

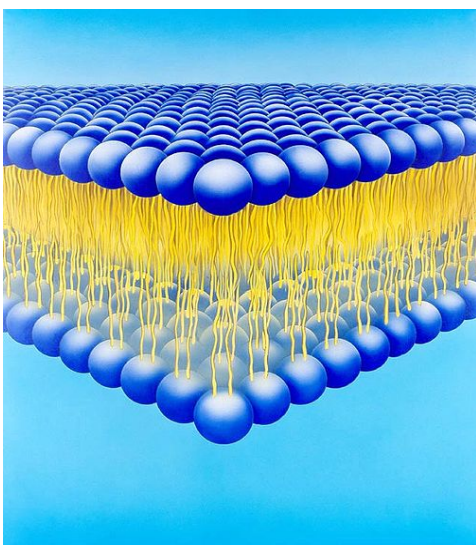
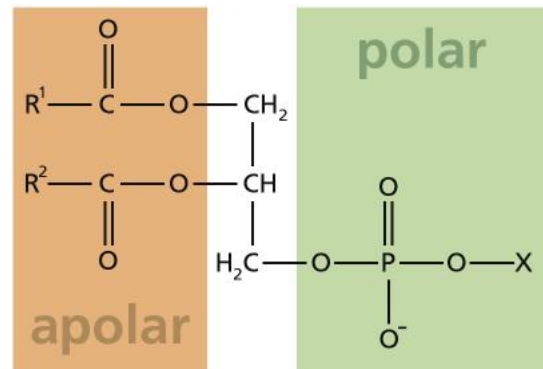
DINÁMICA DE LAS MEMBRANAS BIOLÓGICAS

La membrana plasmática desarrolla dos funciones básicas y contrapuestas: por un lado, forma la barrera aislante que permite a la célula mantener las características de su medio interno muy diferentes del exterior; pero por otro lado, también constituye el elemento de comunicación tanto con el entorno, para intercambiar materia y energía, como con otras células para intercambiar información.

La membrana es una estructura flexible formada por una bicapa lipídica (45-50%) con proteínas (45-50%) y una pequeña cantidad de glúcidos (4-8%).

1. LIPIDOS

La bicapa lipídica está formada mayoritariamente por un tipo de lípidos: los fosfolípidos. Éstos se caracterizan por tener una parte de su molécula cargada, denominada "cabeza", que se corresponde con la posición del grupo fosfato negativo; y otra parte, denominada "cola", formada por dos cadenas de ácidos grasos sin carga. El extremo polar, con carga, es una porción hidrofílica debido a su interacción con moléculas de agua también polares. El extremo no polar es hidrofóbico por su falta de relación con el agua. Este tipo de moléculas se ensamblan de manera automática formando la bicapa lipídica, donde las colas hidrofóbicas se sitúan mirando hacia el centro de la bicapa, alejándose de las moléculas de agua, y las cabezas polares, quedan orientadas hacia el exterior en contacto con el agua tanto extracelular como intracelular.



Bicapa lipídica (© Magnus Manske).

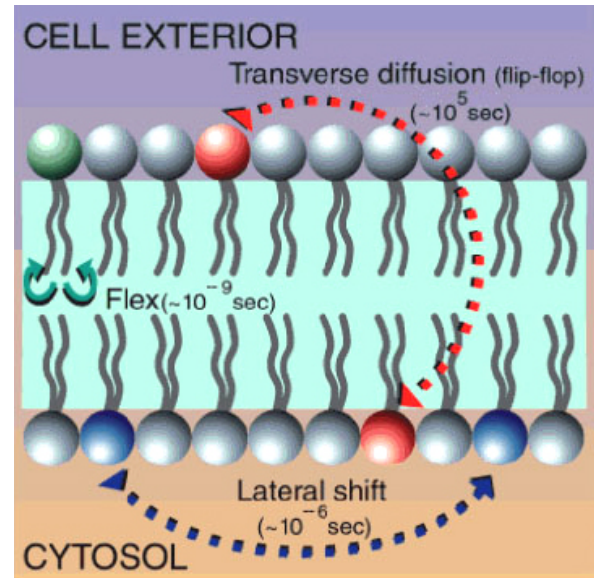
El hecho de que los fosfolípidos formen bicapa y no micelas se debe a las cadenas laterales de los ácidos grasos, que al ser muy voluminosas no pueden encajar y por ello acaban configurando normalmente la bicapa, como estructura más estable.

