

# La membrana plasmática y la pared celular. Citosol y citoesqueleto. Sistemas de membranas y orgánulos y motilidad celular

**Autor:** Alvarez Martinez, Oscar (Licenciado en Biología, Cap d'Estudis Ins Sant Pere i Sant Pau (Tarragona)).

**Público:** Docentes y alumnos de Ciencias de la Naturaleza y de Biología. **Materia:** Biología celular. **Idioma:** Español.

**Título:** La membrana plasmática y la pared celular. Citosol y citoesqueleto. Sistemas de membranas y orgánulos y motilidad celular.

## Resumen

La importancia de las estructuras que delimitan las células eucariotas se asimila en cuanto se determinan las funciones de la membrana plasmática y de la pared celular. El citosol y el citoesqueleto son otras de las estructuras trabajadas en este tema, muy importantes también en relación a su composición y funciones contráctiles y de motilidad celular. Se interconectan los diferentes orgánulos del sistema endomembranoso y orgánulos no membranosos para comprender el funcionamiento celular como un todo y la motilidad celular en donde intervienen algunas de las estructuras celulares explicadas.

**Palabras clave:** Membrana plasmática, proteínas, modelo de mosaico fluido, permeabilidad selectiva, pared celular, matriz, ósmosi, citosol, citoesqueleto, sistema endomembranoso, cloroplastos, mitocondrias, ribosomas, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, lisoso.

**Title:** The plasma membrane and the cell wall. Cytosol and cytoskeleton. Systems of organelle membranes and cell motility.

## Abstract

The importance of the structures that delimit eukaryotic cells is treated as functions of the plasma membrane and the cell wall is determined. Cytosol and cytoskeleton are other structures worked on this issue, very important also in relation to its composition and contractile function and cell motility. Different organelles of endomembrane system and not membranous organelles are relate to understand the functioning of cells as a whole and cell motility involved where some of the cellular structures explained.

**Keywords:** Plasma membrane, proteins, fluid mosaic model, perm selective, cell wall, matrix, osmosis, cytosol, cytoskeleton, endomembrane system, chloroplasts, mitochondria, ribosomes, endoplasmic reticulum, Golgi apparatus, lysosomes, peroxisomes, glyoxysomes, .

Recibido 2016-06-14; Aceptado 2016-06-16; Publicado 2016-07-25; Código PD: 073018

## LA MEMBRANA PLASMÁTICA Y LA PARED CELULAR

La membrana plasmática es una lámina delgada que define la extensión de la célula, manteniendo las diferencias esenciales entre el interior de ésta y su entorno. Está formada por lípidos, proteínas y glúcidos. Los lípidos son moléculas anfipáticas que forman una bicapa y les confiere las propiedades de autoensamblaje y autosellado. Las cabezas polares se orientan hacia la fase acuosa interna y extracelular y las colas hidrofóbicas quedan enfrentadas en el interior. Los lípidos pueden ser fosfolípidos, que son los mayoritarios, esfingolípidos y colesterol.

Las proteínas llevan a cabo la mayoría de las funciones específicas de la membrana, y pueden ser integrales o periféricas. Las integrales se encuentran total o parcialmente englobadas en la bicapa y están íntimamente asociadas a lípidos, si atraviesan totalmente la bicapa se denominan proteínas transmembrana; y las periféricas se sitúan adosadas débilmente a la superficie de la bicapa.

Los glúcidos se asocian a lípidos y proteínas formando el glucocálix. Éste siempre se sitúa en la superficie externa de la membrana plasmática interviniendo en procesos de reconocimiento y protección celular.

Según el modelo de mosaico fluido, propuesto por Singer y Nicholson en 1972, las proteínas transmembrana y los lípidos se disponen formando un mosaico, siendo las membranas estructuras fluidas, dada la facilidad de los lípidos y proteínas para moverse lateralmente (difusión lateral), y asimétricas, en cuanto a la disposición de sus componentes moleculares.

La membrana plasmática presenta permeabilidad selectiva, controlando el intercambio de sustancias mediante diferentes tipos de transporte; controla el flujo de información entre la célula y su entorno, ya que contiene receptores específicos y mecanismos de transducción de señales, y proporciona el medio óptimo para el funcionamiento de las proteínas de membrana.

