutos se produce por difusión:

Cuando se disuelve un soluto en un solvente, las partículas del primero se dispersan en forma progresiva por todo el solvente hasta quedar uniformemente distribuidas. El movimiento del soluto — llamado **difusión** — se realiza desde los sitios en que se halla más concentrado hasta los de menor concentración, con una velocidad proporcional a la diferencia entre las concentraciones. Esta diferencia se denomina gradiente de concentración. Si el soluto posee carga eléctrica, gravita además el gradiente de voltaje o potencial eléctrico que se establece entre los distintos puntos de la solución. La suma de los gradientes de concentración y de voltaje se conoce como gradiente electroquímico.



La **difusión simple** se produce a través de la bicapa lipídica:

- El transporte pasivo de solutos puede también ocurrir entre compartimientos acuosos separados por membranas semipermeables, como lo son las bicapas lipídicas de las membranas celulares. Este tipo de transporte se denomina **difusión simple**.
- Las sustancias que se disuelven en los lípidos atraviesan con cierta facilidad la zona hidrofóbica de las membranas.
- Las **moléculas no polares pequeñas** - como el O₂ el CO₂ y el N₂- difunden libremente a través de las bicapas lipídicas. También lo hacen compuestos liposolubles de mayor tamaño, por ejemplo, los ácidos grasos y los esteroides. A pesar de ser moléculas polares, el glicerol y la urea atraviesan fácilmente las membranas celulares porque son pequeñas y no poseen carga eléctrica.
- La bicapa lipídica de las membranas celulares permite el paso del **agua** por difusión simple. Debido a que el agua constituye el solvente en que se hallan disueltos los solutos y dispersas las macromoléculas, el sentido del movimiento de las moléculas acuosas depende del gradiente osmótico entre ambos lados de la membrana.
- La difusión de las moléculas polares a través de la bicapa lipídica es tanto menor cuanto mayor es su tamaño; las hexosas, los aminoácidos y los nucleótidos, por ejemplo, prácticamente no difunden. En cuanto a **los iones, dada su carga eléctrica se unen a varias moléculas de agua, lo cual les impide atravesar la bicapa lipídica por más pequeños que sean**



La **difusión facilitada** se produce a través de canales iónicos y de permeasas:

La mayoría de las sustancias que atraviesan las membranas celulares a favor de gradientes — es decir, **sin gasto de energía**— lo hacen a una velocidad mayor a la esperable si su pasaje fuera por difusión simple. La diferencia se explica por la presencia de ciertos componentes membranosos proteicos llamados canales iónicos y permeasas, a través de los cuales se facilita — aunque también se regula— la transferencia de los solutos de un lado al otro de la membrana.

En la difusión facilitada la fuerza que impulsa la movilización de las partículas del soluto es el gradiente, y por lo tanto no consume energía. Desde este punto de vista, *la difusión facilitada es similar a la difusión simple; la diferencia reside en que en la primera participan estructuras proteicas reguladoras y en la segunda no.*

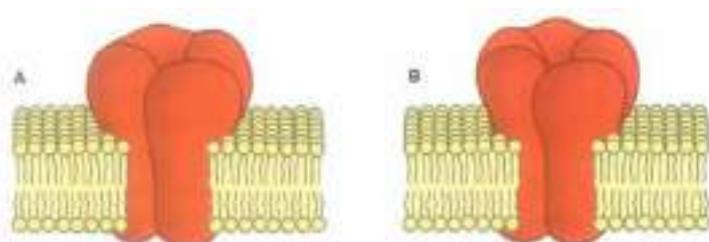
Existen dos clases de canales iónicos, los dependientes de ligando y los dependientes de voltaje:

Los canales iónicos son poros o túneles hidrofílicos que atraviesan las membranas, formados por proteínas integrales transmembranas generalmente de tipo multipaso.

Existen canales iónicos en todas las células, tanto en la membrana plasmática como en las de los orgánulos. Son altamente selectivos, de modo que *hay canales específicos para cada tipo de ion* (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , etc). Los más abundantes de la membrana plasmática son los canales para el K^+ .

La mayoría de los canales iónicos no están abiertos en forma permanente, pues poseen un dispositivo de apertura y cierre semejante al de una "**compuerta**", accionado por dos clases de factores (fig. 3-20): algunos canales abren su "compuerta" en respuesta a un cambio en el potencial eléctrico de la membrana y otros cuando les llega una sustancia inductora (ligando)(Puede ser una hormona, un neurotransmisor, un fármaco o cualquier otra molécula que interactúe con la célula y genere una respuesta) por el lado citosólico o por el lado no citosólico. A los primeros se los llama canales **dependientes de voltaje** (un cambio de voltaje en los canales iónicos es una variación en la diferencia de potencial eléctrico entre el interior y el exterior de la célula, causada por el movimiento de iones a través de los canales iónicos); a los segundos, canales **dependientes de ligando**.

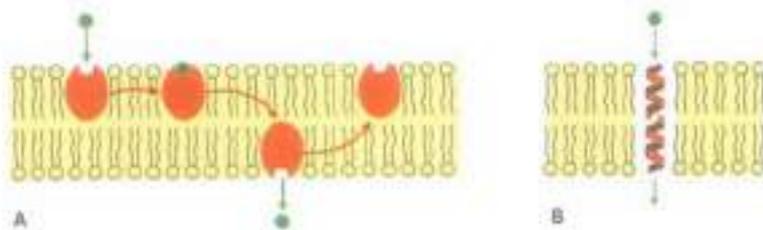
La pared del cilindro se forma con varias proteínas transmembranas, **cuatro** en los canales regulados por **cambios de voltaje** y **cinco** en los canales **dependientes de ligando**



Los ionóforos aumentan la permeabilidad de las membranas biológicas a ciertos iones:

Existen sustancias -llamadas **ionóforos**— que tienen la propiedad de incorporarse a las membranas biológicas y aumentar su permeabilidad a diversos iones. Son moléculas de tamaño relativamente pequeño, con una superficie hidrofóbica que les permite insertarse en la bicapa lipídica. Se conocen **dos tipos de ionóforos**, los transportadores móviles y los formadores de canales.

- **A: Los ionóforos transportadores móviles** atrapan al ion en un lado de la membrana, lo engloban en el interior de sus moléculas, giran 180° en la bicapa lipídica y lo liberan del otro lado de la membrana
- **B: Los ionóforos formadores de canales** son conductos hidrofóbicos que permiten el pasaje de cationes monovalentes (H^+ , Na^+ , K^+). Tiene una configuración helicoidal, y el conducto que se halla en el interior de la hélice constituye el poro.

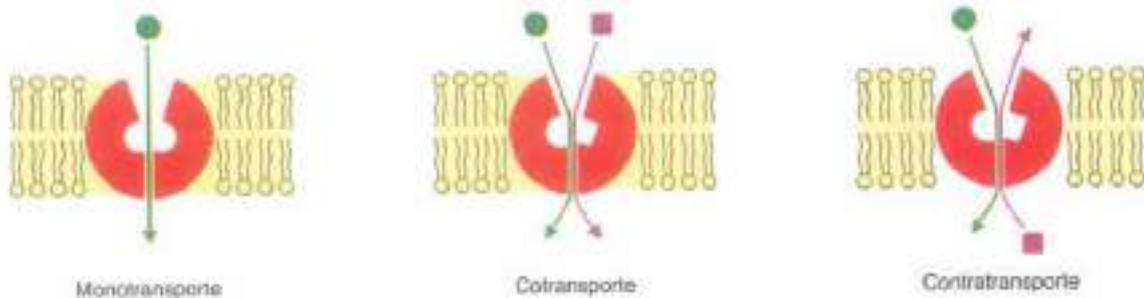


Las acuaporinas son canales especiales que permiten el paso selectivo del agua: la membrana plasmática es excepcionalmente permeable al agua, mucho más de lo esperable si su transporte se realizara exclusivamente mediante el mecanismo de difusión simple. Ello se debe a la presencia de canales de paso especiales conocidos con el nombre de acuaporinas.

Existen distintas clases de permeasas pasivas, involucradas en procesos de monotransporte, cotransporte y contratransporte:

Como en los canales iónicos, la pared de las permeasas está comúnmente integrada por varias proteínas transmembranas multipaso. **Existen tres clases de permeasas:**

1. Las que transfieren un solo tipo de soluto; esta forma de transferencia se llama **monotransporte**;
2. Las que transportan dos tipos de solutos simultáneamente, ambos en el mismo sentido; este mecanismo se denomina **cotransporte**;
3. Las que transfieren dos tipos de solutos en sentidos contrarios; esta clase de transferencia recibe el nombre de **contratransporte**.



Debe señalarse que en el cotransporte y en el contratransporte las transferencias de los dos solutos se hallan acopladas obligadamente, es decir, una no se produce sin la otra.

Ejemplos de difusión facilitada mediante permeasas:

1. El monotransporte de glucosa y el cotransporte de Na^+ y glucosa en la membrana plasmática de las células de la mucosa intestinal;
2. El contratransporte de Na^+ y H^+ a través de la membrana plasmática de casi todos los tipos de células;
3. El contratransporte de Cl^- y HCO_3^- por una permeasa de la membrana plasmática de los eritrocitos, llamada banda 3;
4. El contratransporte de ADP y ATP por la membrana interna de la mitocondria

El transporte activo requiere energía:

El transporte activo a través de la membrana plasmática implica el movimiento de sustancias en contra de su gradiente de concentración con consecuente gasto de energía celular, generalmente en forma de ATP.

El transporte activo tiene lugar a través de permeasas llamadas bombas, y en este caso también existen formas de monotransporte, cotransporte y contratransporte.

Ejemplos de transporte activo:

La bomba de Na^+/K^+ es un sistema de contratransporte:

- Esta bomba está conformada por una proteína transmembrana de 4 subunidades: dos A (donde se unen los iones Na^+ y K^+ y se hidroliza el ATP) y dos B (que dan estabilidad a la proteína)
- Son proteínas integrales.
- Es responsable del mantenimiento del potencial eléctrico de la membrana plástica.
- Transporte específico y característica de saturabilidad.
- Este gradiente es esencial para funciones celulares como la excitabilidad neuronal y la regulación del volumen celular
- **Resultado de la activación de la bomba:** Esta bomba utiliza la energía liberada por la **hidrólisis de ATP** para bombear activamente tres iones de sodio (Na^+) fuera de la célula y dos iones de potasio (K^+) dentro. Esto crea un gradiente electroquímico a través de la membrana celular, con más iones positivos fuera de la célula que dentro. Este gradiente es esencial para funciones celulares como la **excitabilidad neuronal y la regulación del volumen celular.**

Características de la bomba:

- Pueden ser inhibida por fármacos.
- El sentido del flujo puede revertirse si las concentraciones de Na^+ y de K^+ aumenta por encima de ciertos límites y se agrega ADP y P; este caso la Na^+/K^+ -ATP pasa, actúa como un ATP sin tasa.

Distintas bombas:

- **Bomba de $\text{K}^+ \text{H}^+$ en las células parietales:** se produce el antiparte del K^+ que ingresa hacia el medio intracelular y se expulsa K^+ hacia el medio extracelular o la luz del estómago y este protón que se expulsó en este contratransporte con el potasio, se une al ion cloruro y forma el ácido clorídrico en las células parietales del estomago

- **Bomba de H⁺ en endosomas y lisosomas:** actúan en contra de su gradiente y le permite acumular los protones para que las enzimas de los endosomas y de los lisosomas funcionen también su PH optimo que es un PH de tipo acido, si no tendríamos esta bomba en las enzimas no podrían llegar a cabo su función
- **Bomba de H⁺ en la mitocondria:** tiene un mecanismo activo y un mecanismo pasivo en la bomba de h⁺ corresponde al activo.

Transporte en masa: requiere energía, este no tiene en cuenta el gradiente, ni a favor ni en contra pero involucra a una porción de la membrana y se lleva a cabo por medio de endocitosis y también exocitosis:

- **Endocitosis:** por medio de una porción de la membrana ingresa al medio interno una sustancia o un soluto, tenemos el caso de la **fagocitosis:** es para partículas mayores, también se puede producir la endocitosis de restos celulares o de partículas celulares y forman vesículas mayores.
- **Pinocitosis:** es para partículas ya más disueltas, un poco más solubles pero de gran tamaño y forman vesículas menores, cuando la célula quiere exocitar una partícula hacia el medio extracelular lo va a ser por medio del mecanismo de **exocitosis:** ruptura de la vesícula y la posterior fusión con la membrana plasmática y así logran que esa partícula o soluto se dirija hacia el medio extracelular.

Otro ejemplo de transporte activo es la bomba de protones (H⁺-ATPasa) en la membrana de los lisosomas. Utiliza la energía derivada de la hidrólisis de ATP para bombear protones (iones de hidrógeno) dentro de los lisosomas, acidificando su interior y facilitando la actividad enzimática.

LA MEMBRANA PLASMÁTICA Y LA PARED DE LA CELULA VEGETAL

La membrana plasmática de la célula vegetal se halla rodeada por una especie de exoesqueleto:

Las células de las plantas son similares a las de los animales, aunque presentan algunas diferencias. Por ejemplo, la célula vegetal posee una gruesa pared celular que envuelve a la membrana plasmática, como si se tratara de un exoesqueleto.

Además de darle protección y sostén mecánico a la célula y determinar su forma, dicha pared participa en el mantenimiento del balance entre la presión osmótica intracelular y la tendencia del agua a penetrar en el citosol.