La bicapa es una estructura fluida, con una gran capacidad de deformación y movimiento de sus componentes. El modelo del mosaico fluido es el que mejor describe este comportamiento de la membrana. Los lípidos experimentan una gran cantidad de desplazamientos, laterales, de giro, e incluso de una semicapa a otra.

Un lípido importante que forma parte de las membranas es el colesterol, éste se intercala entre las colas de los fosfolípidos impidiendo que formen una estructura rígida, y constituye, de esta manera, una garantía para mantener la fluidez de la membrana, permitiendo a la célula cambios de forma sin roturas. La presencia del colesterol en cantidades variables dependiendo de la membrana, garantiza que al intercalarse entre los fosfolípidos con ácidos grasos saturados, se impida la formación de enlaces entre las cadenas hidrofóbicas, y por tanto, la tendencia a la rigidez o a la solidez que aparecerían con dichos enlaces. De esta forma, y en esta situación la presencia de este compuesto constituye una garantía para asegurar la fluidez de la membrana. Por otro lado, si el colesterol se intercala entre fosfolípidos con ácidos grasos insaturados, la región hidrófoba del colesterol garantiza un cierto número de enlaces que proporcionaría mayor unión y disminuiría la fluidez de la membrana. La fluidez exacta de la membrana plasmática es un aspecto muy importante para la funcionalidad de la misma, y como prueba de lo descrito se ha podido observar que en organismos dependientes de la temperatura externa o poiquiloterms, se cambia la composición de ácidos grasos de sus membranas para mantener una fluidez constante.

Además de regular la fluidez, este lípido desarrolla otras funciones, así se observa que aumenta la estabilidad mecánica y la flexibilidad de la bicapa, facilitando los cambios de forma que requiera la membrana, también disminuye la permeabilidad de la bicapa a pequeñas moléculas.

Los lípidos se distribuyen de manera asimétrica en las dos hojas de la bicapa, en la monocapa externa son más abundantes los fosfoesfingolípidos y la fosfatidil-colina, mientras que en la interna se encuentran en mayor abundancia fosfatidil-etanolamina y fosfatidil-serina, haciendo que la monocapa interna sea más fluida que la externa.



Lateral lipid movement (© Magnus Manske).

2. PROTEÍNAS

Las proteínas de membrana están unidas o intercaladas entre los fosfolípidos. Algunas atraviesan totalmente el espesor de la bicapa (integrales o intrínsecas), y en ellas se diferencian regiones polares situadas en sus extremos y regiones no polares, intermedias, que se unen por enlaces débiles a las colas de los fosfolípidos. Otras proteínas se encuentran situadas periféricamente (extrínsecas), bien orientadas hacia la cara extracelular o intracelular, y se encuentran ancladas bien a otras proteínas o a la bicapa lipídica. Un tercer grupo, considerado inicialmente como periféricas, se las conoce actualmente como "proteínas ancladas a lípidos". Están unidas de forma covalente a las colas de una variedad de lípidos: los esfingolípidos, lo que da lugar a unos parches especializados de membrana: las balsas lipídicas o lípido rafts.

