

MEMBRANA CITOPLASMÁTICA

Inicialmente diremos que es una envoltura continua que rodea a la célula y la caracterizamos por:

- + Es una capa delgada de 75 Å a 100 Å, por lo que no es visible al M.O.
- + Define la extensión de la célula y establecen sus límites
- + Constituyen barreras **selectivamente permeables**, dado que impiden el intercambio indiscriminado de sustancias entre el citoplasma y el medio extracelular. La membrana plasmática, gracias a sus propiedades fisicoquímicas, está capacitada para transportar de un lado a otro de la misma determinados solutos, macromoléculas y complejos macromoleculares. Sin embargo, hay moléculas, que a pesar de ser tóxicas para la célula, pueden ingresar sin dificultad a la misma a través de la membrana. Un ejemplo sería el CO (monóxido de carbono).
- + Controlan las interacciones de la célula con el medio extracelular (tanto con la matriz extracelular como con otras células vecinas). Permite a las células reconocerse, adherirse entre sí cuando sea necesario e intercambiar materiales e información.
- + Intervienen en las **respuestas a señales externas** a la célula. La membrana posee receptores, que son moléculas o conjuntos de moléculas, capaces de reconocer y responder a señales provenientes del medio extracelular portando información específica. Cuando dichas señales llegan hasta la membrana plasmática, se desencadenan **señales internas** en la célula, tanto activadoras como inhibitorias de distintos procesos celulares.

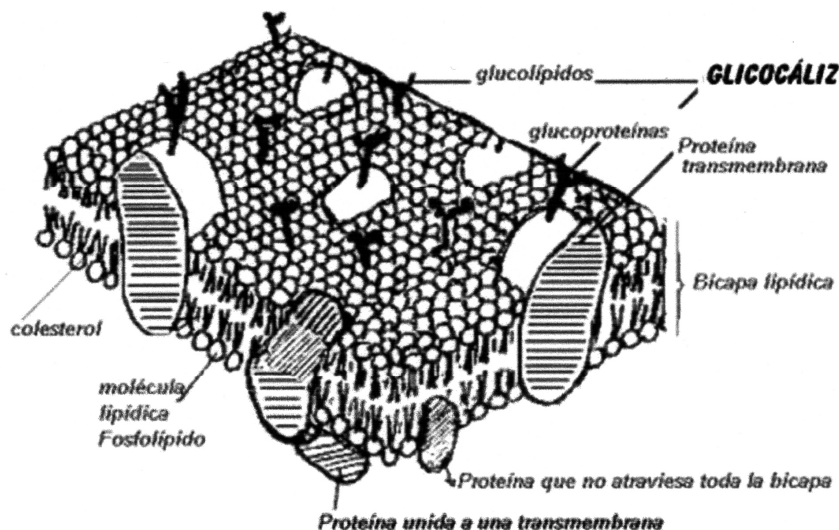
La mejora de las técnicas de preparación para la observación al ME permitió ver que en realidad las membranas poseen un aspecto granuloso y asimétrico.

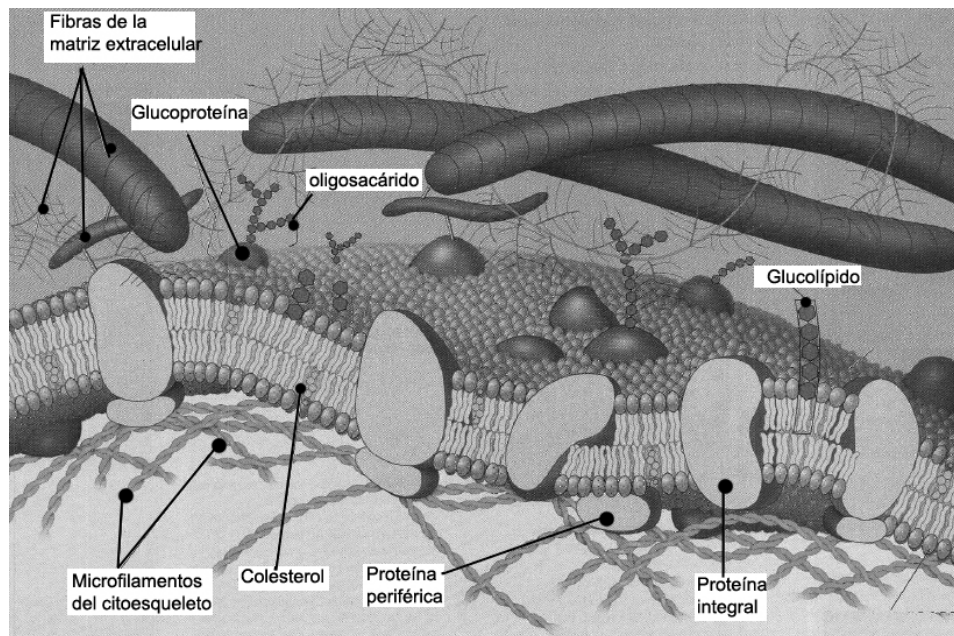
El modelo actual se denomina *mosaico fluido* y se debe a Singer, Nicolson

En este modelo se establece que los fosfolípidos forman una bicapa en la cual las regiones no polares de cada capa se encuentran hacia adentro de la misma y las regiones polares de cada capa se encuentran hacia afuera, en interacción con el medio acuoso. Las proteínas se encuentran embebidas en este "mar" de fosfolípidos con interacciones generalmente de tipo no covalente.

La asimetría se debe sobre todo a la presencia de un glucocáliz o cubierta celular (oligosacáridos unidos a proteínas o a lípidos en la parte que mira hacia fuera) y que la **composición lipídica de las dos mitades de la bicapa es marcadamente diferente**

Modelo mosaico-fluido



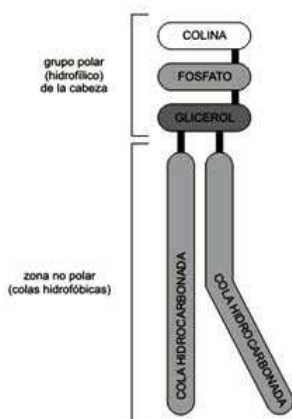
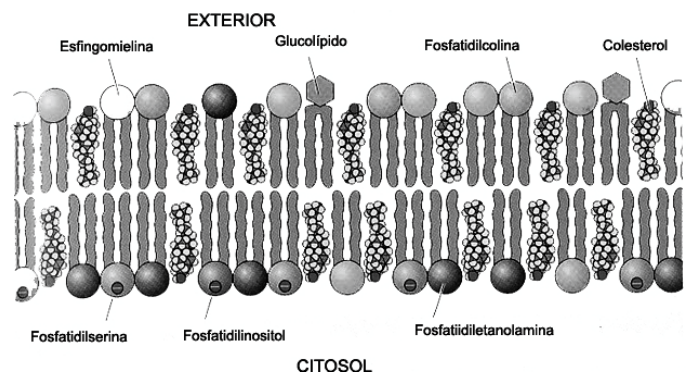


Lípidos de la membrana.

Se encuentran dispuestos en una bicapa y sirven de barrera relativamente impermeable a la mayoría de las sustancias polares (solubles en el agua).

Las moléculas lipídicas son insolubles en agua y constituyen aproximadamente un 50 % de la masa de la mayoría de las membranas plasmáticas de las células animales, siendo casi todo el resto proteínas. Todas las moléculas lipídicas en las membranas celulares son anfipáticas—es decir, tienen un extremo hidrofílico ("que se siente atraído por el agua" o polar) y un extremo hidrofóbico ("que rehúye el agua" o no polar).

Las más abundantes de estas moléculas son los fosfolípidos. Los fosfolípidos tienen una cabeza polar y dos colas hidrocarbonadas hidrofóbicas. Las colas suelen ser ácidos grasos, y pueden tener diferente longitud (normalmente contienen de 14 a 24 átomos de carbono). Normalmente una de las colas presenta uno o más dobles enlaces cis (es decir, es insaturada) mientras que la otra normalmente no tiene dobles enlaces (es decir, es saturada). Cada doble enlace cis genera una suave curvatura en la cadena.



Tres tipos principales

- **FOSFOLÍPIDOS.-** (Fosfatidiletanolamina, fosfatidilserina, fosfatidilcolina, esfingomielinas)
- **COLESTEROL.** - Regula la fluidez de la membrana. (Las membranas de las células vegetales y de las células procariotas carece de colesterol)
- **GLUCOLÍPIDOS.-** Con la parte glucídica en el exterior

Fosfolípidos.- Todos los lípidos son anfipáticos (es decir, con un extremo hidrofílico o polar y lo demás hidrofóbico o no polar)

La presencia de ácidos grasos insaturados aumenta la fluidez de la membrana, debido a la curvatura de las colas a la altura de los dobles enlaces. Esto impide, o al menos dificulta, que las colas hidrocarbonadas se compacten, restringiendo así las interacciones entre ellas.

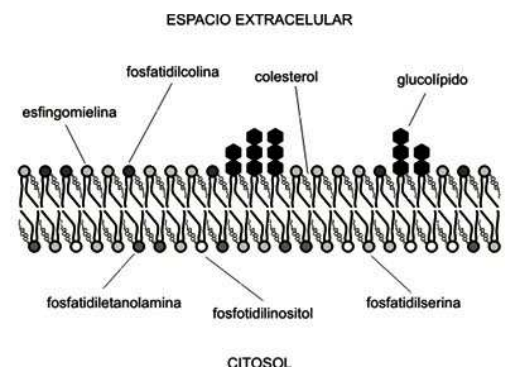
El **colesterol** es un esteroide que se encuentra en un alto porcentaje en la membrana plasmática de las **células animales**. Su concentración varía mucho de un tipo de membrana a otro; en animales hay membranas donde el colesterol constituye hasta el 50% del total de los lípidos.

Contrariamente, la mayoría de las células vegetales y bacterianas carecen de colesterol.

El colesterol, al ser también una molécula anfipática, presenta una orientación similar a la de los fosfolípidos: el grupo hidroxilo (polar) se orienta hacia el exterior de la bicapa y el sector hidrofóbico hacia el interior de la misma.

Inmoviliza los primeros carbonos de las cadenas hidrocarbonadas. Esto hace a la membrana menos deformable y **menos fluida**, es decir, la estabiliza.

Previene el compactamiento de las cadenas hidrocarbonadas a bajas temperaturas, ya que evita que las colas se junten, aumenten las interacciones débiles entre las mismas y adopten una estructura compacta.



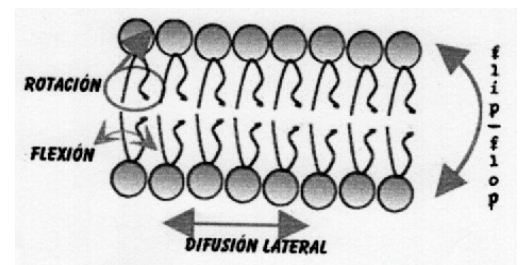
La bicapa lipídica es asimétrica, es decir la composición de las dos mitades es diferente.