También el crecimiento y la diferenciación de las células vegetales dependen en gran medida de la organización de la pared celular.

La pared celular contiene un retículo microfibrilar: La estructura de la pared celular puede ser comparada con la de un plástico reforzado con fibras de vidrio, ya que está constituida por un retículo microfibrilar incluido en una matriz de moléculas unidas entre sí.

Las microfibrillas de la pared celular están compuestas principalmente por **celulosa**.

La matriz de la pared celular contiene algunos polisacáridos y lignina, el principal componente de la madera. Los polisacáridos más importantes son:

1. **Sustancias pécticas solubles en agua**, que contienen galactosa, arabinosa y ácido galacturónico, y;

2. **Hemicelulosas**, compuestas por glucosa, xilosa, manosa y ácido glucurónico. La lignina se encuentra sólo en las paredes de las células maduras y está formada por un compuesto aromático derivado de la polimerización de fenoles.

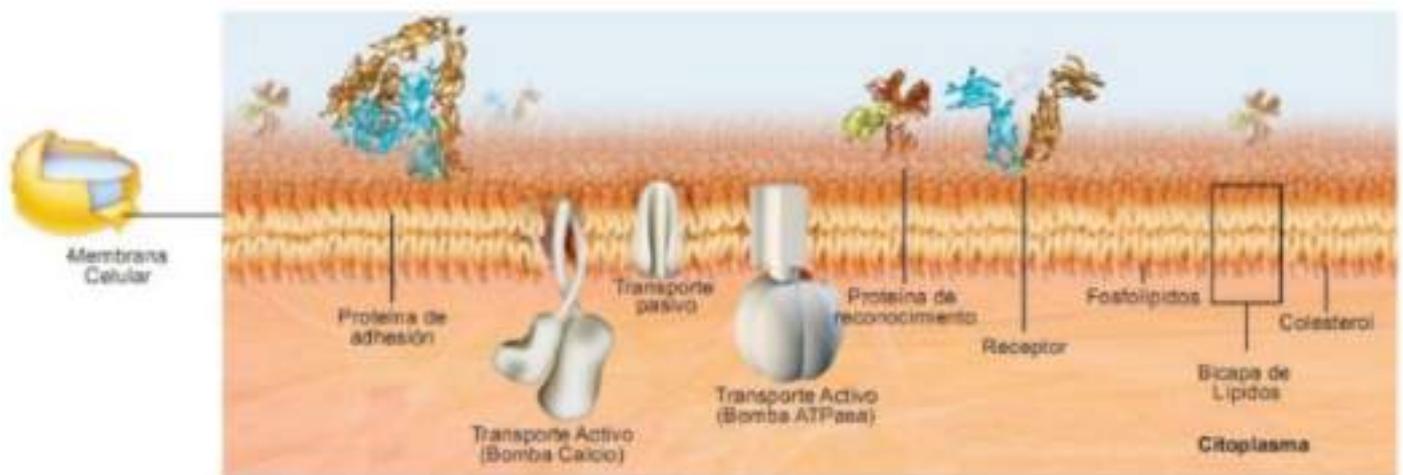
La pared celular se compone de una pared primaria y una secundaria:

La pared celular es bastante compleja y en algunos vegetales se halla muy diferenciada. Suele contener dos componentes - la pared primaria y la pared secundaria—, los cuales se desarrollan secuencialmente y se distinguen por la composición de sus matrices y por la disposición de sus microfibrillas. La **pared primaria** comienza a formarse con la división celular, a partir de una estructura llamada placa celular, que aparece durante la telofase en el plano ecuatorial entre las futuras células hijas. La placa está compuesta por vesículas del complejo de Golgi que se alinean en el plano ecuatorial de la célula y forman el primer rudimento o capa intermedia de la futura pared celular. Esta capa sólo contiene pectina, un compuesto amorfo que posee ácido galacturónico.

Posteriormente, cada célula hija deposita otras capas, compuestas por pectina, hemicelulosa y un retículo laxo de microfibrillas celulósicas orientadas transversalmente con respecto al eje mayor de la célula, cuyo conjunto constituye la citada pared primaria.

Sólo cuando la célula alcanza su madurez aparece la **pared secundaria**, que comprende materiales agregados sobre la superficie interna de la pared primaria, sea como espesamientos localizados (vasos del xilema) o como un espesamiento homogéneo (tubos cribosos del floema). En ambos casos la pared secundaria queda formada por celulosa, hemicelulosa y escasas sustancias pécticas.

La diferenciación ulterior del xilema se produce por la infiltración de lignina en los espesamientos localizados. En este caso, el polímero reemplaza al agua e infiltra a la matriz y a las microfibrillas celulósicas. Cuando la pared se lignifica, la célula vegetal muere.



SESIÓN 5:

SISTEMA DE ENDOMEMBRANAS:

Este sistema de endomembranas comprende a: R.E.G.E.L

1. Una **envoltura nuclear** o CARIOTECA formada por 2 membranas lipídicas: externa y interna separadas por un espacio y contienen poros para el pasaje de macromoléculas
2. El **RE** es una red de túbulos y sacos aplanados alrededor del citoplasma y interconectado a ella (su membrana es continua y forma una cavidad con comunicación directa). Se divide en 2 sectores
 - A- **RER**: ribosomas adheridos a la membrana del RER, Su función principal es la síntesis de proteínas
 - B- **REL**: ausencia de ribosomas. Su función principal es la síntesis de lípidos
3. **Golgi**: distribuidor de macromoléculas por la célula y su función es la síntesis de ellas
4. **Endosomas**: organela encargada de recibir material que ingresa a la célula por endocitosis
5. **Lisosomas**: digieren esos materiales de los endosomas

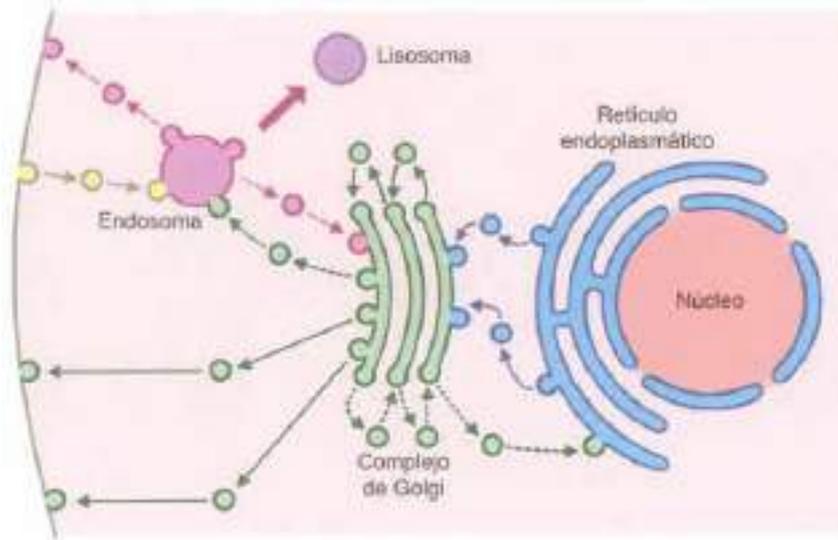


Fig. 7-1. Organoides que componen el sistema de endomembranas. Se ilustran también las distintas vesículas transportadoras (*flechas llenas*) y recicladoras (*flechas punteadas*) que lo integran.

Además:

- **Vesículas transportadoras:**

Las vesículas transportadoras operan del siguiente modo

1. brotan de la membrana de un compartimiento, llamado donante;
2. viajan por el citosol en busca de otro compartimiento, llamado receptor, con cuya membrana se fusionan. Por consecuencia, una parte de la membrana y una parte del contenido del compartimiento donante se transfieren, respectivamente, a la membrana y al interior del compartimiento receptor.

- **Subcompartimientos:** Cisternas, sacos, túbulos (comunicados entre si)
- Las **membranas de estos organoides** y las de las vesículas transportadoras están constituidas por una **bicapa lipídica** similar a la de la membrana plasmática. Como es obvio, una de las caras de estas membranas se relaciona con el citosol y la otra con la cavidad de los organoides. Se denominan, respectivamente, ***cara citosólica y cara luminal***. Las membranas poseen glicolípidos y glicoproteínas intrínsecas y periféricas. Los hidratos de carbono se orientan siempre hacia la cavidad de los organoides.

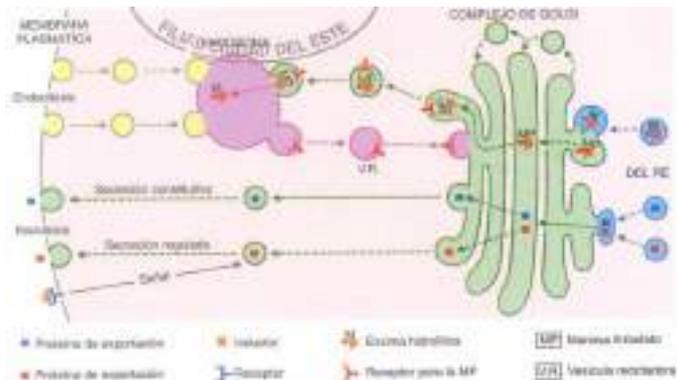
En el sistema de endomembranas las proteínas son clasificadas según su naturaleza química y su destino:

Estas moléculas, excepto las que se establecen como residentes permanentes en el RE o en el complejo de Golgi, alcanzan el extremo de salida de este último, donde se clasifican para su ulterior despacho. Según su naturaleza, tendrán como destino incorporarse a un endosoma o dirigirse a la superficie celular. Los itinerarios

seguidos por las proteínas dependen de ciertas señales en sus moléculas y de receptores específicos en los lugares por donde pasan.

En el caso de incorporarse a un endosoma el proceso es el siguiente:

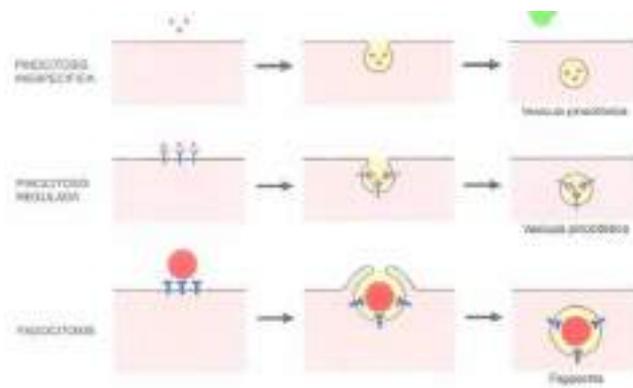
1. Las enzimas hidrolíticas (o hidrolasas catalizan reacciones de hidrólisis. Este grupo de enzimas permite romper moléculas de alto peso molecular, haciéndolas reaccionar con moléculas de agua. Con este método pueden romper enlaces peptídicos, ésteres o glicosídicos) son transportadas a los endosomas, donde degradan proteínas.
2. Los grupos M6P actúan como señales que dirigen las proteínas hacia los endosomas.
3. Los grupos M6P son reconocidos en la región de salida del complejo de Golgi y colocan las proteínas en sectores reservados para su envío hacia los endosomas. (Sin la señal M6P, las proteínas serían enviadas a la superficie celular, lo que podría causar problemas).
4. En los endosomas, las proteínas son:
 - Degradadas por enzimas hidrolíticas
 - Descompuestas en aminoácidos y otros compuestos
 - Reutilizadas por la célula



En el caso de dirigirse a la superficie celular: todavía no es explicado

Endositosis y exocitosis:

Las vesículas transportadoras destinadas a la superficie celular descargan su contenido fuera de la célula mediante un proceso llamado **exocitosis**, que consiste en la fusión de la membrana de la vesícula con la membrana plasmática y la descarga del contenido vesicular en el exterior. Los solutos atraviesan la membrana plasmática por transporte pasivo o activo e ingresan en la célula. Las macromoléculas y las partículas entran mediante un mecanismo completamente distinto, denominado **endocitosis**. De acuerdo con el tamaño y las propiedades físicas del material que se va a incorporar, este mecanismo es llamado pinocitosis o fagocitosis:



- La **pinocitosis** comprende el ingreso de líquidos junto con las macromoléculas y los solutos disueltos en ellos. Esto se logra porque porciones circunscritas del líquido que se halla en contacto con la superficie externa de la célula son atrapadas mediante invaginaciones de la membrana plasmática, lo cual da lugar a fositas y finalmente a vesículas que se liberan en el citosol. Según la calidad de la sustancia que habrá de incorporarse a la célula, la pinocitosis puede ser inespecífica o regulada .
 - En la **pinocitosis inespecífica** las sustancias ingresan automáticamente, lo cual ocurre en todos los tipos celulares.
 - En la **pinocitosis regulada** las sustancias interactúan con receptores específicos localizados en la membrana plasmática y ello desencadena la formación de las vesículas pinocitósicas. Debido a la

selectividad de este mecanismo, una sustancia puede ingresar en algunas células pero no en otras, de acuerdo con los receptores presentes en sus membranas plasmáticas.

- La **fagocitosis** tiene lugar en unos pocos tipos celulares, particularmente en los macrófagos y en los leucocitos neutrófilos. Según las circunstancias, constituye un medio de defensa o de limpieza, capaz de eliminar parásitos pequeños, bacterias, células perjudiciales, dañadas o muertas, restos de células y todo tipo de partículas extrañas al organismo. Como vemos, la fagocitosis permite la incorporación de partículas relativamente grandes y estructuradas.