Respecto a las especializaciones de la membrana, trataré las uniones intercelulares, que pueden ser uniones estrechas, comunicantes, y adherentes o desmosomas. En todas ellas hay una abundante participación de proteínas transmembrana. Las uniones estrechas sellan las membranas de las células adyacentes e impiden el libre paso de moléculas y se encuentran en los epitelios. Las uniones comunicantes son canales intercelulares que permiten el paso de iones y pequeñas moléculas entre células adyacentes, se encuentran por ejemplo en el tejido muscular cardíaco; y por último, las uniones adherentes son uniones que anclan las células, pero no impiden el paso de sustancias por el espacio intercelular. Son abundantes en células de tejido epitelial o el músculo del cuello del útero.

Respecto a la pared celular, trataré la de los vegetales. La pared celular es una envoltura gruesa y rígida que rodea a las células vegetales y está formada por cadenas de celulosa, unidas por puentes de hidrógeno intermoleculares, que se agrupan en microfibrillas. Las microfibrillas de celulosa se engloban en una matriz de polisacáridos, glicoproteínas, elementos minerales y agua. En algunas células especializadas, la matriz puede impregnarse de lignina, cutina, suberina, ceras o sustancias minerales.

En todas las paredes celulares vegetales hay dos capas, la lámina media y la pared primaria. Además muchas células depositan otra capa, la pared secundaria. La lámina media está situada entre las paredes primarias de las células adyacentes y la pared secundaria se deposita entre la membrana plasmática y la pared primaria.

La pared celular protege a la membrana de la rotura mecánica u osmótica permitiendo a las células vegetales vivir en el medio hipotónico por su resistencia mecánica; fija y da forma a las células, a la vez que las une entre sí; y constituye una barrera para el paso de determinadas sustancias y agentes patógenos.

Entre las especializaciones están las punteaduras y los plasmodesmos. Las punteaduras son adelgazamientos de las paredes celulares donde persiste la lámina media y la pared primaria muy delgada, y los plasmodesmos son finos conductos que atraviesan las paredes celulares y conectan entre sí los citoplasmas de las células adyacentes.

## **CITOSOL, CITOESQUELETO**

El citosol es el medio interno del citoplasma, que ocupa el espacio situado entre la membrana plasmática, la envoltura nuclear y las membranas de los diferentes orgánulos. Se trata de un medio acuoso en el cual aparecen disueltas gran cantidad de moléculas (glúcidos, lípidos, prótidos, ácidos nucleicos...) formando una dispersión coloidal. Puede presentar un estado viscoso, el citogel, o un estado fluido, denominado citosol.

En el citosol, los ribosomas realizan la síntesis proteica, y dado su alto contenido enzimático, se produce un elevado número de reacciones metabólicas. También se almacenan sustancias de reserva en forma de inclusiones, y se estructura una elaborada red de filamentos y túbulos proteicos que constituyen el citoesqueleto.

En esta red de filamentos y túbulos proteicos se distinguen tres tipos de fibras, que son los microtúbulos, los microfilamentos o filamentos de actina y los filamentos intermedios. Todos ellos intervienen en la estructura y organización del citoplasma y dan forma a la célula.

Los microtúbulos son estructuras cilíndricas y huecas formadas por moléculas de tubulina, cada una de las cuales es un dímero que consta de dos proteínas globulares, llamadas  $\alpha$ -tubulina y  $\beta$ -tubulina. Los dímeros de tubulina se unen formando un protofilamento, y la unión en paralelo de 13 protofilamentos forma un microtúbulo. Los microtúbulos intervienen en el movimiento vibrátil de la célula ya que son los principales elementos estructurales de cilios y flagelos, participa en la organización del citoesqueleto, y en la separación de cromosomas durante la división celular, ya que forma el huso mitótico.

Los microfilamentos están constituidos básicamente por dos cadenas de moléculas de actina, que aparecen enrolladas entre sí en forma de hélice. Los microfilamentos posibilitan el movimiento contráctil de las células musculares, intervienen en el movimiento ameboide y en la fagocitosis, mediante la formación de pseudópodos, forman el anillo contráctil, contribuyen a reforzar la membrana plasmática al formar el córtex celular, y permiten la estabilidad de prolongaciones citoplasmáticas (microvellosidades).