FLUIDEZ.-

Las moléculas lipídicas pueden difundir libremente dentro de la bicapa mediante movimientos:

- **Difusión lateral (el más frecuente)**
- **Rotación**
- **Flexión**
- **Flip-flop**

El hecho de poder difundir es lo que se conoce como fluidez



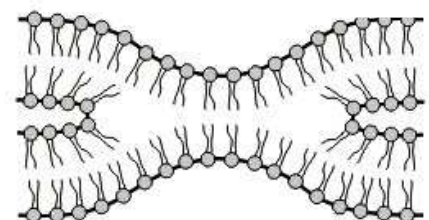
Los lípidos forman espontáneamente bicapas que tienden a cerrarse sobre sí mismas. Esto hace posible que los compartimentos formados por bicapas lipídicas se cierren de nuevo si se rompen (autosellado).

Los lípidos extraídos de las membranas celulares se disponen en lamelas (películas formadas por una doble capa) que al dispersarse en el agua, las lamelas pueden disponerse en capas concéntricas en forma de hojas de cebolla.

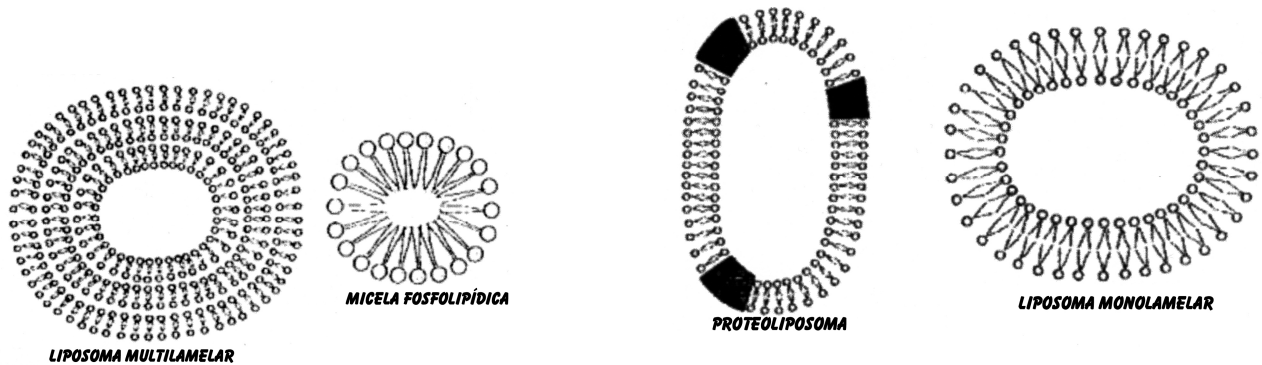
Las membranas tienen una elevada capacidad para fusionarse entre sí.

Por ejemplo, cuando una vesícula se aproxima a la membrana plasmática, a una cisterna o, inclusive, a otra vesícula, al entrar en contacto ambas superficies, las dos membranas se fusionan, constituyendo a partir de ese momento una sola membrana. **Este fenómeno explica el tránsito de sustancias desde un compartimento celular a otro, y desde las endomembranas a la membrana plasmática.**

Fusión de dos membranas



Cuando los liposomas multilamelares se someten a radiación ultrasónica se forman estructuras de una sola capa llamadas vesículas lipídicas monolamelares o liposomas monolamelares.



Existen técnicas que permiten incorporar a los liposomas proteínas dando origen a los **proteoliposomas**. Los proteoliposomas tienen gran futuro para la administración de fármacos vehiculizados dentro de estas vesículas fosfolipídicas artificiales. Cuando el liposoma se aproxima a la célula blanco (o target), la membrana del liposoma se fusiona con la membrana plasmática liberando su contenido directamente en el citoplasma de la célula. Este fenómeno permite que el contenido del liposoma sólo sea captado por ciertos tipos celulares y no por otros. Técnicas basadas en esta propiedad de las membranas se utilizan, por ejemplo, para combatir células tumorales

La fluidez de la bicapa lipídica depende de

- **El grado de insaturación de las cadenas hidrocarbonadas de ácidos grasos.** Cuantos más ácidos grasos existan con insaturaciones (dobles enlaces) mayor es la fluidez. Por el contrario cuanto mayor sea el nº de ácidos grasos saturados (sin dobles enlaces), menor será la fluidez, es decir, la bicapa será más viscosa (gel)
 - **La presencia de colesterol** en las membranas de las células eucariotas animales. El colesterol es el principal regulador de la fluidez de la membrana, disminuye la fluidez porque su rígido anillo esteroideo interfiere con los movimientos de las cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos. Sin embargo a bajas temperaturas evita el drástico descenso de la fluidez pues evita que las cadenas hidrocarbonadas de ácidos grasos se junten y adopten por ello una estructura rígida.
 - El colesterol aumenta la flexibilidad y la estabilidad mecánica de la bicapa
 - **La temperatura.** En todas las células las membranas contienen una mezcla de diferentes lípidos y son fluidas a la temperatura en la que esa célula se desarrolla. Por debajo de una determinada temperatura (*temperatura de transición*) que depende de la composición lipídica, las cadenas hidrocarbonadas adoptan una estructura rígida o de gel, lo que impide que la membrana realice sus funciones. Los organismos ectotermos o poiquilotermos, en los que su temperatura varía con la del medio ambiente, alteran la composición de los ácidos grasos de la membrana para mantener su fluidez.
- En general a menor temperatura menos fluidez y al revés.**

Proteínas de membrana

Mientras que los lípidos forman la matriz a las proteínas les corresponde la realización de funciones específicas como son por ejemplo:

- ✚ **Transporte de sustancias específicas**
- ✚ **Receptores de señales químicas**
- ✚ **Funcionar como enzimas que catalizan reacciones metabólicas asociadas a las membranas**

➤ Por lo que se refiere a su **localización** o forma de **asociarse a los lípidos**

1. - **Atravesando la bicapa lipídica, son las proteínas transmembrana**
2. - **No atravesando toda la bicapa, exponiendo uno de sus extremos al medio acuoso externo o interno.**
3. - **Unidas no covalentemente a proteínas transmembrana**
4. - **Unidas covalentemente a cadenas de ácidos grasos de los lípidos de membrana**

➤ En cuanto a su **morfología**:

1. **Proteínas hélice alfa que adoptan forma espiral cerrada**, su estructura no está replegada dentro de la membrana. Los aminoácidos se disponen de forma que las cadenas laterales se proyectan hacia el exterior de la hélice.
2. **Proteínas de tipo globular** su cadena de aminoácidos se encuentra replegada dentro de la bicapa

➤ Según su **ubicación en la membrana se clasifican en:**

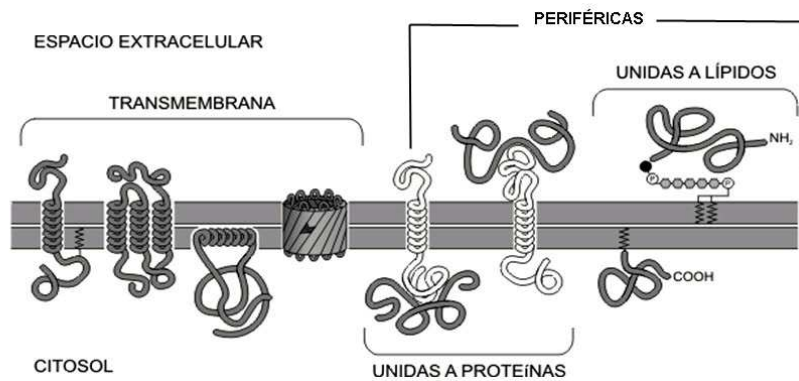
 **-Proteínas intrínsecas, integrales o transmembrana:** Pueden atravesar total o parcialmente la bicapa, asomando a una o ambas superficies de la misma. Únicamente pueden ser extraídas de la membrana por medio de detergentes que rompen la bicapa. Tienen un sector hidrofóbico, que es el que esta insertado en la membrana y una o dos regiones hidrofílicas, expuestas a los medios intra y extracelulares (ambos acuosos). De lo anterior se deduce que estas proteínas son moléculas anfipáticas. La porción que atraviesa la membrana suele presentar una estructura de alfa hélice con una elevada proporción de aminoácidos hidrofóbicos que interaccionan con las colas hidrocarbonadas de la matriz de la membrana. El sector proteico (también llamado **dominio**) expuesto a los medios acuosos suele tener estructura globular e interacciona con las cabezas polares de los fosfolípidos y con otras moléculas a través de uniones iónicas y puente de hidrógeno.

Dentro de las proteínas integrales encontramos:

- Proteínas **monopaso**: La proteína “atraviesa” una sola vez la membrana.

 Proteínas **multipaso**: La cadena polipeptídica atraviesa dos o más veces la bicapa lipídica. Por lo tanto, esta posee varias regiones hidrofóbicas insertadas en la matriz de la membrana, alternadas con sectores hidrofílicos que se exponen hacia los medios acuosos. Algunas proteínas multipaso atraviesan muchas veces la membrana y forman un cilindro hueco con un interior hidrofílico por el que pueden pasar moléculas pequeñas solubles en agua. Este es el principio de las proteínas canal que veremos más adelante. Las proteínas integrales pueden difundir lateralmente y rotar sobre su propio eje, pero no pueden realizar movimientos a través del plano de la membrana, o más sencillamente movimiento Flip-flop. Las proteínas integrales suelen desplazarse acompañadas de los lípidos que las rodean ya que estos le ayudan a mantener su conformación. Sin embargo, algunas proteínas integrales están ancladas a componentes del citoesqueleto y no pueden trasladarse. De esta manera intervienen en la morfología de la célula, por ejemplo alargada (o ahusada), cúbica, cilíndrica, etc.

 **Proteínas extrínsecas o periféricas:** Se encuentran sobre la cara externa o también interna de la membrana y pueden estar ligadas tanto a las proteínas integrales como a los fosfolípidos por uniones débiles. Se pueden extraer fácilmente con tratamientos no drásticos. Cuando estas se ubican del lado citoplasmático de la membrana suelen interactuar con el citoesqueleto.