Una vez que el material se fija sobre la superficie externa de la célula, la membrana plasmática emite prolongaciones envolventes que lo rodean hasta dejarlo englobado en el interior del citoplasma, lo cual forma una vesícula mucho más grande que la pinocitósica, llamada fagosoma. Para poder ser fagocitado, el material debe contener o adquirir ciertas señales que son reconocidas por receptores localizados en la membrana plasmática de las células fagocitarias.

La célula produce dos clases de secreciones, una constitutiva y otra regulada:

El proceso que provoca la descarga del contenido de las vesículas transportadoras en el medio extracelular se denomina secreción. Esta puede ser constitutiva o regulada.

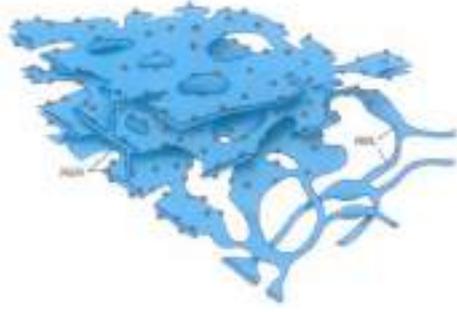
- En la **secreción constitutiva** las moléculas se secretan en forma automática, conforme el complejo de Golgi emite las vesículas que las transportan.
- En cambio, en la **secreción regulada** las moléculas son retenidas en el citoplasma -dentro de sus respectivas vesículas transportadoras - hasta la llegada de una sustancia inductora u otra señal que ordene su liberación. Esta secreción de moléculas "por encargo" supone que la célula las descarga súbitamente, en el momento en que son demandadas. Las vesículas transportadoras que intervienen en las secreciones reguladas se denominan vesículas secretoras o gránulos de secreción.

1. RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO:

Generalidades:

El retículo endoplasmático (RE) fue descubierto cuando se introdujo la microscopia electrónica en el estudio de las células.

- El retículo endoplasmático se distribuye por todo el citoplasma, desde el núcleo hasta la membrana plasmática.
- Está compuesto por una red tridimensional de túbulos y sacos aplanados totalmente interconectados
- Constituye un organoide indiviso, ya que posee una membrana continua y una sola cavidad.
- El citoesqueleto se encarga de mantener a sus componentes en posiciones más o menos fijas dentro del citoplasma
- Se divide en dos sectores
 - El retículo endoplasmático liso (REL)
 - El retículo endoplasmático rugoso (RER)



Funciones:

- En el RE tienen lugar las reacciones centrales de la síntesis de los triacilglicérolos
- El RE es responsable de la biogénesis de las membranas celulares: La célula produce membranas nuevas de modo permanente. Lo hace con el fin de cubrir demandas de índole funcional, reemplazar a las desaparecidas por envejecimiento o para duplicarlas antes de la mitosis. En ocasiones, las produce para posibilitar el desarrollo de partes del cuerpo celular (por ejemplo, el axón en las neuronas).
- La biogénesis de las membranas celulares comprende la síntesis de sus lípidos, de sus proteínas y de sus hidratos de carbono. Estos tres tipos de moléculas no se sintetizan separadamente y luego se integran para formar una membrana nueva, sino que se incorporan a una membrana preexistente, la membrana del RE. Luego, a medida que ésta crece, algunas de sus partes se desprenden como vesículas y se transfieren a los demás orgánulos del sistema de endomembranas o a la membrana plasmática.
- Los lípidos de las membranas celulares se sintetizan en la membrana del RE
- La síntesis de los glicosaminoglicanos y de los proteoglicanos tiene lugar en el retículo endoplasmático
- Algunas proteínas son procesadas en el RE y en el complejo de Golgi

➤ EL REL:

- Carece de ribosomas
- Suele comprender una red de túbulos interconectados, cuyo volumen y distribución espacial difieren en las distintas clases de células.
- Es el principal depósito de Ca^{2+} de la célula
- La membrana de los autogomas (órganulos especiales por donde se eliminan de la célula orgánulos envejecidos) es provista por el REL que aporta una porción de la membrana para envolver al orgánulo obsoleto y formar el autofagosoma

En algunas células el REL cumple funciones especiales:

- Síntesis de esteroides
- Síntesis de lipoproteínas
- Desfosforilación de la glucosa 6-fosfato
- Destoxificación

➤ EL RER

- Está asociado con ribosomas (porque tiene receptores específicos)
- El RER está muy desarrollado en las células que realizan una activa síntesis proteica.
- En su composición predominan los sacos aplanados, que cuando son abundantes se encuentran separados por un angosto espacio citosólico repleto de ribosomas. Estos ribosomas se hallan

adheridos a la cara citosólica de la membrana del RE. Por lo general componen complejos llamados polisomas o polirribosomas, consistentes en grupos de ribosomas enlazados por una molécula de ARNm

- La síntesis y el procesamiento de los oligosacáridos ligados a las proteínas mediante enlaces N comienzan en el RER y terminan en el complejo de Golgi

Las proteínas destinadas al RE se insertan en la membrana o se liberan en la cavidad del organoide:

Las proteínas, excepto unas pocas pertenecientes a las mitocondrias, se sintetizan en los ribosomas del citosol. Si bien todos los ribosomas citosólicos son iguales, algunos están dispersos en el citosol y otros se hallan adosados a la membrana del RER.

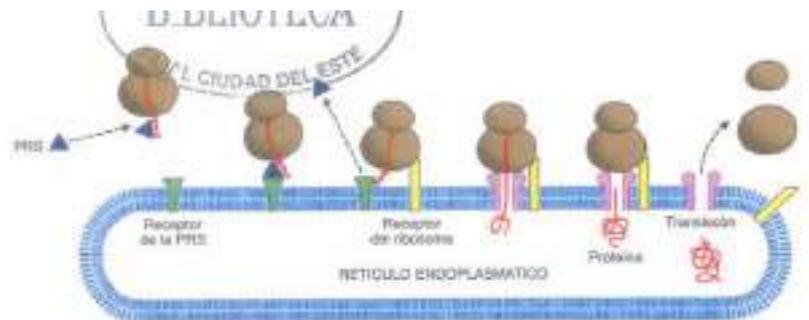
Los primeros pasos en la síntesis de una proteína destinada al RE se producen en el ribosoma cuando éste aún se encuentra libre en el citosol. La unión del ribosoma a la membrana del RE tiene lugar si la proteína que surge del ribosoma posee un segmento peptídico con la información apropiada, es decir, un péptido señal específico para dicha membrana.

Las proteínas que se liberan en la cavidad del RER poseen sólo esa señal, localizada en el extremo amino de la molécula. En cambio, las que se insertan en la membrana del organoide contienen, salvo excepciones, un péptido señal cercano al extremo amino y otras señales (cuyo número depende de la cantidad de veces que la proteína cruza la bicapa lipídica)

- Proteína monopaso: (atraviesa la bicapa una sola vez) necesita una señal de anclaje.
- Proteína multipaso: ésta contiene tantas señales como veces cruza la bicapa, consistentes en péptidos señal que se alternan con señales de anclaje.

Cualesquiera que sean el número y la localización de las señales, apenas el primer péptido señal sale del ribosoma es reconocido por la partícula de reconocimiento de la señal (o PRS), que es un complejo ribonucleoproteico compuesto por seis proteínas diferentes y una molécula de ARN denominada

En la figura 7-9 puede observarse cómo, ligada al péptido señal, la PRS se dirige hacia el RER y se une a su membrana mediante un receptor específico. La misma figura permite ver cómo la PRS arrastra al ribosoma hacia el RER y cumple otra importante función: detiene la síntesis de la proteína para que ésta no salga del ribosoma, ya que fuera de él se plegaría y no podría ingresar en el RER. Muestra además que cuando el ribosoma se une a su receptor, la PRS se separa del suyo. Dado que la PRS se separa también del péptido señal, se reanuda la síntesis de la proteína, cuyo extremo sale del ribosoma e ingresa en un túnel proteico que cruza la membrana del RER - utilizados por las proteínas para atravesar las membranas de los organoide — se denominan translocones.

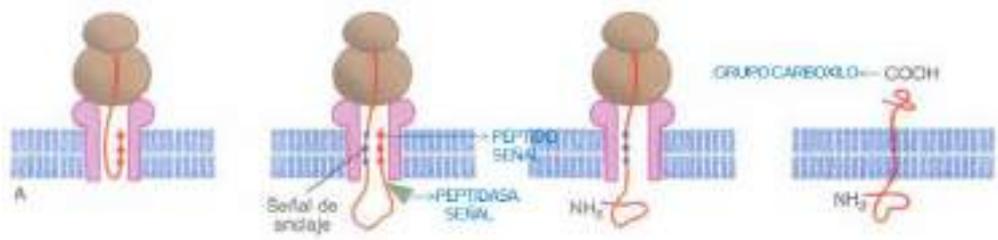


Las proteínas destinadas al RE contienen una o más señales según tengan que liberarse en la cavidad del organoide o insertarse en su membrana:

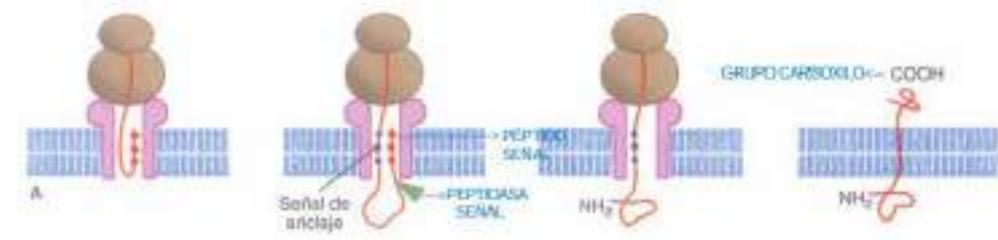
Debido a que el péptido señal permanece en el translocón, cuando los tramos proteicos que le siguen ingresan en la cavidad, se doblan como una horquilla.

Luego, en virtud de que el péptido señal es escindido por una proteasa conocida como peptidasa señal, el péptido se pierde y se genera en la proteína un nuevo extremo amino, que pasa a la cavidad. Finalmente, ésta recibe a los restantes tramos de la proteína, cuya síntesis continúa en el ribosoma por el incesante agregado de aminoácidos en su extremo carboxilo.

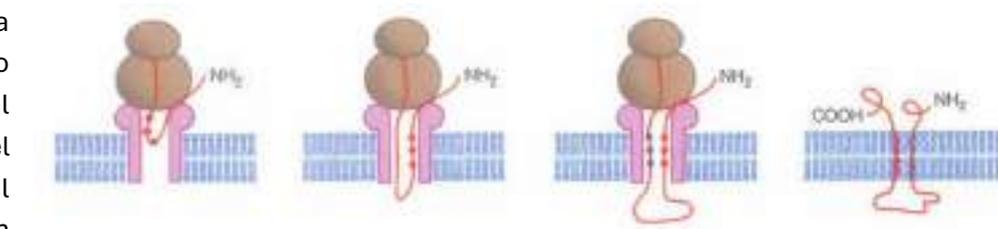
Al término de la síntesis, la proteína se libera en la cavidad del RER. Según de qué proteína se trate, permanecerá en el RE o se dirigi-rá, mediante vesículas transportadoras, al complejo de Golgi, donde residirá en forma permanente o se transferirá, también por medio de vesículas transportadoras, a un endosoma o a la membrana plasmática, en el último caso para su secreción. Si la proteína posee una sola señal adicional, ésta se ancla en la bicapa lipídica —de ahí el nombre de señal de anclaje— y el péptido señal es escindido (separado) por la peptidasa señal. Como consecuencia, se forma una proteína transmembranosa monopaso (cruza la bicapa una sola vez), con el extremo amino dirigido hacia la cavidad del RE y el extremo carboxilo en el lado citosólico



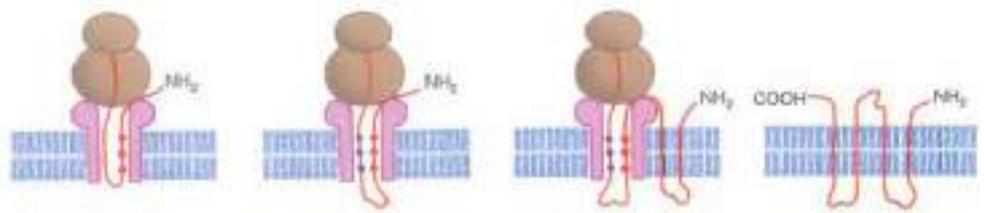
Algunas proteínas transmembranosas monopaso están orientadas al revés, es decir, con el extremo amino hacia el lado citosólico. Esta clase de proteínas posee el péptido señal solamente, y no en el extremo amino sino cerca de él. el péptido señal no es escindido por la peptidasa señal debido a su posición interna en la cadena proteica.



La formación de una proteína transmembranosa bipaso requiere de un péptido señal situado en las cercanías del extremo amino y de una señal adicional. Dada su posición interna en la cadena proteica, el péptido señal tampoco es afectado por la peptidasa señal, por lo que se comporta como una señal de anclaje y queda retenido en la bicapa lipídica.



Además del péptido señal, la instalación de una proteína multipaso necesita de un número variable de señales adicionales, tantas (menos una) como sean las veces que la proteína debe atravesar la membrana. Al igual que en las proteínas bipaso, se trata de señales de anclaje, la mitad de las cuales - alternadamente — actúan como lo hacen los péptidos señal que quedan retenidos en la bicapa lipídica.