Por último, los filamentos intermedios están constituidos por proteínas filamentosas resistentes ya que desempeñan funciones estructurales. Aparecen en células que se hallan sometidas a esfuerzos mecánicos como las células epiteliales, musculares..., y las proteínas que los forman varían según el tipo celular.

## SISTEMAS DE MEMBRANAS Y ORGÁNULOS

Las células eucariotas presentan un sistema de membranas interno llamado sistema endomembranoso que divide el contenido celular en compartimentos. Estos son el retículo endoplasmático, el aparato de Golgi, los lisosomas, las vacuolas, los peroxisomas, y el núcleo. Además hay dos tipos de compartimentos, no relacionados estructuralmente con el sistema endomembranoso, que son los cloroplastos y las mitocondrias. Estos son orgánulos membranosos energéticos.

Hay unos orgánulos no membranosos muy relacionados con el sistema endomembranoso, que son los ribosomas. Los ribosomas son unas estructuras globulares, carentes de membrana, que están constituidas por diversos tipos de proteínas asociadas a ácidos ribonucleicos ribosómicos. Lo forman dos subunidades, una menor y otra mayor, las cuales se unen para realizar la síntesis proteica. Pueden encontrarse dispersos en el citosol o estar adheridos en la cara citosólica de las membranas del R.E y del núcleo.

Pasaré a continuación a explicar el sistema endomembranoso. El retículo endoplasmático es un sistema membranoso compuesto por una red de sáculos aplanados, globosos y túbulos sinuosos, que se haya en comunicación con la membrana nuclear externa. Este sistema forma un único compartimento con el espacio interno que recibe el nombre de lumen. Se distinguen dos clases de retículo endoplasmático, el rugoso que posee ribosomas en su cara externa (citosólica) y el liso que carece de ribosomas. Ambos están conectados. La función básica del R.E.R es la síntesis, glicosilación y transporte de proteínas, y el R.E.L interviene en la síntesis, almacenamiento y transporte de lípidos, síntesis de hormonas esteroideas, interviene en la conducción de impulsos nerviosos para la contracción del músculo estriado y participa también en procesos de detoxificación.

El aparato de Golgi está formado por uno o varios dictiosomas (agrupación en paralelo de sáculos discoidales) acompañados de vesículas de secreción. El dictiosoma presenta una cara cis, próxima al R.E.R donde recibe vesículas de transición, y una cara trans, próxima a la membrana plasmática, donde surgen diferentes vesículas de transporte. Entre las funciones del aparato de Golgi destacan la acumulación, maduración, transporte y secreción de proteínas procedentes del R.E, la glicosilación de lípidos y proteínas, reciclaje de la membrana plasmática, formación de lisosomas y de vacuolas, y la síntesis de proteoglicanos de la matriz extracelular y de los glúcidos constituyentes de la pared celular vegetal.

Los lisosomas son vesículas de membrana sencilla que contiene enzimas hidrolíticas (hidrolasas ácidas formadas en el R.E.R) y un pH ácido en el interior. Los lisosomas realizan la digestión de materia orgánica mediante la heterofagia, participando en la nutrición y defensa de los organismos, y la autofagia relacionada con el recambio de componentes celulares.

Las vacuolas son vesículas características de células vegetales, constituidas por una membrana plasmática, y cuyo interior es predominantemente acuoso. Cuando en el contenido hay otro tipo de sustancias predominantes se habla de inclusiones. Las vacuolas se forman a partir del R.E, del aparato de Golgi o de invaginaciones de la membrana plasmática, e intervienen en procesos osmóticos de la célula, sirven de almacén de muchas sustancias (de reserva, de desecho...), poseen actividad digestiva ya que pueden contener enzimas hidrolíticas, y son un medio de transporte entre orgánulos del sistema endomembranoso y entre éstos y el medio externo.

Los peroxisomas son vesículas de membrana sencilla, procedente del R.E, que contienen enzimas oxidativas, entre las que destacan las oxidasas y la catalasa. Los peroxisomas llevan a cabo reacciones oxidativas de degradación de ácidos grasos y aminoácidos produciendo calor; de biosíntesis de lípidos; e intervienen en reacciones de detoxificación; y en las plantas, hay un tipo de peroxisomas, denominados glioxisomas, que desempeñan una función esencial transformando las grasas almacenadas en las semillas en azúcares, necesarios para el desarrollo del embrión.