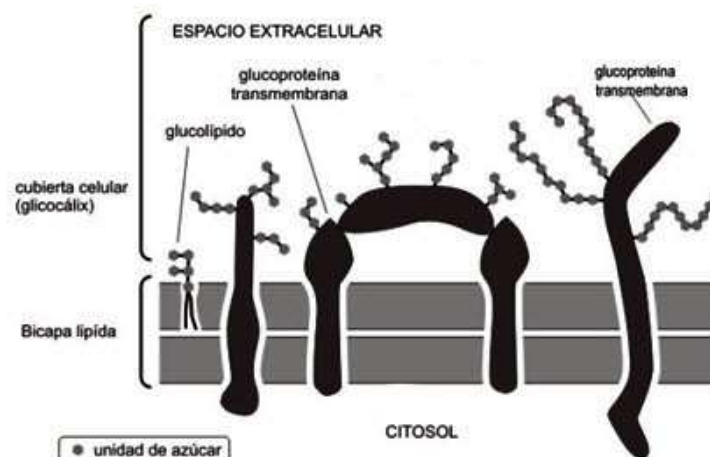


➤ En cuanto a **su función**

- ✓ **Canales:** proteínas integrales (generalmente glicoproteínas) que actúan como poros por los que determinadas sustancias pueden entrar o salir de la célula
- ✓ **Transportadoras:** son proteínas que cambian de forma para dar paso a determinados productos
- ✓ **Receptores:** Son proteínas integrales que reconocen determinadas moléculas a las que se unen o fijan. Estas proteínas pueden identificar una hormona, un neurotransmisor o un nutriente que sea importante para la función celular. La molécula que se une al receptor se llama **ligando**.
- ✓ **Enzimas:** pueden ser integrales o periféricas y sirven para catalizar reacciones a en la superficie de la membrana
- ✓ **Anclajes del citoesqueleto:** son proteínas periféricas que se encuentran en la parte del citosol de la membrana y que sirven para fijar los filamentos del citoesqueleto.
- ✓ **Marcadores de la identidad de la célula:** son las glicoproteínas y glicolípidos característicos de cada individuo y que permiten identificar las células provenientes de otro organismo. Por ejemplo, las células sanguíneas tienen unos marcadores ABO que hacen que en una transfusión, sólo sean compatibles sangres del mismo tipo

Oligosacáridos de membrana. Glicocáliz. Cubierta celular

- ✚ Sólo se sitúan en la cara externa de la membrana citoplasmática
- ✚ Los oligosacáridos se unen covalentemente a lípidos o proteínas formando los glicolípidos y glicoproteínas
- ✚ Varían considerablemente de un individuo a otro



Funciones

- Intervenir en el reconocimiento y adhesión celular.
- Carácter antigénico
- Receptores de membrana

La complejidad de los oligosacáridos que forman parte de los glicolípidos y glicoproteínas de la membrana plasmática así como el hecho de que se encuentran expuestos en la superficie celular

sugiere que estos azúcares son los principales marcadores de la identidad de la célula. Los azúcares poseen grandes posibilidades de diversidad estructural y por ello pueden ser excelentes portadores de información

Algunos ejemplos de procesos de reconocimiento celular en los que intervienen los oligosacáridos son:

- **Procesos infecciosos.-** Para que se produzca una infección es necesario que exista una adhesión entre la membrana de la célula y la superficie del agente infeccioso. En la especificidad de la adhesión interviene el Glucocáliz.
- **Reconocimiento entre las células de un tejido.-**
El reconocimiento de una célula por otra implica:

- | | |
|---------------------------|--|
| - Adhesión específica | Del movimiento
De la división celular |
| - Inhibición por contacto | |

Las células cancerosas muestran alteraciones en las propiedades de la superficie, lo que determina que no se adhieran. La consecuencia es que al no existir inhibición por contacto se dividen constantemente e incontroladamente y su capacidad de movimiento les permite invadir otros tejidos del organismo (metástasis). Las células normales al establecer contactos con las células vecinas, se producen una inhibición de la división y del movimiento

Fecundación.- Los espermatozoides distinguen los óvulos de su propia especie de los gametos femeninos de otras especies, en la unión específica espermatozoide- óvulo interviene el glucocáliz

Rechazo de injertos y trasplantes.- Los oligosacáridos de la superficie se comportan como antígenos (moléculas que inducen la formación de anticuerpos), estos antígenos de la superficie celular son característicos para cada individuo y permiten el reconocimiento de las propias células por el sistema inmune. El reconocimiento de células extrañas por el sistema inmune de un organismo provoca el rechazo de injertos y trasplante

Funciones de la membrana

1. - **Compartimentalización**
2. - **Permeabilidad selectiva**
3. - **Producir, modular y conservar gradientes electroquímicos a ambos lados de la membrana**
4. - **Transferencia de información**
5. **Interacción intercelular**

1.- Compartimentalización.-

- Las membranas biológicas son continuas, es decir, no dejan huecos, encierran compartimentos
- La membrana celular encierra el contenido del citosol
- La envoltura nuclear encierra el contenido del núcleo
- Las membranas de las mitocondrias, lisosomas, AP. de Golgi, etc. permiten la realización de distintas actividades, algunas de ellas contrarias, en los distintos espacios celulares

2.- Permeabilidad celular. Transporte a través de la membrana

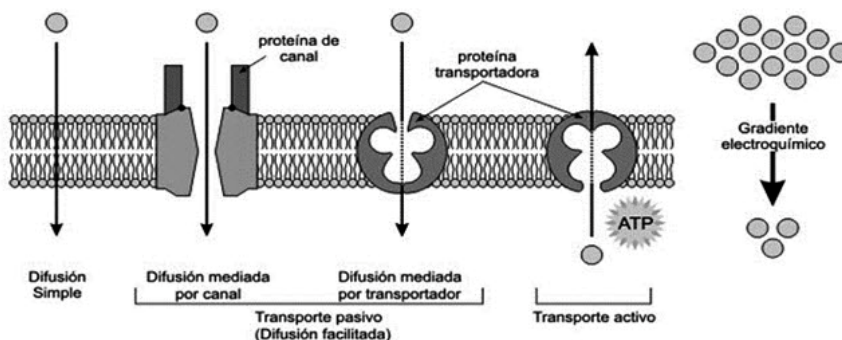
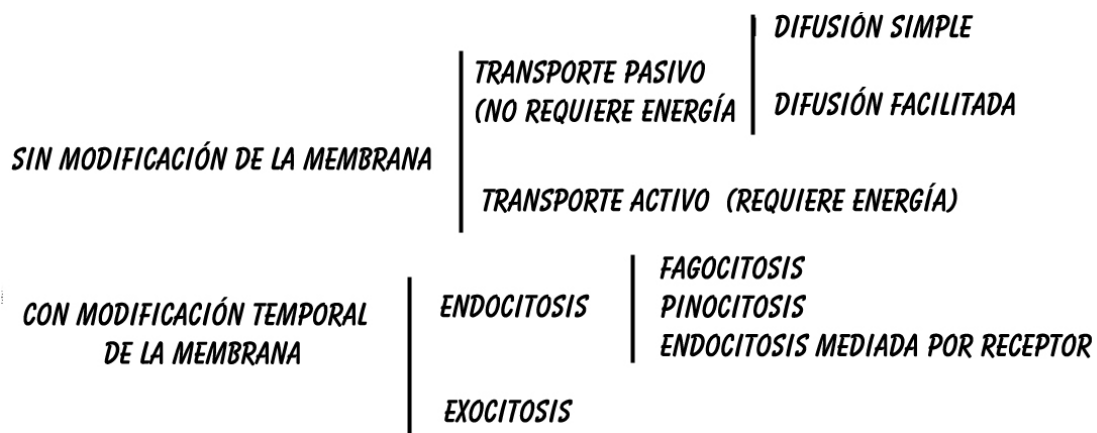
La membrana celular es una barrera con **permeabilidad selectiva** que determina una distinta distribución de sustancias en el interior que en el exterior de la célula.

Los distintos mecanismos que utilizan las células dependen de:

- **Solubilidad en los lípidos:** Las sustancias que se disuelven en los lípidos (moléculas hidrófobas, no polares) penetran con facilidad en la membrana dado que esta está compuesta en su mayor parte por fosfolípidos.
- **Tamaño:** la mayor parte de las moléculas de gran tamaño no pasan a través de la membrana. Sólo un pequeño número de moléculas no polares de pequeño tamaño pueden **atravesar** la capa de fosfolípidos
- **Carga:** Las moléculas cargadas y los iones no pueden pasar, en condiciones normales, a través de la membrana. Sin embargo, algunas sustancias cargadas sólo pueden pasar por los canales proteicos o con la ayuda de una proteína transportadora.

También depende la permeabilidad de una membrana de la naturaleza de las proteínas de membrana existentes:

- **Canales:** algunas proteínas forman canales llenos de agua por donde pueden pasar sustancias polares o cargadas eléctricamente que no atraviesan la capa de fosfolípidos.
- **Transportadoras:** otras proteínas (permeasas) se unen a la sustancia de un lado de la membrana y la llevan del otro lado donde la liberan
 - **Uniporte:** Una molécula en un sentido.
 - **Simporte:** transportan un soluto y co-transportan otro diferente al mismo tiempo y en la misma dirección.
 - **Antiporte:** transportan soluto hacia el interior (o exterior) y co-transportan otro soluto en la dirección opuesta. Uno entra y el otro sale o vice-versa.



Difusión.

Las moléculas se desplazan espontáneamente a favor de un gradiente de concentración (es decir, desde una zona de concentración elevada a una zona de concentración baja). Decimos que es un transporte pasivo porque no requiere energía.

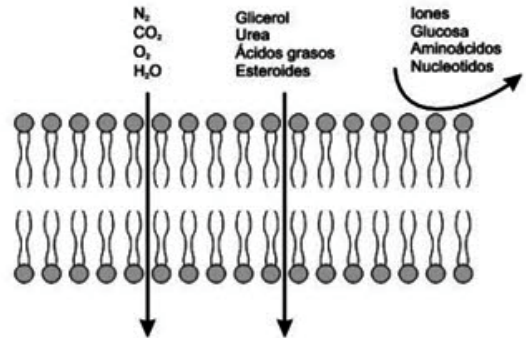
Si se trata de una sustancia con carga, su transporte depende tanto de su gradiente de concentración como del gradiente eléctrico a través de la membrana. La suma de ambos gradientes le llamaremos **gradiente electroquímico**.

Todas las membranas biológicas tienen potenciales eléctricos, siendo el interior negativo con respecto al exterior. Este potencial actúa facilitando la entrada a la célula de iones cargados positivamente y oponiéndose a la entrada de los iones cargados negativamente.