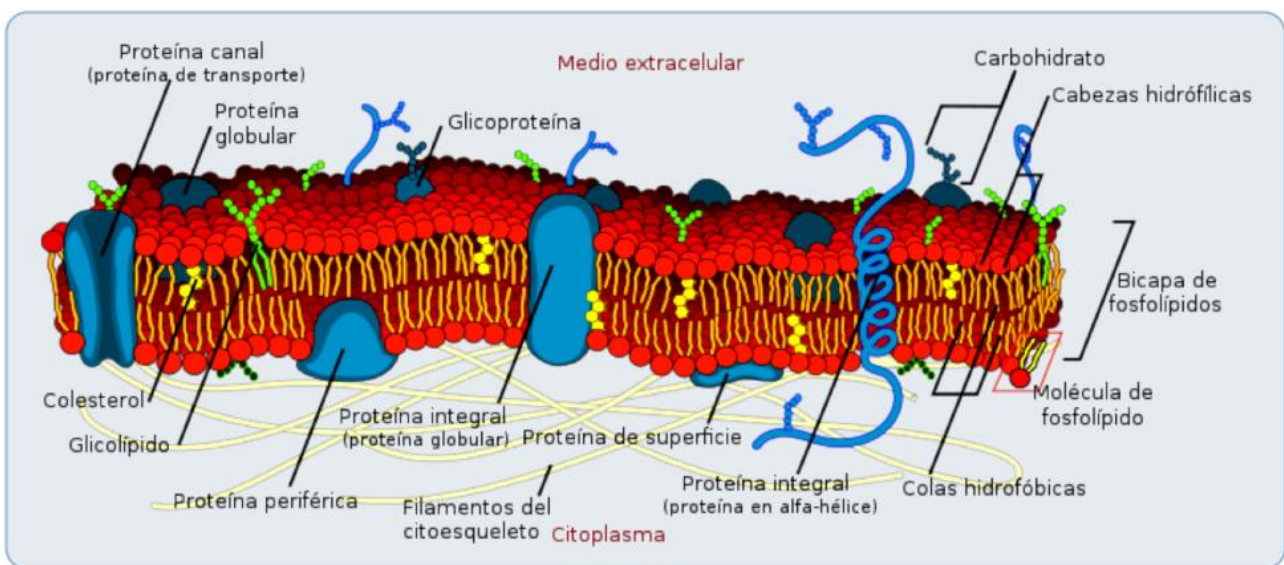


Diagrama detallado de la membrana de una célula (© Mariana Ruiz).

La región hidrófoba de las proteínas que atraviesan la membrana, también denominada Dominio transmembrana, suele adoptar conformación helicoidal; y como cada vuelta de hélice alfa mide 0,54 nm, en el espesor de la membrana (3,5 nm) caben aproximadamente seis o siete vueltas de hélice. Muchas de estas proteínas presentan varios de estos dominios que atraviesan una o más veces la membrana; lo cual es un criterio para su clasificación, la mayoría tienen siete dominios transmembrana y algunas llegan hasta doce. Los segmentos peptídicos que quedan por fuera y por dentro forman bucles, los extracelulares unen glúcidos, mientras que los interiores unen grupos fosfato, modificando de esta manera la función que llevan a cabo.

Las proteínas periféricas o extrínsecas se unen de forma laxa a proteínas integrales o a las cabezas polares de los fosfolípidos.

2.1 Movimientos de las proteínas

Se pueden desplazar lateralmente a lo largo del plano que forma la membrana, y también rotar sobre un eje perpendicular a dicho plano. Lo que no pueden hacer es voltearse de una cara a otra de la membrana.

Algunas proteínas integrales están ancladas a las proteínas del citoesqueleto, y consecuentemente son inmóviles. Esta característica permite que las células ubiquen proteínas en zonas concretas de su membrana y por lo tanto la diferencien, dando lugar a la polaridad de la misma.

2.2 Funciones de las proteínas

Las proteínas de las membranas desarrollan funciones muy importantes y son responsables de la mayor parte de los procesos de transporte y comunicación que se desarrollan sobre la misma.

El número y la variedad de proteínas permite explicar la diversidad de funciones que se desarrollan en las membranas, como son los sistemas específicos de transporte a través de proteínas-canal, de transportadores, de bombas, las relaciones intercelulares; algunas rutas metabólicas están intrínsecamente ligadas a reacciones catalizadas por enzimas situados en membranas (caso de la fosforilación oxidativa). La recepción de señales externas y su conversión en órdenes en el interior de la célula a través de receptores de membrana es una de las funciones más relevantes de las proteínas, así como la identificación de una célula como propia o extraña que se realiza a través de la dotación proteica que se sitúa en las membranas, etc.

3. GLÚCIDOS

Los glúcidos constituyen la porción más pequeña de moléculas. Están situados en la cara externa de la membrana unidos bien a lípidos (glucolípidos, 5% de lípidos de membrana) o, más abundantemente, a proteínas (glucoproteínas). Son cortas cadenas de sacáridos orientadas hacia el exterior a manera de antenas que sirven como banderines de reconocimiento para la identificación de las células, bien como pertenecientes a una familia o tipo de células, o bien a un organismo concreto. Al conjunto de glúcidos se le conoce también como glucocalix o glucocaliz y forman parte del mismo moléculas adheridas procedentes del medio extracelular.

Es importante resaltar que las membranas son asimétricas, sus dos caras no son iguales, ni en el tipo de lípidos ni en el de proteínas, con el añadido de que los glúcidos que forman parte de la misma están orientados siempre hacia el exterior. Además las células pueden establecer regiones o dominios de membrana donde sitúan unos elementos y no otros; en el caso de las células polarizadas donde se distinguen dos caras, una apical y otra basal, los elementos situados varían. Resulta por lo tanto una estructura estable pero tremendamente dinámica que puede sufrir grandes modificaciones intentando obtener siempre la operatividad máxima.