Todas las señales adicionales -tanto las de anclaje como las que actúan como péptidos señal— abordan la membrana por el mismo translocón. Más aún, a medida que las nuevas señales ingresan en el translocón, las precedentes lo abandonan por un costado y se ubican entre los fosfolípidos de la bicapa lipídica

De acuerdo con la naturaleza de la proteína, ésta permanecerá en la membrana del RE, o pasará a la membrana de otro organoide del sistema de endo-membranas, o a la membrana plasmática. Según la figura 7-2, cualquiera que sea su destino, la proteína tendrá la misma orientación que poseía cuando se hallaba en la membrana del RE. Algunas proteínas pueden quedar retenidas en la membrana plasmática o ser secretadas. Por ejemplo, la inmunoglobulina producida por el linfocito B primero actúa como un receptor membranoso y luego se secreta (es decir, se convierte en un anticuerpo).

Polipéptidos fabricados por ribosomas libres en el citosol se incorporan al RE: a través de túneles constituidos por proteínas transportadoras de la familia ABC, presentes normalmente en la membrana de ese organoide.

Chaperonas hsp70 aseguran el plegamiento normal de las proteínas en la cavidad del RE: cavidad del RER posee chaperonas hsp70 similares a las citosólicas, pues evitan el plegamiento prematuro o incorrecto de las proteínas ingresadas en el organoide. Por añadidura, reconocen en ellas tramos incorrectamente plegados y los asisten para que se plieguen bien. Si las chaperonas no logran su cometido, las proteínas mal plegadas pasan del RER al citosol después de atravesar el translocón que usaron para ingresar en el organoide. Este fenómeno recibe el nombre de retrotranslocación.

En el citosol las proteínas se conjugan con ubiquitinas y son degradadas por proteasomas

2. COMPLEJO DE GOLGI:

Generalidades:

- En una célula idealizada el complejo de Golgi se halla entre el RE y la membrana plasmática, con los endosomas y los lisosomas situados entre ésta y el complejo.
- alcanzan el complejo de Golgi, lo recorren, se desprenden de él y arriban a la membrana plasmática o a los endosomas.
- Estos flujos comprenden tanto moléculas membranosas como moléculas luminales. Así, según la vía seguida, se transfieren fragmentos de membrana del RE a la membrana plasmática o a la membrana de los endosomas, mientras que las moléculas provenientes de la cavidad del retículo se vuelcan en el medio extracelular —esto se denomina secreción - o ingresan en la cavidad de los endosomas.

- las moléculas que lo recorren experimentan modificaciones necesarias para sus actividades biológicas. Por otro lado, algunas moléculas son sintetizadas directamente en el complejo de Golgi, sin la intervención del retículo endoplasmático.

El complejo de Golgi muestra una polarización que se corresponde con su funcionamiento:

El complejo de Golgi está integrado por una o por varias unidades funcionales llamadas dictiosomas. En la célula secretoria polarizada el organoide posee un solo dictiosoma grande que ocupa una posición intermedia entre el núcleo y la superficie celular, donde se libera la secreción. Complejos de Golgi con estas características se observan, por ejemplo, en células de la mucosa intestinal, de la tiroides y del páncreas exocrino.

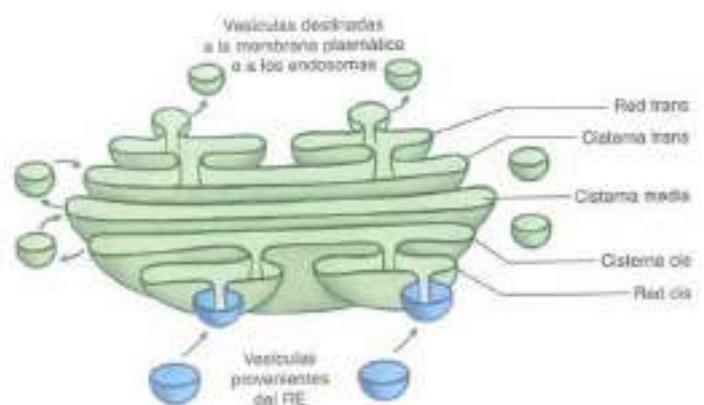
En cambio, otras células, como las plasmáticas, los hepatocitos y las neuronas, poseen varios dictiosomas pequeños distribuidos por todo el citoplasma.

Los dictiosomas suelen adoptar una forma curvada, con la cara convexa mirando al núcleo y la cóncava orientada hacia la membrana plasmática. La primera se denomina cara de entrada o cis, y la segunda, cara de salida o trans. Cada dictiosoma está integrado por:

1. Una red cis, formada por numerosos sacos y túbulos interconectados.
2. Una cisterna cis, conectada con la red cis.
3. Una o más cisternas medias independientes, lo cual significa que no están conectadas entre sí ni con los restantes componentes del dictiosoma.
4. Una cisterna trans, conectada con la red trans.
5. Una red trans, similar a la red cis.

La cara de entrada del dictiosoma - representada por la red cis y la cisterna cis— sólo recibe vesículas transportadoras provenientes del RE.

Dado que la red cis y la cisterna cis forman un solo compartimento, las moléculas incorporadas a la membrana y a la cavidad del organoide circulan de la red a la cisterna por simple continuidad. En cambio, para pasar de la cisterna cis a las cisternas medias y de éstas a la cisterna trans, las moléculas se valen de vesículas transportadoras que nacen en el borde de la cisterna cis y luego de un corto tránsito por el citosol se incorporan al borde de la cisterna media contigua. Lo mismo ocurre entre las sucesivas cisternas medias y entre la última de ellas y la cisterna trans. El recorrido se completa cuando las moléculas llegadas a la cisterna trans pasan a la red trans por simple continuidad.



A continuación, las moléculas que arriban a la red trans son transferidas —también mediante vesículas transportadoras— hacia la membrana plasmática o hacia los endosomas.

En el primer caso, las moléculas contenidas en el interior de la vesícula se vuelcan fuera de la célula -es decir, son secretadas— y las membranosas se integran a la membrana plasmática. El proceso de secreción lleva el nombre de exocitosis.

En el segundo caso, la vesícula vuelca su contenido -consistente en enzimas hidrolíticas - en la luz de un endosoma.

Funciones:

- Los lípidos de las membranas celulares se glucosilan en el complejo de Golgi
- La síntesis y el procesamiento de los oligosacáridos ligados a las proteínas mediante enlaces N comienzan en el RER y terminan en el complejo de Golgi
- La síntesis de los oligosacáridos ligados a proteínas por enlaces O tiene lugar en el complejo de Golgi
- Algunas proteínas son procesadas en el RE y en el complejo de Golgi
- La cara de salida del complejo de Golgi emite vesículas transportadoras destinadas a los endosomas y a la membrana plasmática. Las vesículas que se unen a los endosomas integran, dentro del sistema de endomembranas, un subsistema importantísimo para el funcionamiento de la célula, dedicado a la digestión de las sustancias que ingresan por endocitosis.

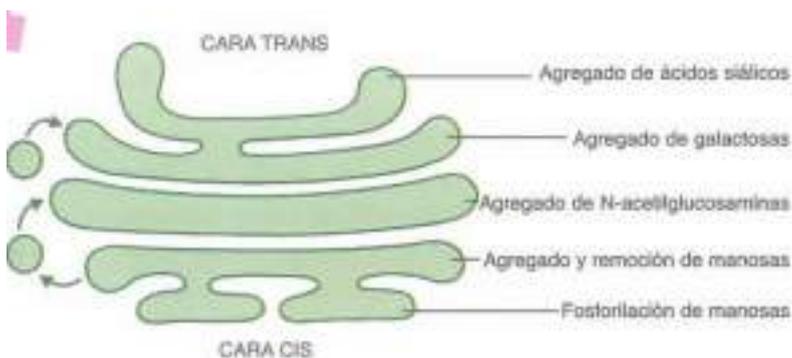


Fig. 7-18. Ejemplos de agregados y remociones de moléculas en un oligosacárido a medida que pasa por los sucesivos compartimentos del complejo de Golgi.

3. ENDOSOMAS:

Los endosomas son organoides localizados funcionalmente entre el complejo de Golgi y la membrana plasmática que por lo general

constituyen vesículas o cisternas relativamente pequeñas.

Los endosomas son organoides complejos:

El endosoma ejerce sus funciones de una manera singular. Tanto recibe el material ingresado por endocitosis -traído por vesículas pinocitósicas o por fagosomas - como incorpora enzimas hidrolíticas traídas por vesículas provenientes del complejo de Golgi.

En el primer caso, el endosoma recibe también porciones de membrana plasmática y receptores (los últimos, si la endocitosis es regulada). Ambos son devueltos por vesículas recicladoras, que al arribar a la membrana plasmática se integran a ella mediante un proceso semejante a la exocitosis. Una vez en la membrana plasmática, los receptores se pueden volver a utilizar.

Respecto de las enzimas hidrolíticas, debe recordarse que se hallaban unidas a la membrana del complejo de Golgi por medio del receptor de la manosa 6-fosfato. Esa unión se mantiene en las vesículas que transportan las enzimas desde el complejo de Golgi. Las enzimas se mantienen unidas a la membrana sólo

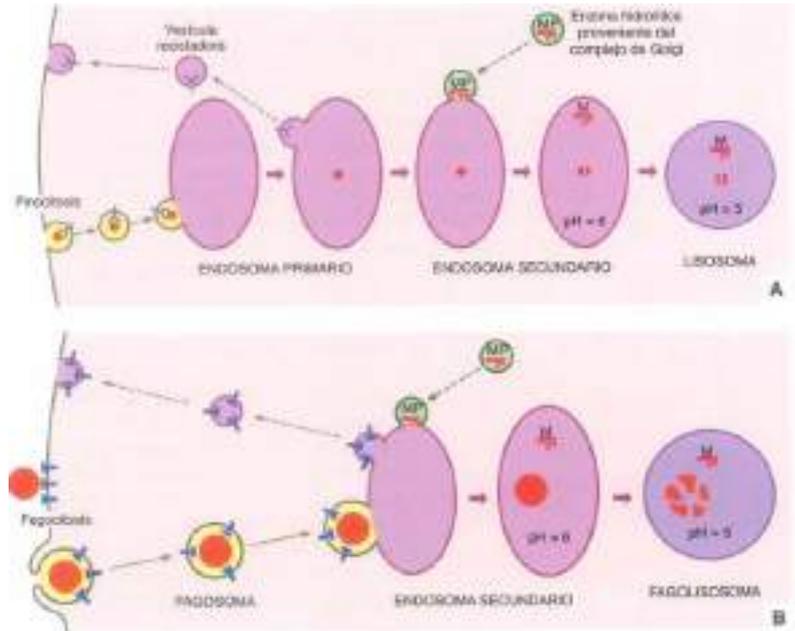
transitoriamente, ya que se desprenden del receptor de la manosa 6-fosfato cuando el pH del organoide baja a 6,0, al activarse su bomba protónica.

Aquí también se reciclan las membranas, que junto con los receptores de la manosa 6-fosfato regresan a la región de salida del complejo de Golgi. Este reciclaje hace posible la reutilización de los receptores.

Según la etapa que estén atravesando, existen dos clases de endosomas, los primarios (o tempranos) y los secundarios (o tardíos):

Los endosomas primarios (imagen A) se localizan cerca de la membrana plasmática.

Además de recibir el material endocitado, devuelven a la membrana plasmática — a través de las vesículas recicladoras analizadas al comienzo de la sección anterior- las porciones de membrana y los receptores traídos por las vesículas pinocíticas. Simultáneamente, los endosomas primarios - trasladados por proteínas motoras que se movilizan sobre microtúbulos- se dirigen hasta las cercanías del complejo de Golgi, en donde adquieren el nombre de endosomas secundarios (imagen B) cuando se les unen vesículas transportadoras con enzimas hidrolíticas provenientes de dicho complejo. Además debido a que la bomba protónica heredada de los endosomas primarios continúa funcionando, el pH de los endosomas secundarios desciende a 6,0, lo cual activa a las enzimas y éstas comienzan a digerir el material endocitado.



La digestión se completa en los lisosomas, los cuales se forman a partir de los endosomas secundarios cuando la bomba protónica hace caer el pH a 5,0

En la transcitosis los endosomas cumplen funciones distintas de las descritas: En algunos epitelios se produce un proceso llamado transcitosis, mediante el cual materiales ingresados por endocitosis por una cara de la célula atraviesan el citoplasma y salen por exocitosis por la cara opuesta. El cruce a través del citoplasma lo realizan dentro de la vesícula formada durante la endocitosis, aunque en algunos casos emplean un endosoma como estación de relevo. El ejemplo más difundido de transcitosis corresponde a las células endoteliales de los capilares sanguíneos, ya que son atravesadas por las macromoléculas que pasan de la sangre a los tejidos.

4. LISOSOMAS:

Los lisosomas son organoides poliformos:

Todas las células contienen lisosomas que son los organoides que completan la digestión de los materiales incorporados por endocitosis. Además, digieren elementos de la propia célula.

La característica más saliente de los lisosomas es su polimorfismo, no sólo porque poseen aspectos y tamaños disímiles, sino también por la irregularidad de sus componentes. La causa del polimorfismo es doble; por un lado se debe a la diversidad del material endocitado y por otro al hecho de que cada clase de lisosoma posee una combinación singular de enzimas hidrolíticas, de las que existen alrededor de 50 diferentes.