+ Difusión simple.-

Por difusión simple pasan a través de la membrana

- Moléculas no polares, tales como:
Oxígeno, Nitrógeno, Benceno, Éter, Cloroformo, Hormonas esteroideas, etc.
- Las moléculas polares sin carga también pueden atravesar la membrana si su tamaño es reducido como por ejemplo: **Agua, etanol, dióxido de carbono, nitrógeno, urea, etc.**

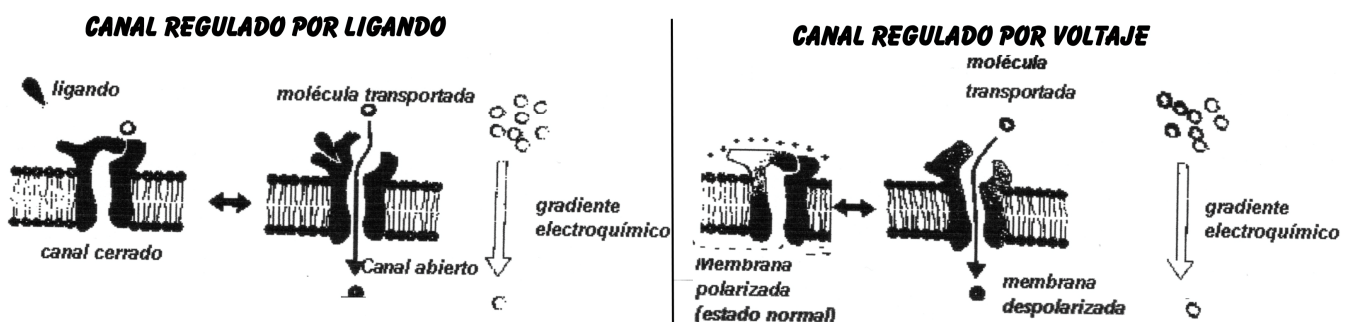


+ Difusión facilitada.-

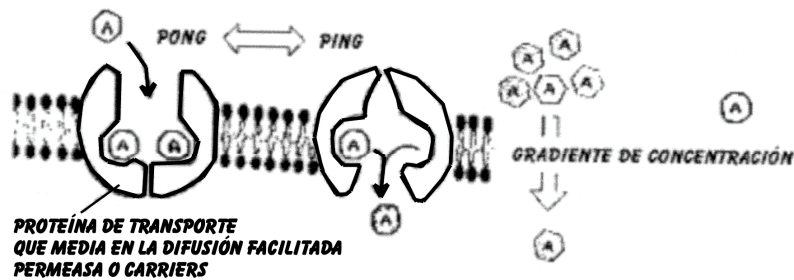
El movimiento es a favor del gradiente de concentración de las moléculas

Los iones y muchas moléculas polares tales como: **Glucosa, aminoácidos, nucleótidos, y otros muchos metabolitos celulares**, no pueden atravesar la bicapa y se transportan a través de las membranas mediante proteínas de transporte transmembrana, que pueden ser:

- ❖ **Proteínas de canal**
- ❖ **Proteínas transportadoras específicas para cada sustancia (transportadores, carriers o permeasas)**
- ❖ Las **proteínas de canal** forman a modo de poros que permiten el paso de iones de tamaño y carga adecuados. Estos canales iónicos se abren de manera transitoria y son por ello **canales regulados**. Existiendo:
 - **canales regulados por ligando**, que se abren mediante la interacción con un ligando.
 - **canales regulados por voltaje** que se abren como respuesta a un cambio en el potencial de membrana

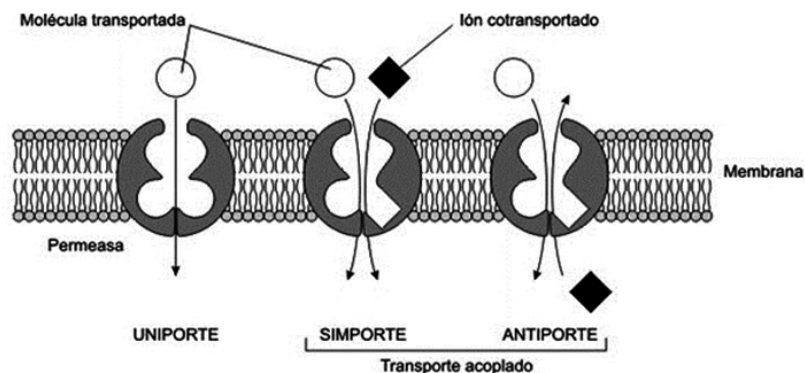


Proteínas transportadoras específicas para cada sustancia (transportadores, carriers o permeasas), se unen a la molécula a transportar y sufren un cambio conformacional que permite la transferencia de la molécula a través de la membrana. Cada permeasa transporta sólo un tipo de ión o molécula



Existen tres tipos de **permeasas**:

- **Monotransportadora o uniporte:** Transfieren **un solo tipo de soluto** de un lado al otro de la membrana. (ej.: transporte de glucosa en la mayoría de las células animales, desde el medio extracelular, la sangre, donde la concentración es mayor, hacia el interior de las mismas donde es menor)
- **Cotransportadora o simporte:** Transfieren **dos tipos de solutos, ambos en el mismo sentido**.
- **Contratransportadora o antiporte:** Transfiere **dos tipos distintos de solutos en sentidos contrarios**. Es decir, uno ingresa al citoplasma si, y solo si, simultáneamente el otro sale.



Transporte activo

Las células no pueden depender únicamente del transporte pasivo dado que deben importar, por un lado, moléculas que están en menor concentración en medio extracelular que en el citoplasma y, por otro, necesitan mantener constante la composición iónica intracelular. Ambas funciones se llevan a cabo por medio del transporte activo.

Es un transporte que se realiza **en contra del gradiente**, ya sea este de concentración o eléctrico y, en consecuencia, se requerirá **gasto de energía en forma de ATP**.

El transporte activo se realiza por medio de **bombas** y también presenta formas de monotransporte, cotransporte y contratransporte.

El transporte activo está desfavorecido termodinámicamente (es endergónico) y se da solamente cuando está acoplado (directa o indirectamente) a un proceso exergónico como, por ej., la conversión de ATP a ADP + Pi. Debido a esto, **las bombas se suelen denominar ATPasas de transporte**.

Existen muchos tipos de ATPasas distintas. Aquí vamos a hablar de una de las más importantes, que es la Bomba de Na⁺-K⁺ (bomba sodio –potasio)

Las sustancias que se movilizan por transporte activo son en muchos casos las mismas que lo hacen a través de difusión facilitada, la diferencia fundamental es que en el primer caso lo hacen en contra del gradiente mientras que en el segundo lo hacen a favor.

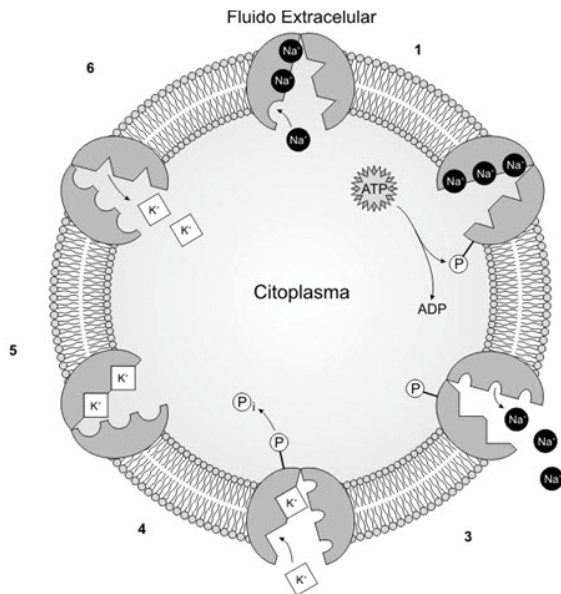
Bomba Na^+/K^+

Está presente en todas las membranas plasmáticas de las células animales. También se la conoce como **Na^+/K^+ ATPasa**. Es un complejo proteico formado por cuatro subunidades, todas ellas proteínas integrales de la membrana plasmática.

Su función es expulsar Na^+ al espacio extracelular e introducir K^+ al citosol. Ambos son movilizados en contra de su gradiente electroquímico, estableciendo así diferencias de concentración y carga entre el espacio extra e intracelular para ambos iones. Debido a que se está transportando simultáneamente dos solutos distintos en sentidos opuestos, estamos en presencia de un sistema de **contratransporte**. Es importante recordar que, si bien el Na^+ sale y el K^+ ingresa a la célula, *ambos lo hacen en contra de su gradiente* y, en consecuencia, hace falta hidrolizar ATP para movilizarlos.

La Bomba Na^+/K^+ tiene simultáneamente funciones de proteína transportadora y de ATPasa (hidroliza ATP para obtener energía). Por lo menos un tercio de la energía que consume una célula animal se destina para impulsar esta bomba. En las células nerviosas, donde la actividad eléctrica es sumamente importante, este valor asciende al 60%.

Mecanismo de acción de la Bomba Na^+/K^+



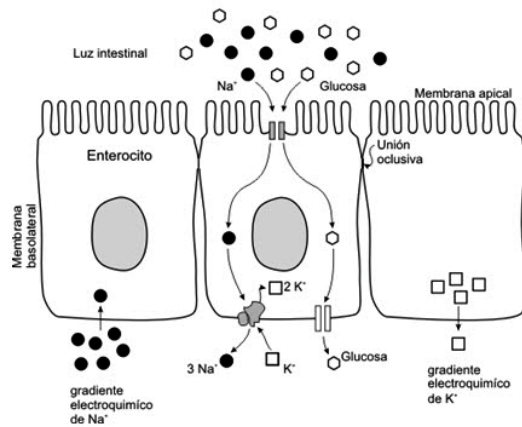
- 1) Tres iones de Na^+ se unen al dominio citoplasmático de la ATPasa, debido a la gran afinidad que existe entre ambos.
- 2) Luego se hidroliza el ATP y se fosforila la proteína. Esto lleva a un cambio conformacional en la misma.
- 3) Esto permite la translocación de los iones Na^+ hacia el espacio extracelular.
- 4) A continuación, dos iones K^+ del medio extracelular, donde su concentración es menor, se unen a un sitio receptor de K^+ accesible ahora desde el exterior de la célula. La unión del K^+ con la proteína induce la liberación del fosfato.
- 5) La desfosforilación de la bomba, restituye la conformación original.
- 6) Esto permite la translocación de los iones K^+ hacia el citoplasma. Se puede comenzar nuevamente el proceso.

Por cada molécula de ATP que se hidroliza se posibilita el transporte de 3 iones Na^+ hacia espacio extracelular y de 2 iones K^+ al citoplasma. Las transferencias de iones se hallan acopladas, y por lo tanto no pueden realizarse una independientemente de la otra.

Las **funciones de la bomba de Na^+/K^+** son:

- ✚ Mantener diferencias en las concentraciones de Na^+ y K^+ intra y extracelulares.
- ✚ Generar un potencial eléctrico de membrana, que es una diferencia de voltaje, o sea de carga, entre ambos lados de la membrana. Al bombear tres iones en una dirección y sólo dos en otra, se genera un potencial eléctrico negativo del lado interno de la membrana con respecto al externo. El lado citosólico es normalmente más negativo que el espacio extracelular.
- ✚ Intervenir en la regulación del volumen celular.
- ✚ Generar diferencias de concentración de Na^+ o K^+ para que otros transportadores pasivos utilicen indirectamente la energía potencial acumulada en este gradiente. Como ejemplo podemos citar al:

COTRANSPORTE Na^+ /GLUCOSA Esta situación se da en las membranas apicales de las células del intestino delgado o en membranas de células renales, donde deberá absorberse glucosa desde la luz del intestino o de los túbulos renales, aunque las concentraciones extracelulares sean bajas. Gracias a la acción de la bomba Na^+-K^+ se expulsan iones Na^+ a través de la membrana basal de la célula. De este modo, la concentración de Na^+ intracelular se mantiene baja. En la región apical de la membrana se encuentra una permeasa pasiva cotransportadora de Na^+ y glucosa. El Na^+



ingresa de este modo a favor de su gradiente electroquímico al interior de la célula y arrastra a la glucosa con él, *que ingresa de este modo en contra de su gradiente de concentración*, gracias al sistema de *cotransporte*. Este tipo de transporte también se denomina transporte acoplado a gradientes iónicos o **transporte activo secundario** (ya que indirectamente está ligado a una bomba).