Para acabar con esta cuestión, explicaré los orgánulos energéticos, las mitocondrias y los cloroplastos. Las mitocondrias son los orgánulos de las células eucariotas que se encargan de la obtención de energía mediante la respiración celular. Presentan una doble membrana, una membrana externa lisa y una membrana interna con numerosos repliegues, que incrementan su superficie, denominados crestas mitocondriales. Estas membranas originan dos compartimentos, el espacio intermembranoso, entre las dos membranas, y la matriz, espacio delimitado por la membrana interna. En la matriz se producen el ciclo de Krebs y la  $\beta$ -oxidación de los ácidos grasos, y en la membrana interna tiene lugar la fosforilación

oxidativa. En la membrana mitocondrial interna aparecen proteínas transportadoras específicas, proteínas de la cadena respiratoria y el complejo enzimático ATP-sintetasa. La matriz está formada por una mezcla muy concentrada de enzimas diferentes, sustratos, ADP, ATP e iones inorgánicos; contiene también la maquinaria genética mitocondrial (varias copias de ADN circular, ARN y ribosomas). Las principales funciones de las mitocondrias son la respiración celular, como ya he dicho; la producción de precursores para la síntesis de diversas sustancias, como por ejemplo síntesis de porfirinas; y la síntesis de algunas proteínas mitocondriales.

Por otra parte, los cloroplastos son unos orgánulos característicos de las células vegetales donde tiene lugar la fotosíntesis. Los cloroplastos presentan dos membranas, una externa y otra interna. El espacio entre ambas se denomina espacio intermembranoso y la región acuosa encerrada por la membrana interna se denomina estroma. En el estroma se localiza una membrana tilacoidal que encierra el espacio tilacoidal. La membrana tilacoidal forma vesículas aplanadas, denominadas tilacoides. Estas vesículas pueden encontrarse apiladas formando los grana. Las reacciones de la fase luminosa se localizan en la membrana tilacoidal y la fase oscura tiene lugar en el estroma, así que la membrana tilacoidal contiene proteínas asociadas a los pigmentos (los fotosistemas), proteínas de la cadena fotosintética de transporte electrónico y el complejo ATP-sintetasa, y el estroma contiene una disolución concentrada de enzimas, una o más copias de ADN circular, ribosomas de los cloroplastos e inclusiones. Los cloroplastos además de la fotosíntesis, realizan la síntesis de algunas proteínas del cloroplasto y almacenan almidón.

## MOTILIDAD CELULAR

La motilidad celular implica la transformación de energía química en energía mecánica. Las reacciones motrices producidas en las células se pueden agrupar en dos clases, desplazamientos de toda la célula (locomoción) o movimientos de algunas de sus partes (no acompañados de cambio de lugar).

Los movimientos de tipo locomotor son propios de las células libres de los seres pluricelulares y de la mayoría de los seres unicelulares. Se distinguen diversos tipos de locomoción celular, que son el movimiento ameboide y el vibrátil. El movimiento ameboide, típico de las amebas, se produce debido a la participación de prolongaciones citoplasmáticas pasajeras, denominadas pseudópodos, mediante cambios sucesivos de consistencia en el citosol, de sol a gel. El movimiento vibrátil se lleva a cabo por medio de los cilios y los flagelos. Este movimiento se debe al deslizamiento de unos túbulos sobre otros, lo que requiere ATP. Son estructuras permanentes y aparecen en numerosos organismos unicelulares (Protozoos), en muchas células reproductoras y en otras fijas de numerosos Metazoos.

Los movimientos de algunas de sus partes son propios de las restantes células de los seres pluricelulares y de los unicelulares que viven fijos. Pueden ser movimientos intracelulares, contráctiles o pulsátiles. Los movimientos intracelulares son corrientes citoplasmáticas que desplazan diversos componentes; son muy evidentes en algas como *Spirogyra*; los movimientos contráctiles provocan un acortamiento de la célula y existen por ejemplo en las células musculares, o en algunos organismos unicelulares como *Vorticela*; y en último lugar, los movimientos pulsátiles aparecen en algunas vacuolas (vacuolas pulsátiles) que presentan diversos protozoos ciliados, y permiten la eliminación de líquido de los organismos.