La membrana del lisosoma se halla protegida del efecto destructor de las enzimas hidrolíticas porque su cara luminal contiene una enorme cantidad de glicoproteínas.

En el interior de los lisosomas las proteínas y los hidratos de carbono endocitados son digeridos a dipéptidos y monosacáridos, respectivamente. Estos y otros productos de degradación atraviesan la membrana lisosómica y pasan al citosol, donde terminan de digerirse o se aprovechan para construir nuevas moléculas. Por su parte, culminadas sus funciones, las enzimas lisosómicas también pasan al citosol, donde son degradadas por proteasomas.

Finalmente, libres los lisosomas de las enzimas y del material digerido, no se descarta que se reutilicen sus membranas para construir nuevos endosomas.

- VESÍCULAS TRANSPORTADORAS:

Durante su formación, las vesículas transportadoras se envuelven con una cubierta proteica:

Las vesículas transportadoras se originan en la membrana plasmática y en las membranas de los orgánulos del sistema de endomembranas. Las más estudiadas se conocen con los nombres de cubierta de COP y cubierta de clatrina.

- A. COP I: genera vesículas que se forman en el complejo de Golgi y retornan al RE
- B. COP II: genera vesículas que se forman en el retículo endoplásmico y se dirigen al Golgi
- C. Cubiertas de Clatrina: vesículas que provienen a partir de la membrana plasmática por el proceso de endocitosis, así como las que se generan en el aparato de Golgi y se dirigen a los endosomas o a la membrana plasmática.

- EL SISTEMA DE ENDOMEMBRANAS EN LA CÉLULA VEGETAL:

En la célula vegetal el sistema de endomembranas posee vacuolas:

En las células indiferenciadas del meristema, las membranas del RE son relativamente escasas y están enmascaradas por los numerosos ribosomas libres que llenan el citosol. En cambio, en las células vegetales diferenciadas el RE es abundante y forma túbulos que ingresan en los plasmodesmos.

Igual que en las células animales, en las vegetales el complejo de Golgi es esencial para la secreción. En sus cisternas se procesan y concentran los productos secretorios, que finalmente se descargan al exterior.

Además, componentes del complejo de Golgi sirven para el transporte de ciertas proteínas de depósito.

En la mayoría de las células vegetales existe uno o más compartimientos llamados vacuolas, limitados por membranas.

Cuando son muy voluminosas, el citosol queda reducido a una fina capa por debajo de la membrana plasmática.

Algunas se comportan como lisosomas, ya que contienen enzimas hidrolíticas. Otras sirven de depósito para nutrientes y desechos metabólicos. Finalmente, otras guardan líquidos y se usan para regular el volumen y la turgencia de la célula.

Los peroxisomas: (no pertenecen a endomembranas)

Los peroxisomas son organoides que se encuentran en todas las células. Contienen enzimas oxidativas y cumplen variadas funciones metabólicas. Su nombre se debe a que son capaces de formar y descomponer **peróxido de hidrógeno**. Existen muchas clases de peroxisomas, los cuales se diferencian entre sí por la enzima o el conjunto de enzimas presentes en su interior. Entre las enzimas más comunes detectadas en los peroxisomas se encuentran la catalasa, la D-aminoácido oxidasa, la urato oxidasa y las responsables de la β -oxidación de los ácidos grasos. A diferencia de lo que sucede en las mitocondrias, en los peroxisomas las oxidaciones generan energía térmica. No obstante, la β -oxidación de los ácidos grasos conduce finalmente a la formación de ATP, ya que los grupos acetilo que se producen en los peroxisomas se transfieren a las mitocondrias e ingresan en el ciclo de Krebs. La oxidación de sustratos en los peroxisomas tiene como consecuencia la formación de H₂O₂, una molécula sumamente tóxica para la célula; la cual es neutralizada por la catalasa. Se cree que los peroxisomas tienen una vida media de 5 a 6 días, al cabo de los cuales son eliminados por autofagosomas. Su número se restablece del mismo modo como lo hacen las mitocondrias, mediante la duplicación de peroxisomas “jóvenes”, es decir, por fisión binaria de peroxisomas preexistentes. La bicapa lipídica de su membrana crece por el agregado de fosfolípidos extraídos del RE, los cuales son transferidos de una membrana a otra por proteínas intercambiadoras. Por su parte, las proteínas que se incorporan a la membrana o a la matriz del peroxisoma provienen de ribosomas libres en el citosol, e ingresan en el organoide una vez que se han plegado. Son conducidas selectivamente al peroxisoma porque poseen, cerca del extremo carboxilo, un péptido señal específico compuesto por tres aminoácidos. El péptido señal es reconocido por un receptor proteico que reside en el citosol, el cual, a su vez, interactúa con una proteína específica de la membrana del organoide.

Los peroxisomas en las células vegetales: La germinación de las semillas suele necesitar de la degradación de lípidos acumulados en el endosperma. En este proceso intervienen, los glioxisomas, que son peroxisomas relacionados con el metabolismo de los triacilglicérols. El glioxisoma posee enzimas que transforman a los ácidos grasos de las semillas en hidratos de carbono por la vía del ciclo del glioxilato. El proceso en el que participan el cloroplasto, la mitocondria y el peroxisoma, se denomina fotorrespiración, ya que para la síntesis y la oxidación del glioxilato se necesita luz y O₂ y se libera CO₂.

SESIÓN 5:

CITOSOL:

El citosol contiene componentes muy variados:

Mediante la técnica del fraccionamiento celular — además de las fracciones nuclear, mitocondrial y microsómica - una fracción fluida sobrenadante que contiene los componentes citosólicos.

En ella se detectan los elementos del citoesqueleto - incluido el centrosoma con los centríolos -, un gran número de enzimas (por ejemplo, las que intervienen en la glucólisis), la mayoría de las moléculas que conducen señales dentro de la célula, los elementos que dirigen la síntesis de las proteínas celulares y

extracelulares (es decir, los ribosomas, los ARN mensajeros y los ARN de transferencia), las chaperonas, los proteasomas, las inclusiones, etcétera.

El citosol suele contener inclusiones

Cuando se acumulan en el citosol en grandes cantidades, ciertas macromoléculas forman estructuras detectables con el microscopio - denominadas inclusiones — que carecen de membrana.

Por ejemplo, tanto en los hepatocitos como en las células musculares estriadas es común la presencia en el citosol de gránulos de glucógeno. Se llaman glicosomas. Es preciso señalar que en las imágenes ultramicroscópicas los glicosomas no corresponden directamente al glucógeno; representan a las proteínas enzimáticas que intervienen en la síntesis y en la degradación del polisacárido, cuya molécula no toma los colorantes electrónicos de uso corriente. Los gránulos de glucógeno constituyen depósitos de energía para las células; ello es claramente visible en la célula muscular, en la que los gránulos desaparecen durante las contracciones debido a la glucogenólisis producida para proveer glucosa.

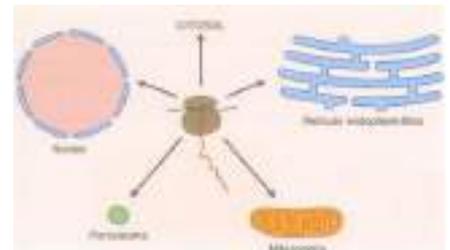
Diversos tipos de células contienen gotitas de grasa (triacilglicérols) en el citosol, que también constituyen reservas de energía. Son muy comunes en los hepatocitos y en las células musculares estriadas.

En algunos tipos celulares el citosol contiene pigmentos (sustancias con color propio) que se elaboran en la misma célula o provienen del exterior.

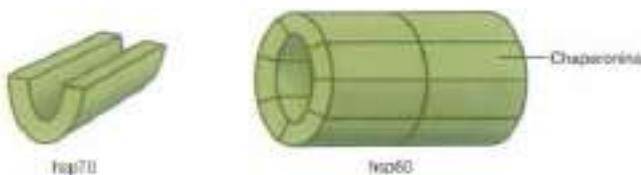
Finalmente, en el citosol de algunas células hay cristales de proteínas, de significado por lo general desconocido.

En el citosol los ribosomas sintetizan proteínas:

Solamente una parte de las proteínas que se sintetizan en los ribosomas citosólicos permanece en el citosol, ya que las restantes emigran hacia el núcleo, el sistema de endomembranas, las mitocondrias y los peroxisomas



Las chaperonas asisten a las proteínas para su oportuno y adecuado plegamiento:



Si bien las proteínas adoptan formas tridimensionales que dependen de la secuencia lineal de los aminoácidos que las componen, no siempre se pliegan correctamente. Para que sus plegamientos sean correctos se necesita, entre otros requisitos, que se

produzcan en el lugar adecuado y en el momento oportuno, lo cual se logra por la intervención de unas estructuras llamadas chaperonas, que se designan así porque acompañan a las proteínas y - sin ejercer acciones directas sobre ellas - previenen sus plegamientos prematuros y cuidan que sean correctos.

Existen tres familias de chaperonas, denominadas hsp60, hsp70 y hsp90.

Las chaperonas hsp70 son monoméricas y poseen un surco en el que cabe sólo una parte de la proteína asistida, de manera que se necesitan varias chaperonas hsp70 para cada proteína (fig. 4-4). En cambio, las chaperonas hsp60 son poliméricas y están integradas por 14 o 18 polipéptidos denominados chaperoninas, los

cuales componen una estructura cilíndrica en torno a un espacio central, adonde ingresa la proteína que va a ser asistida. A medida que emana del ribosoma, cada proteína citosólica se asocia con sucesivas chaperonas hsp70, cuya función es prevenir el plegamiento prematuro —a menudo errado - de los tramos proteicos que van saliendo del ribosoma. Además evitan que la proteína naciente se combine con moléculas inapropiadas. Cuando la proteína termina de sintetizarse, se desprende del ribosoma y de las chaperonas hsp70, concluye su plegamiento y se instala en el citosol. No obstante, si algunas de sus partes no se plegaron o lo hicieron mal, ingresa temporalmente en una chaperona sp60, dentro de la cual —aislada de los demás componentes citosólicos— termina de plegarse o deshace su plegamiento incorrecto y se pliega de nuevo, tratando de hacerlo sin errores.

Las proteínas destinadas al sistema de endomembranas, a diferencia de las citosólicas, debido a que a medida que salen del ribosoma ingresan en el retículo endoplasmático, se pliegan en la cavidad de este organoide, que cuenta con chaperonas hsp70.

Respecto de las proteínas destinadas a las mitocondrias, desde que salen del ribosoma son asistidas por chaperonas hsp70 citosólicas, las cuales las mantienen desplegadas hasta que llegan a su paradero.

Opuestamente, las proteínas destinadas a los peroxisomas los abordan después de haberse plegado en el citosol, de lo cual se deduce que se pliegan con la asistencia de chaperonas hsp70 y hsp60 citosólicas y que los peroxisomas carecen de chaperonas.

Lo mismo ocurre con las proteínas destinadas al núcleo, que tampoco posee chaperonas.

Debe agregarse que las chaperonas consumen energía derivada del ATP y que pueden ser reutilizadas apenas concluyen sus funciones.

En el citosol los proteasomas degradan a las proteínas que deben desaparecer:

En el citosol existen estructuras que desempeñan funciones opuestas a las de los ribosomas, ya que destruyen a las proteínas. Así, cuando una proteína debe desaparecer -porque se ha plegado mal, se ha dañado o su función ha concluido-, es degradada por un complejo enzimático llamado proteasoma.

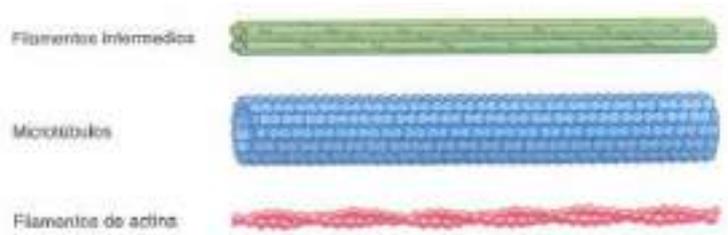
El proteasoma es de forma cilíndrica y se compone de varias proteasas dispuestas en torno a una cavidad central, adonde ingresa la proteína que va a ser degradada

Para poder ingresar en el proteasoma, las proteínas destinadas a desaparecer deben ser previamente "marcadas" por un conjunto de polipéptidos cito-sólicos iguales entre sí, de 76 aminoácidos cada uno, llamados ubiquitinas.

CITOESQUELETO:

Las células eucariotas poseen un almacén proteico filamentoso desplegado por todo el citosol, al que se le ha dado el nombre de citoesqueleto. Está integrado por tres clases de filamentos -los filamentos intermedios, los mi-crotúbulos y los filamentos de actina - y un conjunto de proteínas accesorias, clasificadas como reguladoras, ligadoras y motoras.

Las proteínas reguladoras controlan el nacimiento, el alargamiento, el acortamiento y la desaparición de los tres filamentos principales del citoesqueleto. Estos procesos se basan en las propiedades moleculares de los filamentos, puesto que son polímeros integrados por unidades monoméricas -dispuestas linealmente— que pueden sumarse o restarse.



Las proteínas ligadoras conectan a los filamentos entre sí o con otros componentes de la célula.