Posteriormente, la glucosa atravesará la célula y saldrá por difusión facilitada, a favor de su gradiente de concentración, hacia el torrente sanguíneo.

Transporte con modificación temporal de la membrana.-

Exocitosis v endocitosis

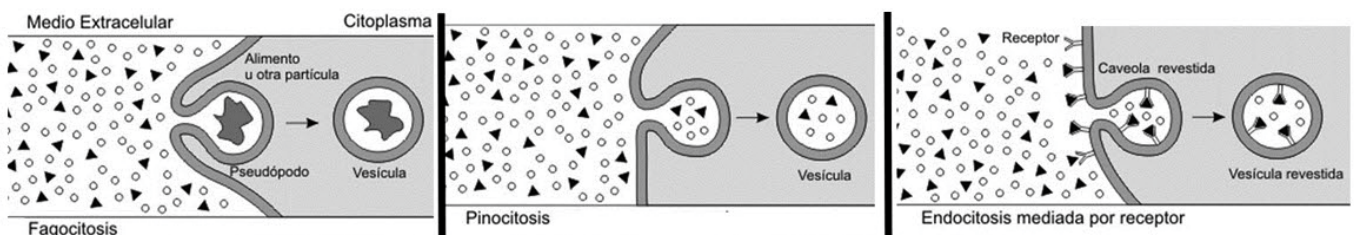
La endocitosis y exocitosis son procesos de penetración o salida de macromoléculas con modificación temporal de la membrana

ENDOCITOSIS

En este proceso una extensión de la membrana rodea progresivamente al material que será internalizado, luego se produce una gemación o invaginación de la membrana, y finalmente ésta se separa de la membrana, formando una **vesícula endocítica**. Posteriormente, el material incorporado es digerido por los lisosomas. Las **fibras de actina y miosina** del citoesqueleto intervienen en este proceso.

Se distinguen 3 tipos de endocitosis:

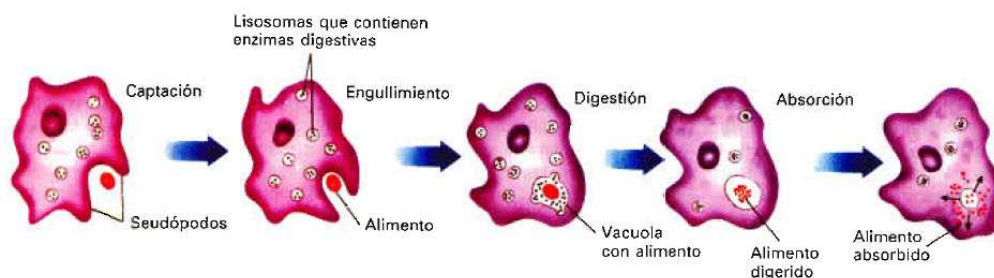
-  **Fagocitosis**
-  **Pinocitosis**
-  **Endocitosis mediada por receptor**



- **Fagocitosis:** Implica la ingestión de partículas de gran tamaño, como microorganismos, restos celulares, inclusive de otras células, por medio de vesículas llamadas **fagosomas**. Estos fagosomas suelen presentar un gran tamaño.

La fagocitosis sólo se da en determinados tipos de células. En algunos organismos unicelulares (protistas) constituye un modo de alimentación: engloban grandes partículas, por ej.: bacterias, por medio de prolongaciones de la membrana plasmática llamados **pseudópodos** y las internalizan, formándose así un **fagosoma o vesícula fagocítica**. Posteriormente será degradada por las enzimas lisosomales. En los animales sólo se da en algunas células altamente especializadas, llamadas **células fagocíticas** (macrófagos de los tejidos y glóbulos blancos sanguíneos denominados neutrófilos). En estos casos la función no es de índole nutricional, sino defensiva. Las células fagocíticas defienden nuestro organismo contra infecciones, ingiriendo microorganismos patógenos. Otra función sería eliminar células muertas o dañadas, o restos celulares (por ejemplo glóbulos rojos no funcionales).

El proceso fagocítico se desencadena por la unión del material a endocitar con ciertos receptores de la membrana plasmática que reconocen al mismo.

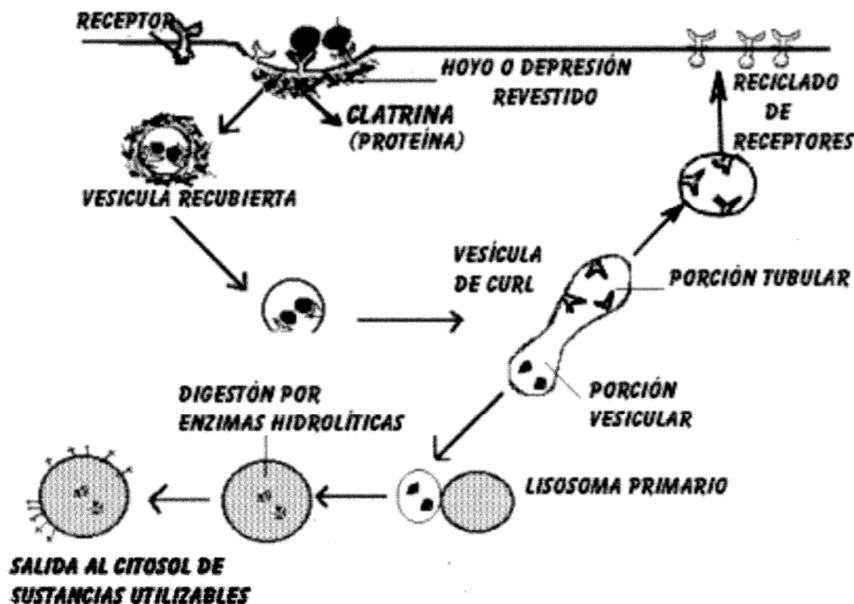


➤ **Pinocitosis:** Es la incorporación de fluido y de partículas disueltas en él por medio de pequeñas vesículas. Es un proceso inespecífico y la velocidad de ingestión es muy elevada. Por ejemplo, un macrófago puede ingerir por hora un cuarto de su volumen celular. El tamaño de estas vesículas endocíticas es mucho menor que el de los fagosomas.

- **Endocitosis mediada por receptor.** Este proceso tiene dos ventajas:
- Es específico. Los distintos tipos celulares poseen diferentes receptores por lo que ingieren diferentes macromoléculas mediante este proceso.
 - Incrementa la eficacia de la incorporación de las sustancias, pues permite captar del líquido extracelular las macromoléculas sin necesidad de incorporar el volumen correspondiente de líquido extracelular.

Los receptores son proteínas de membrana que poseen un centro de unión en el que encaja un determinado ligando. Los complejos receptor - ligando se localizan en regiones deprimidas de la membrana **llamadas hoyos revestidos** (coated pits), se llaman así porque en el lado interno de la membrana por debajo de cada hoyo se deposita una proteína fibrosa llamada clatrina, que parece ser la responsable de la invaginación y el estrangulamiento que va a dar lugar a la **vesícula endocítica**, que al liberarse de la clatrina recibe el nombre de **endosoma**. Sería un desperdicio para la célula que los receptores compartieran el destino de los ligandos (degradación por los enzimas lisosómicos). Para ello:

1. El contenido de los endosomas se reparte en dos partes en una vesícula llamada de Curl (compartimento de desacoplamiento del ligando y receptor), las dos porciones de la vesícula de Curl se llaman tubular la que aloja los receptores y vesicular la que contiene los ligandos
2. Separación de ambas porciones.
 - -La tubular con los receptores es transportada hacia la membrana citoplasmática que de esta forma recupera los receptores.
 - -La vesicular se une a lisosomas primarios
3. - La acción lisosómica permite la utilización o liberación de los ligandos



EXOCITOSIS

Es el proceso inverso a la endocitosis. En este caso, material contenido en vesículas intracelulares también llamadas **vesículas de secreción** es vertido al medio extracelular.

Una vez formadas las vesículas (generalmente por el Ap. de Golgi) son guiadas por corrientes citoplasmáticas y por los elementos del citoesqueleto hacia la membrana citoplasmática. La fusión de la membrana citoplasmática con la membrana vesicular, permite la descarga del material al medio extracelular. La membrana de la vesícula se incorpora a la membrana plasmática.

En este caso, la membrana de la vesícula pasa a "formar parte" de la membrana plasmática. Es decir, hay ganancia de membrana, mientras que en la endocitosis hay pérdida de membrana.

Diferenciaciones de la membrana citoplasmática.-

La membrana presenta en **algunas** células diferenciaciones o especializaciones que permiten a las células que las poseen realizar diferentes funciones.

Las **células epiteliales** presentan numerosas diferenciaciones en la superficie apical:

Microvellosidades, cilios y estereocilios

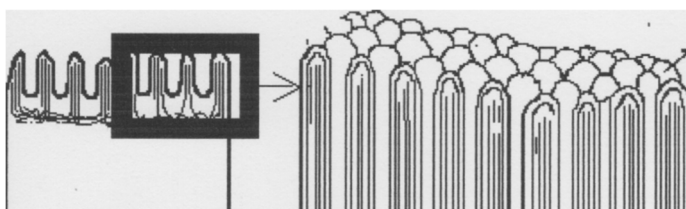
Imaginaciones de la membrana citoplasmática basal

Uniones intercelulares

Microvellosidades o microvilli.-

En algunas células epiteliales, la superficie de la membrana se halla notablemente incrementada mediante la formación de miles de evaginaciones digitiformes que se proyectan desde la superficie celular.

Son especialmente abundantes allí donde la función celular requiere la máxima superficie para la absorción tal como ocurre en el intestino y en el riñón.



Microvilli o microvellosidades (con filamentos de actina)

Tienen aproximadamente 1 micrómetro de largo y 0'1 micrómetro de diámetro.

A menudo están empaquetadas como las cerdas de un cepillo de dientes.

Por su aspecto al M.O. se les han llamado células con "ribete o borde en cepillo".

Las microvellosidades poseen filamentos de actina formando un haz paralelo en toda su longitud.

Invaginaciones.-

Aparecen por ejemplo en las células que tapizan el túbulo contorneado de las nefronas de los riñones.

Son a modo de entrantes que se forman en una zona de la célula opuesta a la luz del túbulo

Corresponden a una diferenciación que consigue un aumento de la superficie



Uniones intercelulares

Son abundantes en tejidos sujetos a grandes tensiones mecánicas tales como el músculo cardíaco, el epitelio cutáneo, el cuello del útero, etc.