## CONCLUSIÓN Y ACTIVIDADES PRÁCTICAS

En resumen, todas las células tienen que mantener un medio interno adecuado para poder llevar a cabo las reacciones químicas necesarias para la vida, de ahí la necesidad vital de la membrana plasmática. Por su parte, el citoesqueleto es un armazón y constituye una estructura dinámica que contribuye a la organización celular; y por último, las células utilizan la energía solar o la energía contenida en las moléculas combustibles, mediante la intervención de los orgánulos energéticos, para llevar a cabo todas sus funciones vitales.

Se pueden realizar diversas actividades prácticas con los alumnos para que comprendan mejor los contenidos del tema o visualicen algunos de ellos, así se pueden utilizar algas unicelulares o protozoos vivos, obtenidos directamente de charcas, lagos, ríos o del mar, para el estudio de las células, sus orgánulos, sus movimientos intracelulares, la emisión de pseudópodos y el movimiento de los cilios y de los flagelos. También se pueden observar plastos mediante tinción con lugol.

## Bibliografía

Las citas legales en las que me he basado para desarrollar el tema, fundamentalmente han sido:

- Ley orgánica, 2/2006, del 3 de Mayo, de educación.
- Decreto 39/2002, del 5 de Marzo, del Gobierno Valenciano, por el que se establece el currículo de la E.S.O en la Comunidad Valenciana.
- Decreto 50/2002, del 26 de Marzo, del Gobierno Valenciano, por el que se establece el currículo del Bachillerato en la Comunidad Valenciana.

Para acabar, el apoyo bibliográfico utilizado ha sido:

- ALBALADEJO Carmen y otros (2003). *Biología y Geología*. Madrid. Ed. Oxford Educación.
- ALCAMÍ J., BASTERO J.J y otros. (2006). Ciencias de la Naturaleza y de la Salud. *Biología 2 Bachillerato*. Madrid. SM.
- ANGUITA VIRELLA Francisco, CARRIÓN VÁZQUEZ Mariano, et. al. (2010). *Ciencias para el mundo contemporáneo*. Madrid. Santillana. Proyecto La casa del saber.
- BALIVREA S, ÁLVAREZ A, et. al. (2002). *Biología y Geología 3. Ciències de la Natura*. Madrid. Anaya.
- BALLESTEROS Vázquez, M., FERNÁNDEZ Torron Y. et. al. (2009). *Biología 2 batxillerat*. Barcelona. Projecte La casa del saber. Santillana.
- CRUSELLAS Serra A., CRUSELLAS Domingo A., CUBARSÍ Morera M.C. et. al. (2008). *Biología 1 batxillerat*. Barcelona. Grup promotor. Santillana.
- CURTIS Helena y SUE Barnes N, et. al. (2006) *Biología*. Argentina. Editorial Médica Panamericana.
- DE RON Pedreira, Antonio y MARTÍNEZ Fernández, Ana María. (2005). *Geología y Biología*. Alcalá de Guadaíra. Editorial MAD.
- ESTELLER PÉREZ A., FERNÁNDEZ ESTEBAN M.A. et. al. (2010) *Biología-1*. Barcelona. Editorial Vicens Vives.
- GARCIA GRORIO Mariano, FURIÓ EGEA Josep y otros (2003). *Biología 2 Bachillerato*. Valencia. Ecir.
- INCIARTE Marta R., VILLA Salvador, MIGUEL Gregorio (2001). *Biología 2 Bachillerato*. Madrid. Mc Graw Hill.
- JIMENO Antonio y BALLESTEROS Manuel (2009). *Biología 2 Batxillerat*. Barcelona. Santillana. Projecte la casa del saber.
- MADRID RANGEL, Miguel Ángel; DÍAZ NAVARRO, Laura, DIÉGUEZ NANCLARES, Jesús (2009). *Biología 2 Bachillerato*. Madrid. Santillana, Proyecto La casa del Saber.
- PULIDO Carlos y RUBIO Nicolás (2003). *Biología 2 Bachillerato*. Madrid. Anaya.
- RUBIO Nicolás, PULIDO Carlos y ROIZ Juan Manuel. (2009). *Ciencias para el mundo contemporáneo*. Anaya. Madrid.
- SANZ ESTEBAN Miguel, SERRANO BARRERO Susana y TORRALBA REDONDO Begoña. (2003). *Biología 2 Bachillerat*. Madrid. Oxford Educación. Proyecto Exedra.