Las proteínas motoras sirven para trasladar macromoléculas y orgánulos de un punto a otro del citoplasma. También hacen que dos filamentos contiguos y paralelos entre sí se deslicen en direcciones opuestas, lo cual constituye la base de la motilidad, la contracción y los cambios de forma de la célula. Esta propiedad le confiere una función adicional al citoesqueleto, la de ser el "sistema muscular" de la célula, es decir, la citomusculatura.

El citoesqueleto da la forma -estable o cambiante- a las células.

En primer término serán analizados los filamentos intermedios, luego los microtúbulos y finalmente los filamentos de actina, cada uno con sus respectivas proteínas accesorias.

FILAMENTOS INTERMEDIOS:

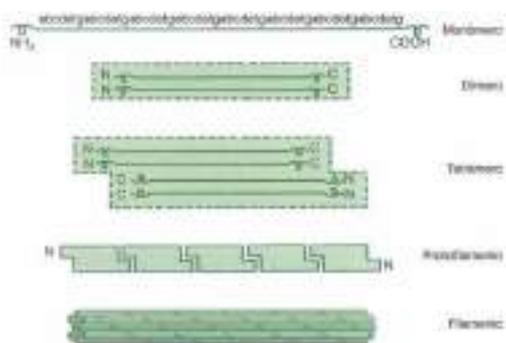


Fig. 5-2. Pasos en la formación de los filamentos intermedios y su organización estructural definitiva.

Se trata de polímeros lineales cuyos monómeros son proteínas que presentan una estructura en hélice α fibrosa.

Los filamentos intermedios se forman con el concurso de cuatro pares de protofilamentos, los cuales se adosan por sus lados y componen una estructura fibrilar de 10 nm de grosor. Contribuyen

al mantenimiento de la forma celular y establecen las posiciones de los orgánulos en el interior de la célula. No obstante, su función principal es de índole mecánica, de ahí que se encuentren mucho más desarrollados en las células sometidas a grandes tensiones.

1. Laminofilamentos: En todas, las células, apoyada sobre la cara interna de la envoltura nuclear existe una malla delgada de filamentos intermedios conocida como lámina nuclear, compuesta por filamentos intermedios llamados laminofilamentos, que son los únicos que no se localizan en el citosol. La lámina nuclear es responsable de la forma y la resistencia de la envoltura nuclear.
2. Filamentos de queratina: Se encuentran en las células epiteliales, especialmente en la epidermis y sus derivados, en las mucosas y en las glándulas. Una proteína ligadora denominada filagrina une a los filamentos de queratina donde se entrecruzan. Los monómeros de los filamentos de queratina se llaman citoqueratinas.
3. Filamentos de vimentina: Son muy comunes en las células embrionarios. En el organismo desarrollado se localizan en las células de origen mesodérmico, como fibroblastos, células endoteliales, células

sanguíneas, etc. La proteína ligadora que une a los filamentos de vimentina donde se entrecruzan es la plactina.

4. Filamentos de desmina: Se encuentran en el citoplasma de todas las células musculares, sean estriadas o lisas. Se unen entre sí mediante una proteína ligadora específica, denominada sinamina.
5. Neurofilamentos: Son los principales elementos estructurales de las neuronas, incluidas a las dendritas y el axón.
6. Filamentos gliales: Se encuentran en el citosol de los astrocitos y de algunas células de Schmann.

MICROTÚBULOS:

Son filamentos del citoesqueleto que se hallan en casi todas las células eucariotas. Se caracterizan por su aspecto tubular y porque son notablemente rectilíneos y uniformes. De acuerdo con su localización, los microtúbulos se clasifican en:

1. Citoplasmáticos, presentes en la célula en interfase.
2. Mitóticos, correspondientes a las fibras del huso mitótico.
3. Ciliares, localizados en el eje de los cilios.
4. Centriolares, pertenecientes a los cuerpos basales y los centriolos.

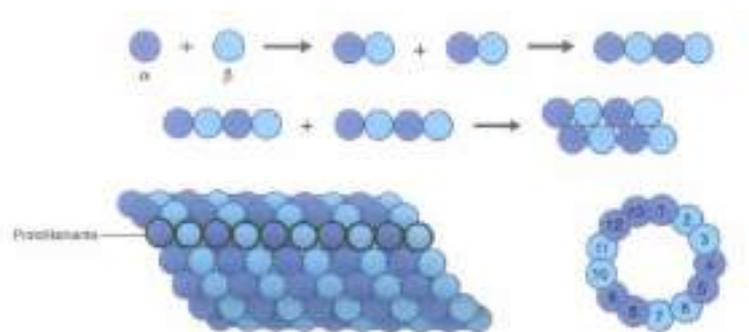
Las proteínas accesorias de los microtúbulos reciben el nombre de MAP.

Los microtúbulos citoplasmáticos nacen en una estructura contigua al núcleo llamada **centrosoma**. Desde allí se extienden por todo el citoplasma hasta arribar a la membrana plasmática, en la que se fijan. El centrosoma se llama también **centro organizador de los microtúbulos o MTOC**. Está compuesto por un par de **centríolos** o **diplosomas** y una sustancia que los circunda, la **matriz centrosómica**. Esta matriz contiene una red de fibras muy delgadas y un complejo de proteínas reguladoras denominadas **tubulinas**.

Los microtúbulos son polímeros compuestos por unidades proteicas llamadas **tubulinas**.

La tubulina es el componente monomérico de los microtúbulos

Los microtúbulos son polímeros compuestos por unidades proteicas llamadas tubulinas. A su vez, cada tubulina es un heterodímero, cuyas dos subunidades -denominadas α -tubulina y β -tubulina- son proteínas de tipo globular. Existen seis tipos diferentes de α -tubulinas y seis de β -tubulinas, pero siempre se combinan una α -tubulina con una β -tubulina, nunca dos α -tubulinas ni dos β -tubulinas entre sí.



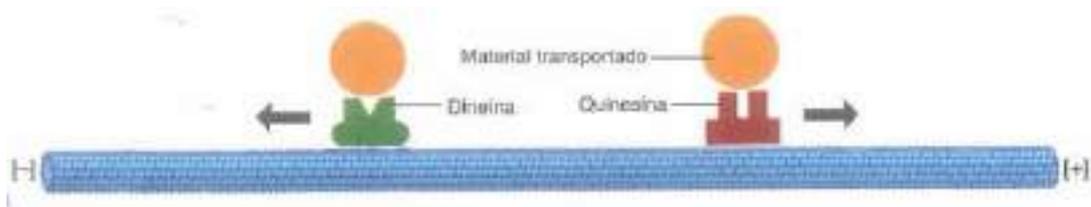
Las dos subunidades de las tubulinas son muy afines, lo cual permite que la subunidad α de cada tubulina pueda combinarse no sólo con la subunidad β del propio heterodímero, sino también - por medio de su extremo libre— con la subunidad β de otra tubulina.

Estas particularidades llevan a la formación de una estructura tubular cuya pared parece estar integrada por varios filamentos que recorren el eje longitudinal del microtúbulo, conocidos como protofilamentos.

Debido a la polaridad de las tubulinas, el propio microtúbulo resulta polarizado, ya que en uno de sus extremos quedan expuestas las subunidades α y en el otro las subunidades β . Los heterodímeros pueden agregarse (polimerizarse) o retirarse (despolimerizarse) por ambos extremos.

Uno de los extremos del microtúbulo se llama más [+]; el otro, menos [-]

Los microtúbulos citoplasmáticos son necesarios para el transporte de los orgánoides y las macromoléculas:

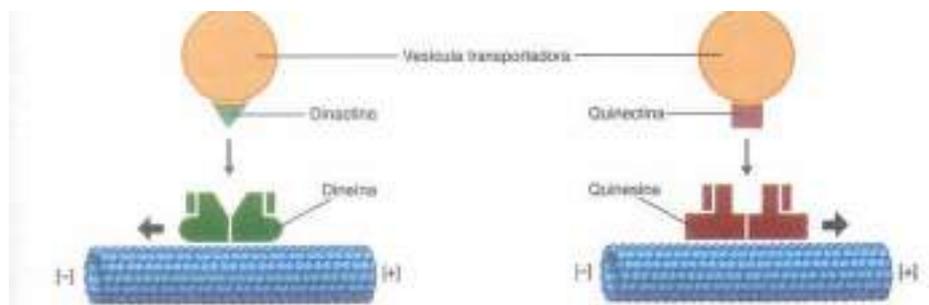


Los microtúbulos citoplasmáticos constituyen verdaderas vías de

transporte por las que se movilizan macromoléculas y orgánoides (mitocondrias, vesículas transportadoras, etc.) de un punto a otro del citoplasma. Esta función es realizada con la asistencia de dos proteínas motoras, la quinesina y la dineína. Cuando se hallan "cargadas" con el material a transportar, la **quinesina** se desliza hacia el extremo [+] del microtúbulo y la **dineína** hacia el extremo [-].

Estas proteínas motoras están compuestas por cuatro cadenas polipeptídicas, dos pesadas y dos livianas. Cada cadena pesada contiene un dominio globular (o cabeza) y uno fibroso (o cola). El fibroso se conecta con el material a transportar y el globular se une al microtúbulo.

En la membrana de los orgánoides y de las vesículas transportadoras se han identificado las proteínas transmembranas quinesina y dineína, con las cuales se unen la quinesina y la dineína, respectivamente. La energía consumida durante el transporte es aportada por el ATP, luego de su hidrólisis por ATPasas presentes en las cabezas de las proteínas motoras.



[FOTO]

Los microtúbulos citoplasmáticos contribuyen a establecer la forma celular:

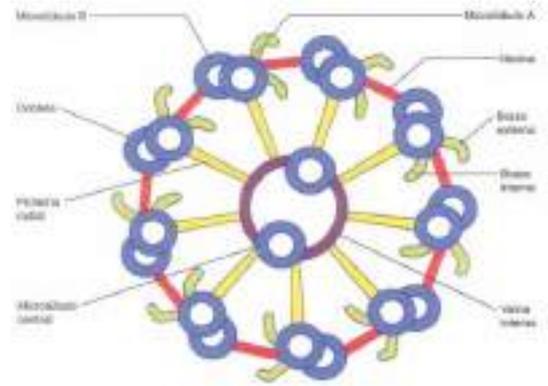
Los microtúbulos contribuyen al establecimiento de las formas que adquieren las células. Además, mediante proteínas accesorias, mantienen al retículo endoplasmático y al complejo de Golgi en sus posiciones en el citoplasma, lo que determina la polaridad celular. Se ha comprobado que en la estabilización de estos orgánoides intervienen, respectivamente, la quinesina y la dineína, dos proteínas motoras.

Los microtúbulos mitóticos movilizan a los cromosomas durante la mitosis y la meiosis

Los microtúbulos ciliares forman el eje de los cilios y los flagelos:

Los cilios son apéndices delgados que surgen de la superficie de diversos tipos celulares (fig.

1-6). Los de mayor longitud se llaman flagelos. Cada uno está compuesto por un eje citosólico -la matriz ciliar— envuelto por una prolongación de la membrana plasmática. En medio de dicha matriz, siguiendo el eje longitudinal del cilio, se encuentra un armazón filamentoso regular llamado axonema, integrado por varios microtúbulos paralelos entre sí asociados con proteínas accesorias. Más adelante describiremos su composición y sus funciones. Cada cilio nace en un **cuerpo basal** o **cinetosoma**, que es una estructura idéntica a un **centríolo** del diplosoma.



Los cilios se mueven:

Los cilios son estructuras que se mueven. Según las células en que se hallan, sus movimientos sirven para arrastrar fluidos y partículas (como ocurre en el árbol respiratorio), para desplazar a otras células (por ejemplo, los espermatozoides, el ovocito o el cigoto en la trompa uterina) o para movilizar a células autónomamente (por ejemplo, los espermatozoides).

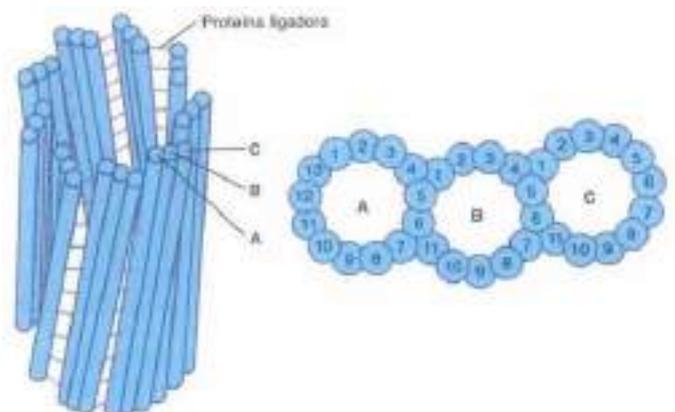
El movimiento ciliar puede ser pendular, unciforme, infundibuliforme u ondulante. En el movimiento pendular el cilio parece rígido y se flexiona en su base. En el unciforme (el más común en los metazoos) el cilio se dobla y adquiere la forma de un garfio. En el infundibuliforme, rota describiendo una figura cónica. En el ondulante, característico de los flagelos, el movimiento se desplaza desde el extremo proximal al extremo distal del cilio.

El movimiento ciliar es producido por el axonema y el axonema contiene proteínas ligadoras y proteínas motoras

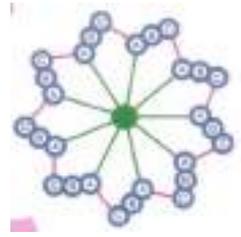
La estructura de los cuerpos basales es idéntica a la de los centríolos:

Los microtúbulos ciliares nacen en el cuerpo basal. Este se localiza por debajo de la membrana plasmática, a la altura de la raíz del cilio. Existen tantos cuerpos basales como cilios.