Su principal función es mantener unidas las células

1.- UNIONES DE ADHERENCIA

UNIÓN DE CÉLULAS DE
FORMA MECÁNICA

DESMOSOMAS EN BANDA (ZÓNULA ADHERENTE)

DESMOSOMA PUNTUAL (MÁCULA ADHAERENS)

HEMIDESMOSOMA

2.-

UNIONES IMPERMEABLES
APARTE DE MANTENERLAS UNIDAS
LAS SELLAN

UNIÓN HERMÉTICA (ZÓNULA OCLUDENS)

3.-

UNIONES COMUNICANTES
PERMITEN EL PASO DE MOLÉCULAS
DE UNA CÉLULA A OTRA

UNIÓN EN HENDIDURA O DE TIPO GAP

SINAPSIS QUÍMICA

DESMOSOMAS

Tres formas:

Desmosoma en banda

Desmosoma puntual

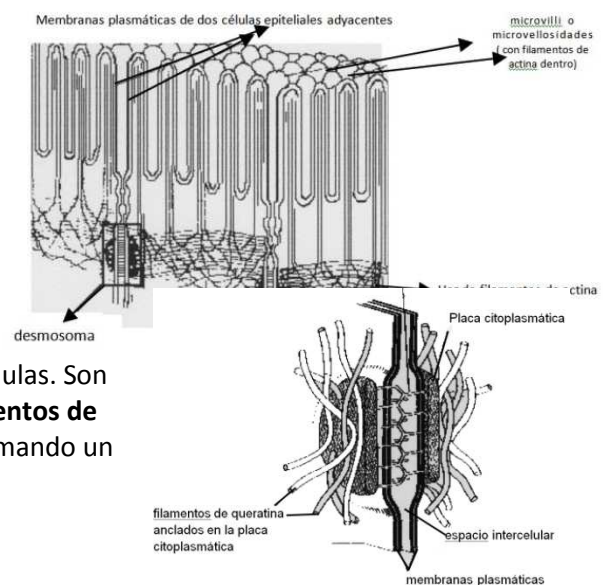
Hemidesmosomas

Desmosoma en banda o Zónula adherente

Forman una franja continua alrededor de cada una de las células de una capa epitelial. Se sitúan cerca del polo apical de las células

Desmosoma puntual.-

Actúan como remaches que mantienen unidas las células epiteliales, en los puntos de contacto entre dos células. Son también lugares de anclaje de los **tonofilamentos o filamentos de queratina** que se extienden por el interior de la célula formando un armazón estructural



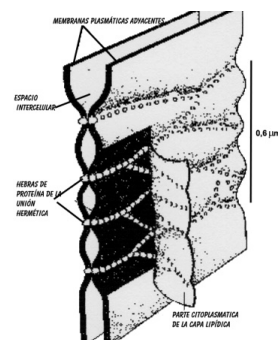
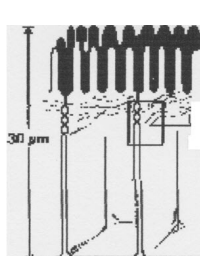
Hemidesmosomas

Son desmosomas puntuales que en vez de unir la

membrana de dos células adyacentes, unen la membrana a la lámina basal subyacente



Uniones herméticas.-

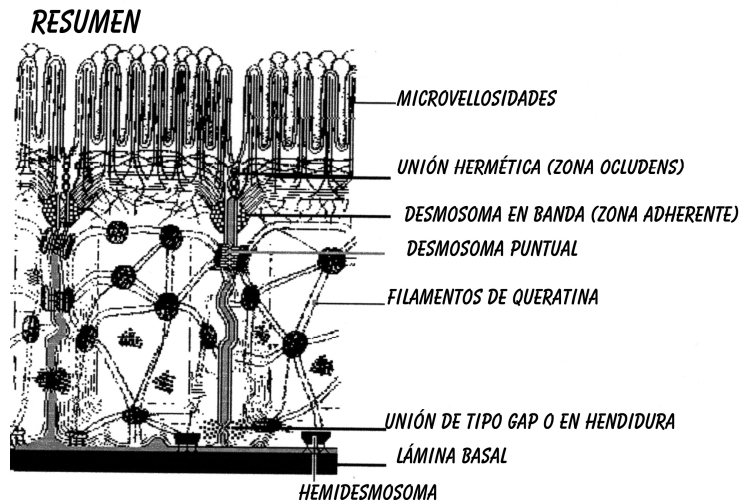
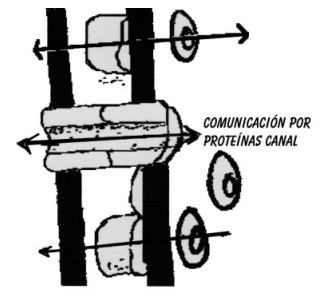


Las uniones herméticas sellan las células entre sí formando una capa continua que impide en esa zona el paso de moléculas entre células adyacentes

Desempeñan un papel muy importante en el mantenimiento de una barrera selectiva de las capas celulares, separando los líquidos externos e internos, las membranas de las dos células adyacentes están unidas de tal forma que no existe espacio intercelular.

Uniones en hendidura o de tipo Gap.

Las uniones de tipo gap son canales intercelulares que permiten el paso de iones y pequeñas moléculas entre células adyacentes. Son importantes en la comunicación intercelular. Así por ejemplo las contracciones sincronizadas del músculo cardíaco se consiguen mediante el flujo de iones a través de estas uniones. También pueden ser importantes para la nutrición de células que están alejadas de los vasos sanguíneos, como las del cristalino y el hueso.



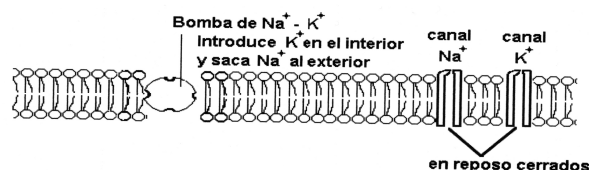
Repasar

3-Creación y transmisión del impulso nervioso-

La membrana de una neurona como la de cualquier otra célula consta de una doble capa lipídica en la que se incluyen proteínas específicas.

Son ejemplos de proteínas de membrana:

-  **Receptoras:** reconocen y se unen a un determinado mensajero o ligando
-  **Canal:** Vías a través de las que pueden difundir iones
-  **Bombas:** Gastan energía metabólica para el traslado de iones en contra de un gradiente de concentración (transporte activo), a fin de mantener en el **interior** de la célula una concentración iónica distinta del exterior



La neurona mantiene entre el líquido intracelular y el extracelular (líquido intersticial que rodea la membrana), una diferente concentración iónica

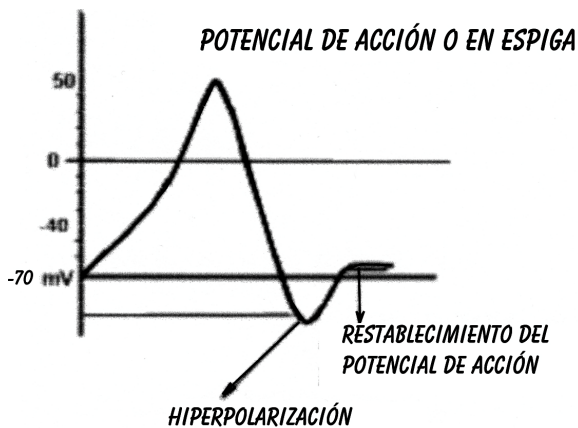
exterior	interior
Na ⁺	Na ⁺ Cl ⁻
K ⁺	K ⁺
Cl ⁻	aniones orgánicos

Los iones de Na⁺ y Cl⁻ se encuentran en elevada concentración en el exterior, siendo menor la concentración de K⁺

En el interior hay una mayor concentración de iones K⁺ y mucho menor de Na⁺

Como consecuencia de esta desigual distribución de iones existe una diferencia de potencial entre el interior y el exterior (de unos 70 mV). A la diferencia de potencial entre el exterior y el interior se le denomina potencial de reposo o potencial de membrana

Potencial de acción.-



Cuando se aplica un estímulo adecuado a la membrana (**Activación**), la membrana altera su permeabilidad.

Se abren los canales de Na^+ , y entran a raudales en el interior de la neurona, lo cual no sólo anula la diferencia de potencial sino que lo invierte, pasando el exterior a negativo y en interior a positivo.

Se dice entonces que la membrana está despolarizada (al potencial ha variado desde -70 a + 50), el potencial que se ha alcanzado se llama **potencial de acción**

Casi inmediatamente después de producida la despolarización, se cierran los canales de sodio y se abren los de potasio.

La salida de cationes potasio K^+ es mayor que la que se necesitaría para restablecer el potencial de membrana. Durante este tiempo se dice que la membrana está **hiperpolarizada**

Durante el tiempo en el que la membrana está hiperpolarizada la membrana es parcialmente refractaria, es decir, el impulso nervioso debe de ser más intenso de lo normal para que se vuelva a producir un nuevo potencial de acción.

La magnitud del estímulo necesaria para que se produzca un potencial de acción sigue la **ley del todo o nada** y se llama **umbral de excitabilidad**

Una vez alcanzado el umbral, un aumento de la intensidad del estímulo despolarizante, no hace variar el cambio máximo de voltaje que caracteriza un potencial de acción.

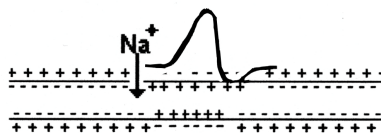
Propagación o conducción a lo largo de la fibra nerviosa,-

Dos formas:

-  **por contigüidad**
-  **saltatoria**

Contigüidad-

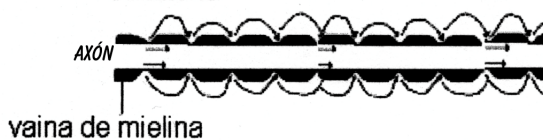
La zona que ha sido despolarizada induce la despolarización de las adyacentes. Los iones Na^+ más próximos son atraídos a la zona de despolarización que actúa como un sumidero iónico, lo que provoca inversión de la polarización en la zona contigua a aquella en la que se produjo la despolarización, creándose nuevos potenciales de acción en las zonas adyacentes.



Saltatoria

En las fibras con mielina los potenciales de acción saltan de un nódulo de Ranvier a otro

Saltatoria



Transmisión del impulso. Sinapsis

La transmisión puede ser

-  De una neurona a otra
-  Entre una neurona y una célula glandular
-  Entre una neurona y una célula muscular

La transmisión del impulso tiene lugar mediante una sinapsis química o eléctrica.

Una neurona puede llegar a establecer de 1.000 a 10.000 sinapsis con otras neuronas y recibir impulsos de otras 1.000 diferentes.

Sinapsis química.-

La sinapsis química esta mediada por **neurotransmisores**

Nuestro comportamiento y gran parte de nuestra actividad fisiológica dependen de los miles de millones de conexiones diferentes que se establecen entre los neurotransmisores y sus correspondientes receptores. El latido cardíaco, el ritmo respiratorio, la presión arterial, el peristaltismo intestinal, el movimiento, las sensaciones, la memoria, etc. son actividades que se basan en la liberación de transmisores adecuados y la interacción con los correspondientes receptores.

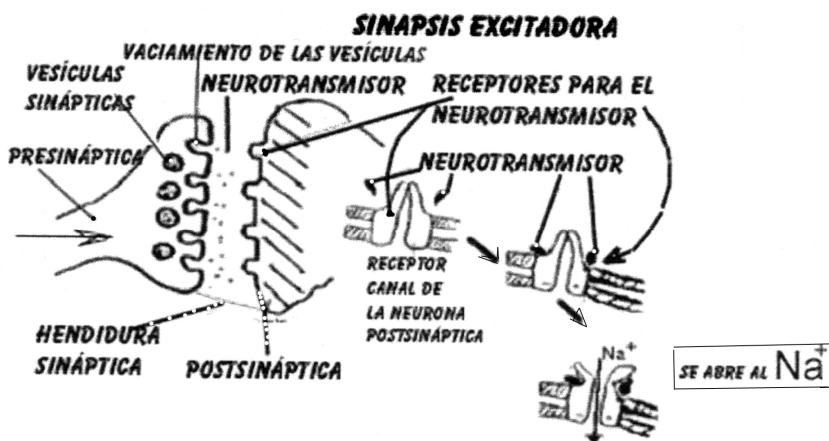
❖ **Los neurotransmisores se elaboran en las neuronas presinápticas y se almacenan en vesículas sinápticas**

❖ Cuando el potencial de acción (impulso nervioso) se propaga a lo largo de un axón y llega a la terminación axónica o botón presináptico, la despolarización en esa zona provoca la abertura momentánea de los canales del Ca^{2+} y un flujo de iones Ca^{2+} penetra en los botones presinápticos, obligando a las vesículas a descargar sus **neurotransmisores en la hendidura sináptica** mediante un proceso de exocitosis. Según que los transmisores sean excitadores o inhibidores, se van a abrir en la membrana de la célula postsináptica unos canales u otros.

○ —Cuando el **neurotransmisor es excitador** (noradrenalina, acetilcolina, dopamina,

serotonina, etc.) la unión del neurotransmisor al receptor abre los canales de Na^+ en la célula postsináptica.

La entrada de los cationes Na^+ despolariza la membrana y **crea un potencial de excitación postsináptico (P.E.P.S.)**



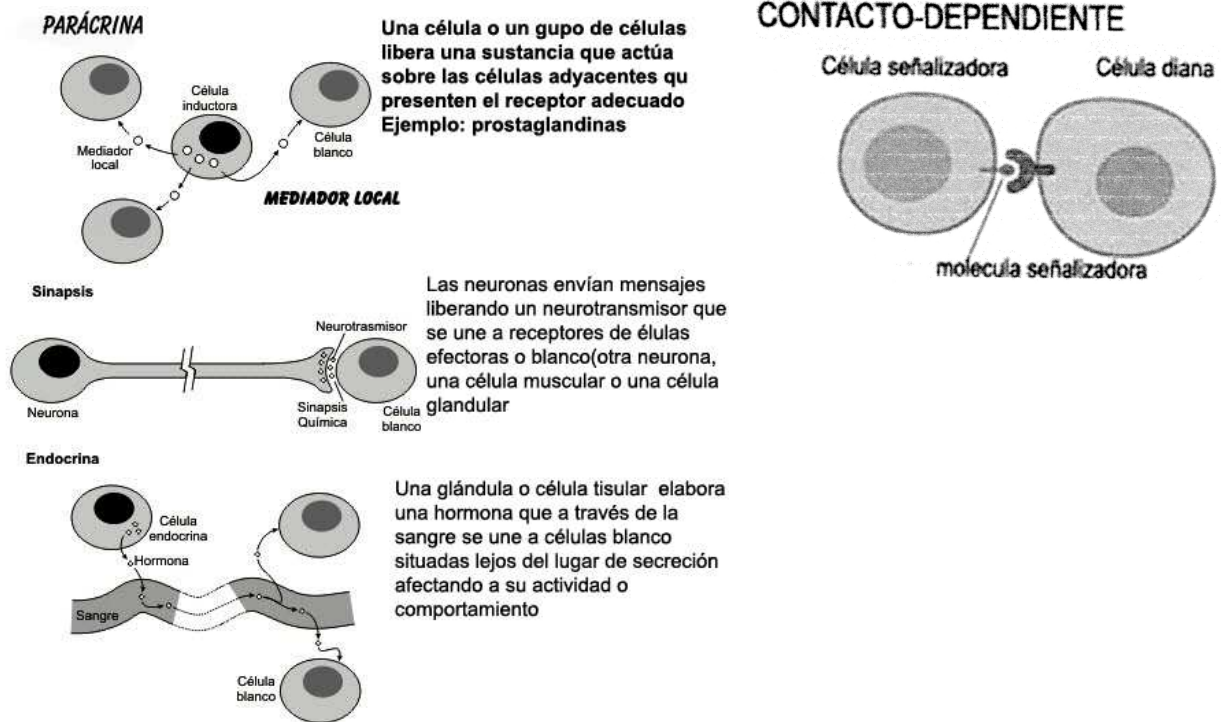
○ Cuando el **neurotransmisor es de tipo inhibidor** (Enkefalinas, endomorfina, ganmaminobutírico, GABA, etc.) La unión del receptor con el neurotransmisor abre en la membrana de la célula postsináptica los canales de Cl^- (cloruro), entran iones Cl^- y la célula postsináptica se hiperpolariza, es decir, se ha producido un **potencial inhibidor postsináptico (P.I.P.S.)** que tenderá a producir una interrupción del impulso nervioso.



4.- Transferencia de información

Los organismos unicelulares pueden realizar todas las funciones necesarias para mantener la vida. Por ejemplo, una ameba, organismo unicelular, asimila los nutrientes del medio, se mueve, lleva a cabo las reacciones metabólicas de síntesis y degradación y se reproduce. En los organismos pluricelulares, la situación es mucho más compleja, ya que las diversas funciones celulares se distribuyen entre distintas poblaciones de células, tejidos y órganos. De este modo en un organismo pluricelular, cada célula depende de otras y las influye. Por lo tanto la mayoría de las actividades celulares, solo se desarrollan, si las células involucradas son alcanzadas por estímulos provenientes de otras. Para coordinar todas estas diversas funciones deben existir mecanismos de comunicación intercelular.

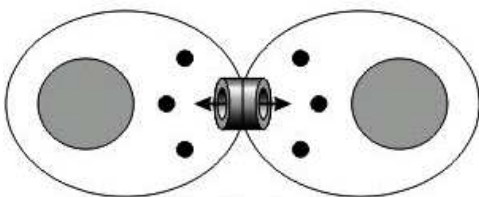
Cuando una célula recibe un estímulo puede responder con cambios, dependiendo de las características del estímulo y el tipo de célula receptora del mismo, así por ejemplo: se puede diferenciar, reproducir, incorporar o degradar nutrientes, sintetizar, secretar o almacenar distintas sustancias, contraerse, propagar señales o morir.



INDUCCIÓN

Diremos que en general, la acción de estimular a las células desde el exterior se llama **inducción** y se realiza a través de sustancias producidas por **células inductoras**. La célula que es sensible al **inductor** se denomina **célula inducida, blanco o diana** y presenta para el mismo **receptores específicos**.

INDUCCIÓN VÍA UNIONES GAP



Mecanismos de acción hormonal

Existen dos mecanismos según se trate de:

- **Hormonas esteroideas**
- **Hormonas proteicas**

Hormonas esteroideas

Las hormonas esteroideas son de naturaleza lipídica, son elaboradas por las células endocrinas a partir del colesterol.

Los lípidos pueden atravesar la membrana lipoproteica de las células

La hormona esteroidea una vez que ha atravesado la membrana de una célula diana se une **reversiblemente a una proteína receptora específica presente en el citosol de la célula diana**

La unión con la hormona hace que la proteína receptora sufra un cambio alostérico de conformación, cambio que aumenta la capacidad de unión de esta proteína a una zona específica del ADN del núcleo, lo que va a especificar su acción.

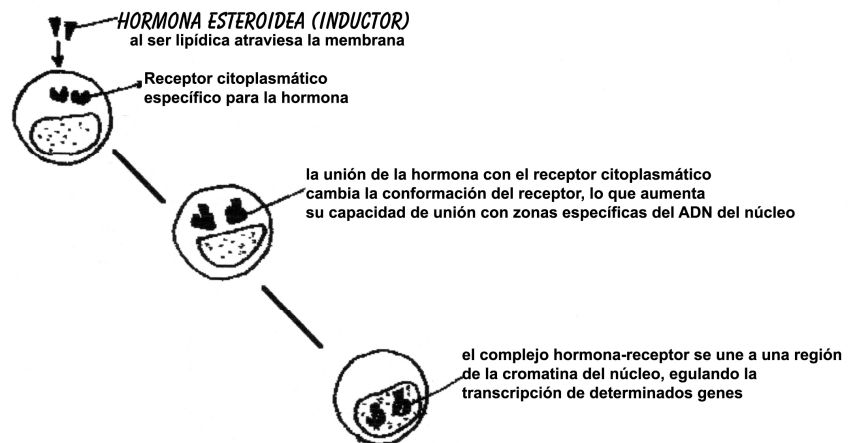
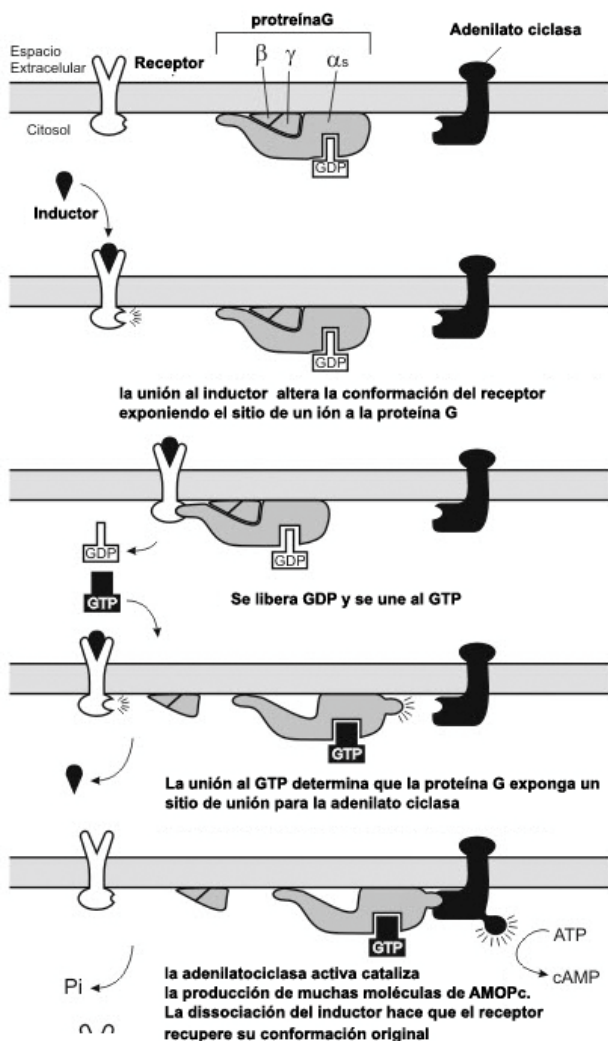
Una célula diana puede llegar a tener hasta 10.000 receptores esteroideos capaces de unirse a una determinada hormona esteroidea

En general los receptores citoplasmáticos al unirse a la hormona, se activan y se unen a una región del ADN regulando la transcripción de determinados genes

Cuando los niveles de hormona son altos la mayoría de los receptores estarán unidos a la hormona y así activados se unirán al ADN del núcleo.