Los cuerpos basales se estudian junto con los centríolos del centrosoma porque son estructuralmente idénticos. Constituyen cilindros huecos abiertos en sus extremos. La pared del cuerpo basal o del centríolo está formada por 9 unidades microtubulares, cada una compuesta por tres microtúbulos fusionados entre sí, llamados A, B y C. El microtúbulo A es completo, pues posee 13 protofilamentos; en cambio, los microtúbulos B y C son incompletos, ya que contienen 11 protofilamentos cada uno.



Los 9 tripletes del cuerpo basal están conectados entre sí por dos clases de proteínas ligadoras. Unas son fibras cortas que enlazan el microtúbulo A de un triplete con el microtúbulo C del triplete vecino. Las otras son fibras largas que unen a los tripletes de forma semejante a los rayos de una rueda.



Los cuerpos basales se diferencian de los centriolos del diplosoma por las siguientes particularidades:

1. Los primeros se localizan cerca de la superficie celular (en la raíz de los cilios) y los segundos cerca del núcleo;
2. Los cuerpos basales no poseen la matriz centrosómica que envuelve a los centriolos;
3. Los cuerpos basales suelen estar formados por una sola unidad, mientras que los centriolos se presentan de a dos, ambos perpendiculares entre sí.

FILAMENTOS DE ACTINA:

El diámetro de los filamentos de actina es de 8 nm:

Los filamentos de actina o microfilamentos poseen un diámetro de 8 nm y son más flexibles que los microtúbulos. Suelen asociarse en haces o atados, de modo que raramente se los ve aislados (fig. 1-9).

Sobre la base de su distribución en la célula, los filamentos de actina se clasifican en: 1) corticales, los cuales se ubican por debajo de la membrana plasmática, donde constituyen el componente citosólico más importante transcelulares, dado que atraviesan el citoplasma en todas las direcciones

Como se describirá en la parte final del capítulo, los filamentos de actina también hacen posible la motilidad celular, forman el esqueleto de las microvellosidades e integran el armazón contráctil de las células musculares.

Los filamentos de actina son polímeros contruidos por la suma lineal de monómeros, cuyo ensamblaje les da a los filamentos una configuración helicoidal doble característica. Los monómeros se encuentran libres en el citosol, donde forman un depósito al que la célula recurre cuando los necesita. Cada monómero es un polipéptido de 375 aminoácidos que se halla asociado a un ADP o a un ATP; su estructura terciaria es globular, de ahí que reciba el nombre de actina G.

Al igual que los microtúbulos, los filamentos de actina poseen un extremo [+] y un extremo [-] (sección 5-6); por el primero se alargan y se acortan más rápidamente que por el segundo. Esta bipolaridad se debe a que los propios monómeros la poseen.

Los filamentos de actina contribuyen a establecer la forma celular:

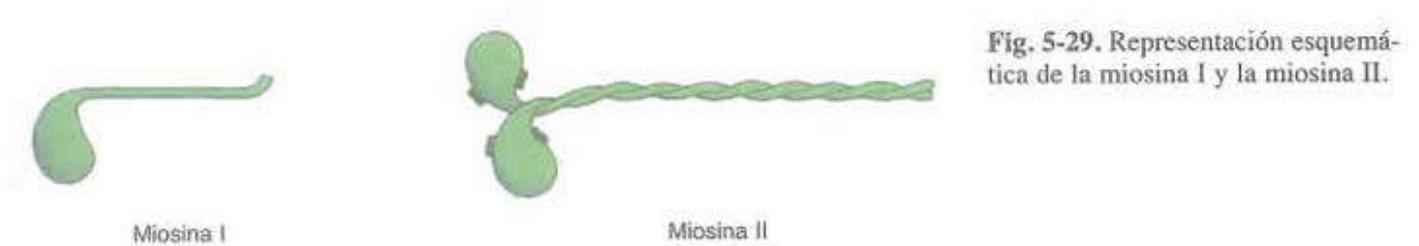
Hemos visto que existen haces de filamentos de actina que se concentran por debajo de la membrana plasmática (corticales) (fig. 5-24) y otros que cruzan el citoplasma de lado a lado (transcelulares) (fig. 5-25). Ambas localizaciones contribuyen, entre otras funciones, al establecimiento de la forma celular.

Las concentraciones y las funciones de ambos filamentos difieren según que las células sean epiteliales o conectivas. En las primeras prevalecen los filamentos corticales, que son los que establecen la forma celular. En las segundas, tal prevalencia y función les corresponde a las fibras transcelulares.

En ambos tipos celulares los filamentos corticales son también responsables de la morfología de la parte periférica de la célula.

En las células epiteliales los filamentos de actina corticales forman una malla por debajo de la membrana plasmática

En las células epiteliales los filamentos de actina transcelulares sirven para transportar orgánoides:



Al igual que en todos los tipos de células, en las epiteliales los filamentos de actina transcelulares se hallan tendidos entre puntos opuestos de la membrana plasmática y entre ésta y la envoltura nuclear, de modo que atraviesan el citoplasma en múltiples direcciones (fig. 5-25). Asimismo, cerca de la envoltura nuclear existe una red de filamentos de actina que descansa sobre la malla perinuclear de filamentos intermedios (sección 5-2); a esa red se ligan los filamentos de actina que parten de la envoltura. En cambio, del lado de la membrana plasmática los filamentos transcelulares se conectan con los filamentos de actina corticales o se unen a proteínas membranosas especiales.

Los filamentos de actina transcelulares actúan como vías para transportar orgánoides por el citoplasma. Este transporte es mediado por las proteínas motoras miosina I y miosina V.

La miosina I posee una cabeza y una cola, pues uno de sus extremos es globular y el otro fibroso. Cuando esta proteína motora funciona, su cola se liga a la membrana del organoide que va a ser trasladado - por lo general una vesícula del sistema de endomembranas (cap. 7-1)- y su cabeza se une intermitentemente a un filamento de actina vecino, esto último porque la cabeza de la miosina I cambia de posición repetidamente. Las uniones y desuniones alternadas hacen que la miosina I se deslice en dirección del extremo [+] del filamento de actina. Los cambios de posición de la cabeza -responsables de dicho deslizamiento— consumen ATP, que es hidrolizado a ADP y P por una ATPasa dependiente de Ca^{2+} situada en la propia cabeza. La miosina I se

desplaza aproximadamente 10 nm por cada ATP que consume. La miosina V "camina" sobre el filamento de actina.

En las células conectivas los filamentos de actina trans celulares se llaman fibras tensoras

En las células conectivas los filamentos de actina corticales experimentan incesantes modificaciones

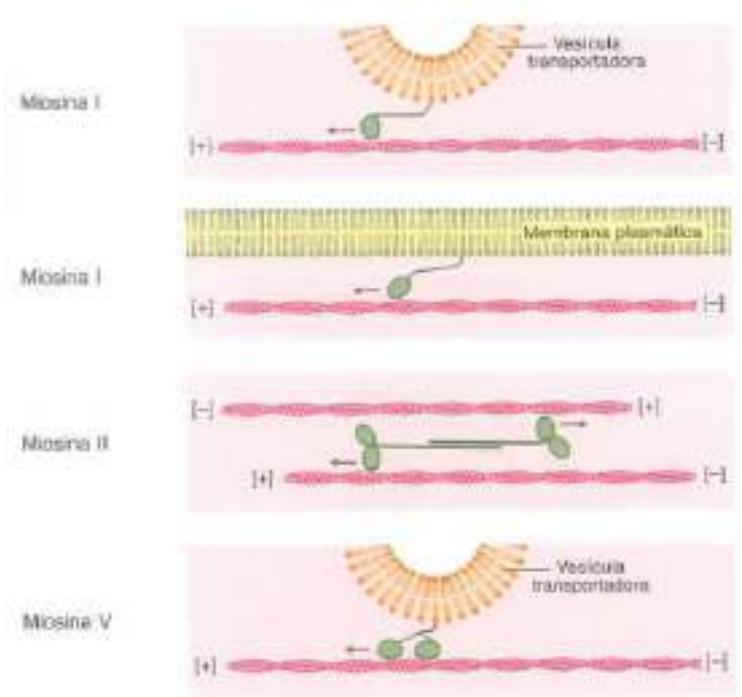
Los filamentos de actina desempeñan funciones salientes durante la motilidad celular:

La migración celular es un fenómeno muy común durante el desarrollo em-brionario, decisivo no sólo para la formación de los tejidos y los órganos sino también para el ordenamiento y la orientación espacial de la mayoría de las estructuras corporales. En el organismo desarrollado la migración celular cumple importantísimas funciones vinculadas con su defensa y la reparación tisular.

A diferencia de las células musculares, en las cuales los filamentos de actina no se acortan ni se alargan, en las células locomotrices (capacidad de moverse de un lugar a otro) el citoesqueleto presenta un gran dinamismo, ya que la motilidad celular se debe a cambios continuos en sus componentes, que incluyen polimerizaciones y despolimerizaciones por parte de los filamentos de actina.

Los filamentos de actina desempeñan funciones salientes durante la motilidad celular: La migración celular es un fenómeno muy común durante el desarrollo embrionario, decisivo no solo para la formación de los tejidos y los órganos sino también para el ordenamiento y la orientación espacial de la mayoría de las estructuras corporales. En el organismo desarrollado la migración celular cumple importantísimas funciones vinculadas con su defensa y la reparación tisular. La motilidad celular se debe a cambios continuos en sus componentes, que incluyen polimerizaciones y despolimerizaciones por parte de los filamentos de actina.

La célula migratoria adquiere un aspecto poligonal. Luego, a consecuencia de largas y extensas modificaciones en los filamentos de actina corticales, en el extremo de la célula correspondiente al futuro movimiento se forman varias láminas citoplasmáticas horizontales llamadas lamelipodios, de cuyos bordes libres nacen prolongaciones digitiformes denominadas **filopodios**. Tanto los lamelipodios como los filopodios alternan períodos de alargamiento con períodos de acortamiento, los cuales son esenciales para la motilidad celular. Además de alargarse y acortarse, los lamelipodios se mueven permanentemente, lo cual es posible porque en sus raíces hay moléculas de miosina II diméricas que hacen deslizar a los filamentos de actina en direcciones opuestas. Los alargamientos y acortamientos de los filopodios se explican por la presencia en sus ejes de haces de filamentos de actina que alternan ciclos de polimerización con otros de despolimerización.



En primer lugar, los filopodios se alargan. Luego, a través de sus puntas algunos se anclan en fibras colágenas de la matriz extracelular mediante moléculas de fibronectina. A continuación, mientras los filopodios anclados se acortan (lo cual tracciona a la célula hacia los puntos de anclaje), otros filopodios se alargan y se anclan en fibras colágenas situadas más adelante en la matriz extracelular. Finalmente, los primeros filopodios se desprenden de las fibras colágenas y los segundos se acortan, de modo que la célula avanza un poco más. La migración celular resulta de la reiteración de estos episodios.

La locomoción celular guiada por gradientes de concentración de moléculas no solubles en el medio extracelular (como ocurre con la fibronectina) se denomina **haptotaxis**.

Los desplazamientos de las células son también dirigidos por sustancias solubles emitidas por otras células, que pueden provocar su atracción o repulsión. Si existe atracción, el fenómeno lleva el nombre de quimiotaxis, que define la conducción de las células migratorias hacia el lugar de mayor concentración de la sustancia soluble. El fenómeno opuesto a la **quimiotaxis**, es decir, la quimiorrepulsión, depende de una proteína denominada semaforina.

El avance de los axones presenta algunas semejanzas con la motilidad celular:

Las neuronas se hallan conectadas entre sí y con las células musculares y secretorias por medio de prolongaciones citoplasmáticas llamadas axones. Las células así conectadas pueden estar separadas por distancias considerables, y la mayoría de las conexiones se establecen durante el desarrollo embrionario. Cualquiera sea la distancia que las separa, generalmente la neurona no necesita migrar para tomar contacto con la otra célula; solo crece su axón, por lo que su cuerpo permanece en el sitio inicial. Para poder alargarse y avanzar, el axón desarrolla en su extremo distal una especialización llamada cono de crecimiento.

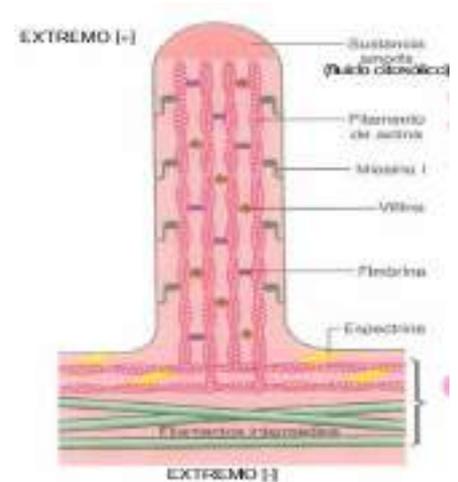
Durante la histogénesis del sistema nervioso central algunas neuronas del tubo neural primitivo deben migrar desde las cercanías de la luz del tubo hasta lugares próximos a su superficie externa. Intervienen elementos de la neuroglia (las llamadas células gliales radiales), que transitoriamente forman soportes filamentosos sobre los cuales las neuronas “reptan” hacia los puntos de destino. Se ha descubierto una proteína que permite el establecimiento de uniones intermitentes entre la membrana plasmática de la neurona y la membrana plasmática de la célula glial radial, imprescindibles para la reptación. La proteína se llama astrotractina en virtud de que las células radiales se convierten en astrocitos una vez terminada la migración.

A medida que van ocupando los lugares vacíos, las células se reproducen en los cultivos de tejidos migran y establecen contactos con sus vecinas. No obstante, cuando una célula queda rodeada por otras, deja de dividirse y pierde su motilidad. Este fenómeno, denominado **inhibición por contacto**, ocurre en todas las células del cultivo, por lo que terminan formando una monocapa celular característica.

La citocinesis tiene lugar en las postrimerías de la mitosis, al formarse un anillo contráctil compuesto por filamentos de actina y miosinas II por debajo de la membrana plasmática en la zona ecuatorial de la célula en división. La citocinesis se produce a raíz de que cada miosina II se desliza sobre dos filamentos de actina en direcciones contrarias. La suma de estos deslizamientos hace aparecer un surco en la superficie celular, que al profundizarse genera un estrangulamiento que culmina con la partición de la célula.

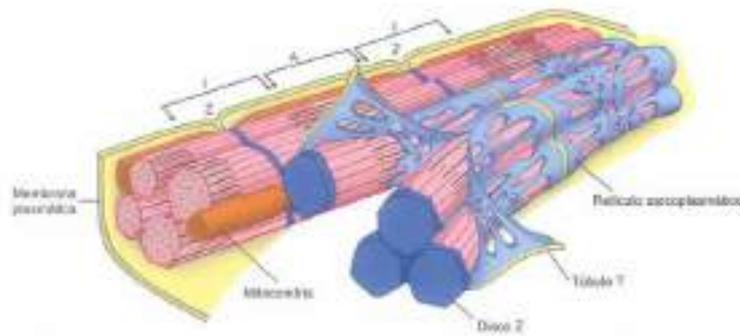
En las microvellosidades existen filamentos de actina estables:

Las microvellosidades son proyecciones citoplasmáticas nacidas de la superficie celular, rodeadas por membrana plasmática. Debido a que incrementan la superficie de la membrana plasmática, permiten una mayor absorción de agua y de solutos por parte de la célula. El eje citosólico de cada microvellosidad está constituido por una matriz que contiene 20 a 30 filamentos de actina paralelos, cuyos extremos [-] y [+] se hallan en la raíz y en la punta de la microvellosidad, respectivamente. Dado que no se alargan ni se acortan, se dice que estos filamentos de actina son estables.



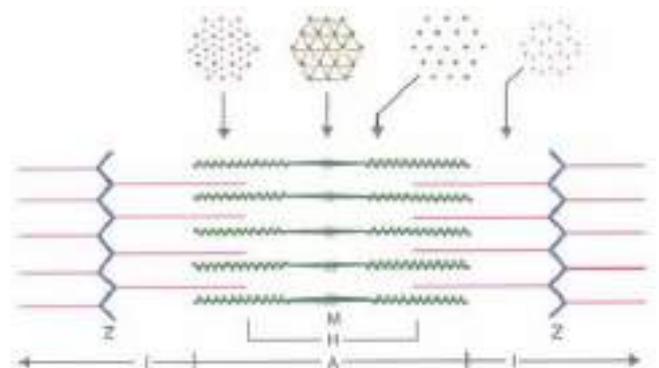
Los filamentos de actina corticales están conectados entre sí y con la membrana plasmática mediante moléculas de espectrina, equivalentes a las fodrinas. Los filamentos de actina y los filamentos intermedios componen un enrejado por debajo de la membrana plasmática que lleva el nombre de membrana terminal, desde la cual nacen los filamentos de actina que ingresan en las microvellosidades. Además, los filamentos de actina más periféricos se conectan con proteínas integrales de la membrana plasmática por intermedio de moléculas de miosina I.

En la contractilidad de las células musculares estriadas intervienen filamentos de actina y varias proteínas accesorias:



Los componentes del citoesqueleto comprometidos en la actividad mecánica de estas células forman estructuras regulares y estables, adaptadas para acortarse durante la contracción y alargarse en los períodos de reposo.

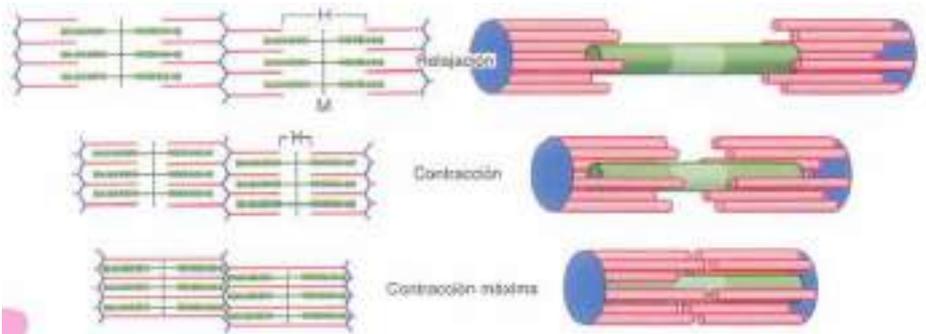
La maquinaria contráctil de las células musculares está representada por unas estructuras regulares derivadas del citoesqueleto, las miofibrillas. Estas son tan largas como las propias células y se disponen paralelamente una al lado de la otra. La miofibrilla está compuesta por una sucesión lineal de unidades contráctiles denominadas sarcómeros que entre los sarcómeros existe una estructura electro-densa, el disco Z, localizada en medio de una región poco densa, la banda I (por isotrópica). A lo largo de las miofibrillas las bandas I se alternan con otras más densas, las bandas A (por anisotrópica), y en la parte media de éstas se distingue una zona de menor densidad -la banda H - dividida a su vez por la línea M, más densa que la H.



Las distintas bandas resultan de la variación periódica en la superposición de las proteínas citoesqueléticas a lo largo de las miofibrillas. Como cada banda se encuentra a la misma altura en todas las miofibrillas, en conjunto generan una alternancia de zonas de diferente densidad, que es la que le confiere la designación de estriado a esta clase de músculo.

La contracción de una célula muscular es el resultado de la suma de los acortamientos de todos los sarcómeros de todas las miofibrillas. A su vez, la contracción global del músculo es consecuencia de la suma de las contracciones individuales de todas sus células.

Esquemas que muestran, en un conjunto de seis sarcómeros, el mecanismo de relajación-contracción del músculo estriado. Durante la relajación la bandas H'se amplían. Durante la contracción los filamentos de actina se deslizan hacia las líneas



M y el ancho de las bandas A se reduce. Con la contracción máxima los extremos libres de los filamentos de actina pueden llegar hasta las líneas M. Derecha. Esquemas tridimensionales de un sarcómero del músculo estriado en estados de relajación, contracción y contracción máxima.

La unión de las células entre sí y con la matriz extracelular:

Los organismos multicelulares están compuestos no sólo por células sino también por elementos intercelulares. Estos últimos se agrupan bajo el nombre de matriz extracelular:

Las funciones más importantes de la matriz extracelular son:

- Rellenar los espacios no ocupados por las células;
- Conferir a los tejidos resistencia a la compresión y al estiramiento;
- Constituir el medio por donde llegan los nutrientes y se eliminan los desechos celulares;
- Proveer a diversas clases de células de puntos fijos donde aferrarse;
- Ser un vehículo por donde migran las células cuando se desplazan de un punto a otro del organismo;
- Ser un medio por el que arriban a las células las sustancias inductoras (señales) provenientes de otras células.

Los componentes de la matriz extracelular pueden clasificarse en fluidos, que corresponden principalmente a glicosaminoglicanos y proteoglicanos; y fibrosos que se dividen en proteínas estructurales (colágeno) y proteínas adhesivas (fibronectina, laminina).

En la matriz extracelular, las proteínas estructurales más importantes corresponden a las fibras colágenas, las cuales están compuestas por fibrillas. La unidad molecular básica de la fibrilla es el tropocolágeno, que está integrado por tres cadenas polipeptídicas del mismo tamaño trenzadas en forma helicoidal.

La fibronectina es una glicoproteína fibrosa compuesta por dos subunidades polipeptídicas ligadas entre sí por un puente disulfuro cercano a sus extremos carboxilo. Cada subunidad posee dos dominios; uno se conecta con una proteína de la membrana plasmática de la célula y el otro con la fibra colágena.

La laminina es una glicoproteína fibrosa integrada por tres subunidades polipeptídicas unidas por puentes disulfuro.

Uniones de las células con la matriz extracelular:

Las células de algunos tejidos conectivos, aunque puedan moverse, suelen permanecer en sus sitios debido a que establecen uniones más o menos duraderas con componentes fijos de la matriz extracelular.

En esas uniones intervienen, del lado de las células, los contactos focales, mientras que los componentes fijos de la matriz extracelular corresponden a las fibras colágenas. Cada contacto focal consta de una proteína transmembranosa llamada integrina, cuyo dominio interno está unido a haces de filamentos de actina denominados fibras tensoras. Es precisamente la integrina el componente del contacto focal que se conecta con la fibra colágena de la matriz extracelular.

En los epitelios, las células basales se vinculan con una parte especializada de la matriz extracelular conocida como lámina basal. La conexión entre las células y la lámina es bastante firme, ya que se produce mediante unas estructuras llamadas hemidesmosomas; que poseen integrinas que se hallan agrupadas, sus dominios citosólicos se unen a filamentos intermedios de queratina y sus dominios externos se conectan a una red de colágeno de tipo IV.

Uniones transitorias entre las células:

Durante las respuestas inmunitarias, la reparación de las heridas y la detención de las hemorragias es necesario que algunos tipos celulares establezcan uniones transitorias con otras clases de células. Las uniones se producen gracias a los fenómenos biológicos llamados reconocimiento y adhesión celular.

Ambos tienen lugar cuando determinadas células de la sangre se conectan fugazmente con las células endoteliales de los capilares sanguíneos, lo cual es un prerequisite para poder salir de la sangre y pasar a los tejidos. La adhesión se produce porque en la membrana plasmática de las células sanguíneas existen glicolípidos y glicoproteínas que interactúan específicamente con glicoproteínas complementarias, llamadas selectinas, presentes en la membrana plasmática de las células endoteliales.

Uniones estables entre las células:

Las células de los epitelios se ligan entre sí de manera estable por medio de cuatro tipos de uniones: unión oclusiva, cinturón adhesivo, desmosoma y unión comunicante.

La unión oclusiva, llamada también unión estrecha, adhiere firmemente a las membranas plasmáticas de las células epiteliales contiguas por medio de una franja de conexión no muy ancha, situada inmediatamente por debajo de la superficie libre del epitelio. A nivel de la unión oclusiva las membranas plasmáticas de las células enfrentadas contienen, entre otras, dos clases de proteínas integrales, llamadas claudinas y ocludinas. Además de unir a las células y de impedir el pasaje de sustancias a través de los epitelios, las uniones oclusivas determinan que las composiciones moleculares de las regiones apical y basolateral de las membranas plasmáticas de las células epiteliales sean diferentes entre sí.

El cinturón adhesivo es otro tipo de unión que desarrollan las células epiteliales para mantenerse ligadas entre sí. Se localiza por debajo de la unión oclusiva y en su composición intervienen glicoproteínas transmembranosas de la familia de las cadherinas y la franja de filamentos de actina corticales.

El nombre del cinturón adhesivo hace referencia a las dos características más notorias de este tipo de unión: la posición circular de las cadherinas y los filamentos de actina y la propiedad de las primeras de adherirse mutuamente.

Los desmosomas constituyen uniones puntiformes entre las células epiteliales contiguas, por lo que han sido comparados con remaches. Se hallan por debajo del cinturón adhesivo, distribuidos irregularmente en las paredes laterales de las células. El desmosoma incluye un grupo de glicoproteínas transmembranas de la familia de las cadherinas, denominadas desmogleína I, desmocolina I y desmocolina II. Igual que en el cinturón adhesivo, las cadherinas de las membranas adyacentes se unen entre sí por sus dominios externos. En cambio, sus dominios citosólicos asocian con filamentos intermedios de queratina.

Además de unir fuertemente a las células epiteliales entre sí, los desmosomas y los filamentos de queratina componen una red transcelular extendida por todo el epitelio, al que le confieren una gran resistencia mecánica.

Las uniones comunicantes son canales que comunican citoplasmas de las células epiteliales adyacentes.

Cada canal está compuesto por un par de conexones, que son estructuras cilíndricas huecas que atraviesan las membranas plasmáticas de las células enfrentadas. La pared del conexón resulta de la asociación de seis proteínas transmembranas idénticas que delimitan un conducto central. Estas proteínas se llaman conexinas y se unen con sus similares el conexón de la membrana plasmática opuesta, lo que da lugar a un canal que comunica a las dos células.

A través de las uniones comunicantes circulan:

- Nutrientes.
- Sustancias que actúan como señales.
- Potenciales eléctricos de acción.

Las conexiones entre las células vegetales:

Una característica de la mayoría de las células vegetales es la presencia de puentes entre sus citoplasmas, lo que las hace continuas. Estos puentes, denominados plasmodesmos, atraviesan la pared celular pectocelulósica. La presencia de plasmodesmos permite la libre circulación de líquidos y solutos, tan importantes para mantener la tonicidad de la célula vegetal. Es posible que dejen pasar también algunas macromoléculas.