Cuando descienden los niveles hormonales, el equilibrio se desplaza de modo que las moléculas de hormona se disocian de los receptores que al quedar libres vuelven al citoplasma.

En distintas células un mismo receptor puede influir sobre diferentes conjuntos de genes.



Hormonas proteicas

Como moléculas hidrosolubles de señalización que son, se unen a **proteínas receptoras** específicas presentes en la **superficie de la membrana** de las **células diana**

La unión de la hormona proteica al receptor de membrana origina una señal intracelular que altera el comportamiento de la célula diana. Los receptores son proteínas insolubles que integran la membrana citoplasmática de la célula diana y que actúan como **transductores (primeros mensajeros)**. Es necesaria la actuación de moléculas intracelulares de señalización llamadas **segundos**

Existen al menos dos:

- AMPc
- Iones Ca^{2+}

AMPc

Para que el AMPc (segundo mensajero) pueda actuar como mediador intracelular, su concentración debe de estar estrechamente controlada y ha de ser capaz de variar rápidamente en respuesta a las señales extracelulares.

Bajo estimulación hormonal los niveles de AMPc pueden en el plazo de segundos aumentar hasta cinco veces.

El AMPc se elabora a partir del ATP por un enzima ligado a la membrana llamado adenilato ciclasa. Pero se destruye también rápidamente mediante enzimas específicos llamados fosfodiesterasas que hidrolizan el AMPc a 5' - AMP.

La activación de la adenilato ciclasa requiere:

Que la hormona proteica (inductor) se una a la proteína receptora. La unión altera la conformación del receptor que de esta manera se puede unir a la **proteína G** y activarla. **La proteína G queda entonces capacitada para unirse al GTP**

La unión de la proteína G al GTP, altera la configuración de la proteína G de tal modo que puede activar el enzima adenilato ciclasa que cataliza el paso de ATP a AMPc.

3.- Para completar el proceso o ciclo, la proteína G hidroliza el GTP a GDP, lo que determina que la adenilato ciclasa vuelva al estado inactivo original

El AMPc ejerce su efecto activando unos enzimas específicos llamados proteínas quinasas, que catalizan la transferencia de un grupo fosfato del ATP hasta una proteína específica de la célula diana, que queda entonces activada (modificación covalente)

Las proteínas quinasas dependientes del AMPc, difieren en los diferentes tipos celulares, lo cual explica por qué los efectos del AMPc varían según cuál sea la célula diana.

Pared celular.-

Largas fibrillas de celulosa unidas entre sí por una matriz de polisacáridos y proteínas

- Sólo presente en la célula eucariota vegetal
- Se comporta como un exoesqueleto que protege a la célula vegetal de los esfuerzos mecánicos y mantiene su integridad.
- Da forma a la célula vegetal
 - La resistencia de las paredes a la tensión permite que las células vegetales sobrevivan en un medio externo hipotónico, ello se debe a que la célula vegetal absorbe agua del medio hasta un cierto límite, ya que el agua interna ejerce una fuerte presión hidrostática interna sobre la pared rígida, impidiendo entonces la entrada de más agua. La presión hidrostática que **ejerce el agua interna se llama turgencia**. La turgencia es la fuerza impulsora de la expansión celular durante el crecimiento y es en gran parte la responsable de la rigidez mecánica de los tejidos vegetales, así como la responsable de movimientos tales como: Abertura y cierre de estomas, tactismos de hojas y flores, etc.
- La pared celular de las células vegetales se adapta adquiriendo mayor o menor grosor según cual sea la función a realizar.
- Las células vegetales están conectadas con las células vecinas mediante unos conductos citoplasmáticos especiales llamados plasmodesmos que determinan que la planta pase de ser una colección de células individuales a una comunidad interconectada de protoplastos vivos.

De esto se deduce que el cuerpo de un vegetal se pueda considerar formado por:

- ✓ Un gran compartimento intracelular llamado simplasto formado por la totalidad de los protoplastos unidos por las membranas citoplasmáticas
- ✓ El componente extracelular o apoplasto que comprende todas las paredes celulares

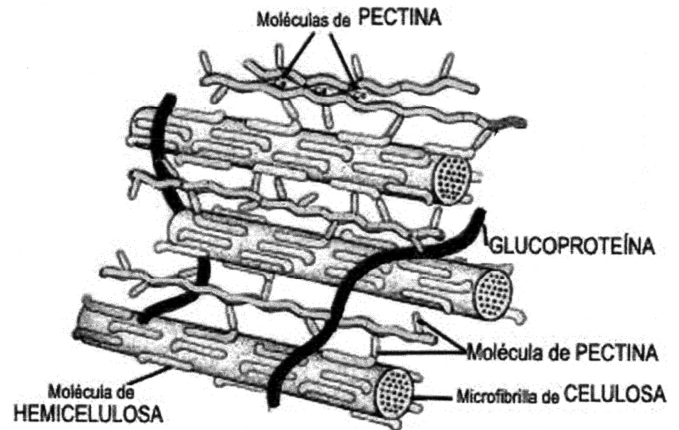
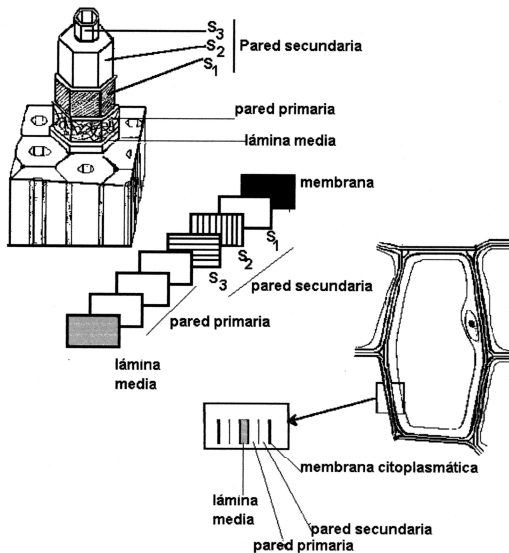
Estructura.-

La pared celular está formada por:

- Lámina media o primitiva
- Pared primaria
- Pared secundaria

- **Lámina media o primitiva**

Es la primera que se forma encima de la citoplasmática y que queda como cemento de unión entre las células adyacentes. Está formada por pectina y depósitos de lignina



- **Pared primaria**

Es una capa más bien delgada que se forma y deposita sobre la lámina media

Adelgaza en zonas provistas de plasmodesmos
Contiene hemicelulosas, celulosas, pectinas y glucoproteínas

En muchos tipos celulares la pared primaria es única: células meristemáticas, células

fotosintéticas, células secretoras, etc.

- **Pared secundaria**

Sigue a la primaria en orden de aparición.

Es la capa más gruesa, contiene más fibrillas de celulosa y menos hemicelulosas que la pared primaria.

No contiene pectinas.

El número de subcapas es variable, en general tres, la capa S₃ sería la más externa y la S₁ la más interna.

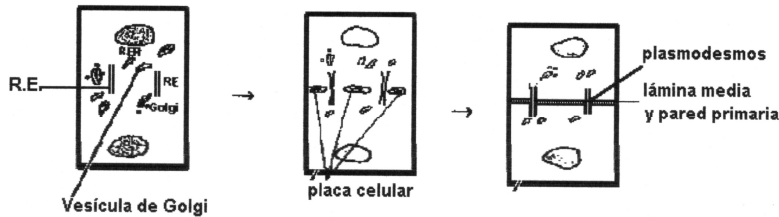
Las microfibrillas de celulosa muestran disposiciones ordenadas en hélice.

En la pared secundaria existen depósitos de sustancias, muy frecuentemente lignina, cuando ocurre la lignificación, comienza en la lámina media y se extiende a la pared primaria y secundaria.

Origen.-

El mecanismo de la citocinesis en las células vegetales tiene lugar por formación de un tabique o fragmoplasto, que se forma por la asociación de vesículas procedentes del aparato de Golgi. Las vesículas se unen en el plano ecuatorial formando la placa celular. Esta placa no es continua presentando interrupciones debidas a sáculos de retículo endoplasmático que comunican las dos células hijas (originan los plasmodesmos).

Una vez formada la placa celular, se elaboran y ensamblan los componentes que constituyen la lámina media y la pared primaria.



Diferenciaciones.-

- **Punteaduras**
- **Plasmodesmos**

➤ **Punteaduras.-**

Es un adelgazamiento de la pared que generalmente se corresponde con otra complementaria y al mismo nivel en la célula adyacente.

Todas las punteaduras forman una unidad morfológica y funcional.

Se dice que es simple cuando no existe pared secundaria sobre la cavidad de la punteadura

Se dice que es areolada cuando sobre la cavidad aparece una pared secundaria arqueada.

Cuando en la célula contigua existe al mismo nivel otra punteadura, la membrana de cierre estaría formada o por la pared primaria de una célula, la lámina media y la pared primaria de la otra célula.

A veces existe un engrosamiento de la pared primaria de la punteadura que actúa a modo de válvula o tapón, se denomina **toro**

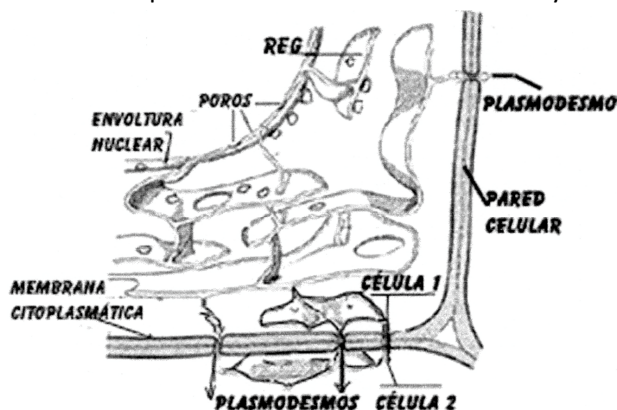


➤ **Plasmodesmos.-**

Son finos canales que atraviesan totalmente las paredes celulares y establecen continuidad entre los citoplasmas de las células vecinas.

Aparecen durante la citocinesis en los lugares de la placa celular en que los sacos de retículo endoplasmático muestran continuidad entre las dos células recién formadas.

Muchos plasmodesmos contienen una estructura membranosa cilíndrica, llamada **desmotúbulo**, que se extiende en toda la longitud del plasmodesmo y conecta el retículo endoplásmico liso de las dos células adyacentes.



Modificaciones de la pared.-

La pared celular puede sufrir modificaciones debido a las sustancias de variada composición química que se pueden depositan sobre ella.

Existen modificaciones que aseguran la rigidez como la:

-  Lignificación o impregnación de la pared con lignina, como ocurre en los vasos conductores, o en las células que van a realizar funciones de soporte.
-  Mineralización o impregnación de la pared con carbonato de calcio o sílice
-  Cutinización o depósitos de cutina sobre la superficie de las células epidérmicas
-  Suberificación o depósitos de suberina (súber o corcho)