

Capítulo 6. Cómo entran y salen sustancias de la célula

La materia viva se encuentra rodeada de materia no viva con la que constantemente intercambia materiales. Ambas se diferencian por los tipos de compuestos químicos que contienen y por sus concentraciones. En todos los sistemas vivos, desde los procariontes a los eucariontes multicelulares más complejos, la regulación del intercambio de sustancias con el mundo inanimado ocurre a nivel de la célula individual y es realizado por la membrana celular. La membrana celular regula el paso de materiales hacia dentro y fuera de la célula, una función que hace posible que la célula mantenga su integridad estructural y funcional. Esta regulación depende de interacciones entre la membrana y los materiales que pasan a través de ella.

El agua y los solutos se encuentran entre las principales sustancias que entran y salen de las células. La dirección en la cual se mueve el agua está determinada por el potencial hídrico; el agua se mueve desde donde el potencial es mayor hacia donde es menor. El movimiento de agua ocurre por flujo global y por difusión. La ósmosis es la difusión del agua a través de una membrana semipermeable.

Las moléculas cruzan la membrana celular por difusión simple o son acarreadas por proteínas de transporte embutidas en la membrana. Las proteínas de transporte permiten el pasaje de sustancias a través de la membrana mediante distintos mecanismos. Se pueden distinguir dos tipos principales de proteínas de transporte: las llamadas proteínas transportadoras o "carrier" y las proteínas formadoras de canales iónicos.

Las sustancias también pueden moverse hacia dentro y hacia fuera de una célula por procesos de transporte que involucran vacuolas o vesículas formadas por porciones de la membrana celular. Estos procesos son la endocitosis, la exocitosis y la transcitosis §. Existen tres formas de endocitosis: la fagocitosis, en la cual las partículas sólidas son incorporadas a la célula; la pinocitosis, en la cual son incorporados líquidos; y la endocitosis mediada por receptor, en la cual las moléculas o iones que serán transportados al interior de las células están acoplados a receptores específicos de la membrana celular.

En los organismos multicelulares, la comunicación entre las células es esencial para la coordinación de sus diferentes actividades en los distintos tejidos y órganos. Gran parte de esta comunicación es llevada a cabo por agentes químicos que, o bien pasan a través de la membrana celular o bien interactúan con receptores situados en su superficie. La comunicación puede también ocurrir directamente, a través de los canales de plasmodesmos (en tejidos vegetales) o de uniones nexus (en tejidos animales).

El movimiento del agua y los solutos

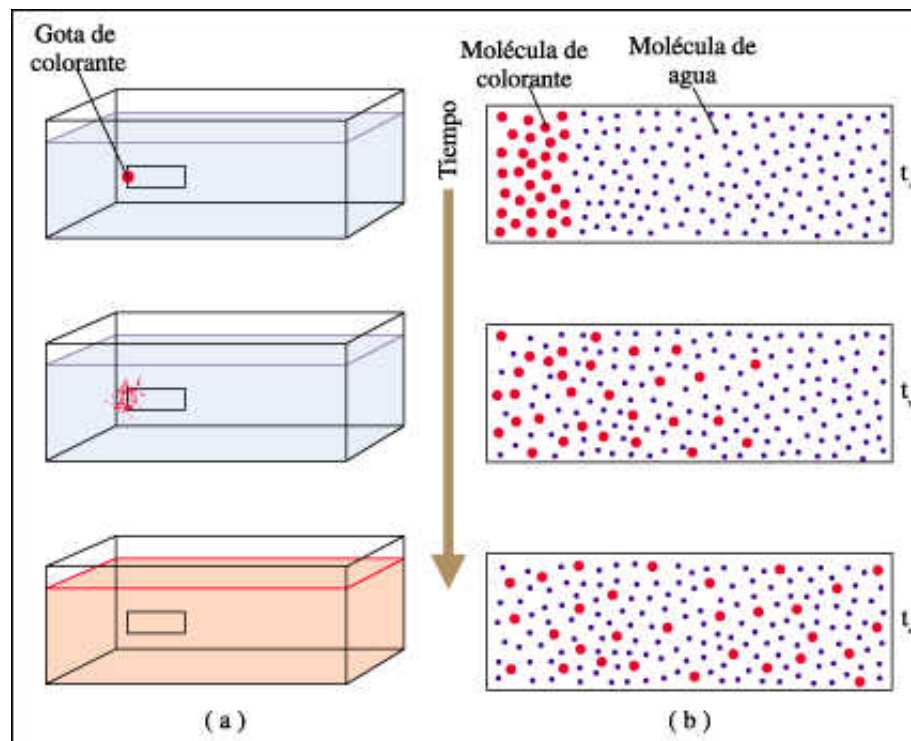
Hay dos mecanismos involucrados en el movimiento del agua y de los solutos: el flujo global y la difusión. En los sistemas vivos, el flujo global mueve agua y solutos de una parte de un organismo multicelular a otra, mientras que la difusión mueve moléculas e iones hacia dentro, hacia fuera y a través de la célula. Un caso particular de difusión, el del agua a través de una membrana que separa soluciones de diferente concentración, se conoce como ósmosis.

El flujo global es el movimiento general, en grupo, de las moléculas de agua y solutos disueltos, como, por ejemplo, cuando el agua fluye en respuesta a la gravedad o a la presión. La circulación de la sangre a través del cuerpo humano es otro ejemplo de flujo global.

La difusión implica el movimiento al azar de moléculas individuales o de iones y resulta en el movimiento neto a favor de un gradiente de concentración. Este proceso es más eficiente cuando el área superficial es mayor con relación al volumen, cuando la distancia implicada es corta y cuando el gradiente de concentración es pronunciado. Por sus actividades metabólicas, las células mantienen pronunciados gradientes de concentración de muchas sustancias. La velocidad de movimiento de sustancias dentro de las células también se incrementa por corrientes citoplasmáticas.

La difusión es el resultado del movimiento individual al azar de las moléculas (o iones). Produce un

movimiento neto de partículas desde la región con mayor concentración a la región con menor concentración. Este movimiento es a favor del gradiente de concentración. Obsérvese que las moléculas de colorante (en rojo) difunden hacia la derecha, mientras que las de agua (en azul) difunden hacia la izquierda. El resultado final es una distribución uniforme de ambos tipos de moléculas.



Proceso de difusión al añadir una gota de colorante en un recipiente con agua (a). Una sección del volumen del recipiente se amplía en (b), mostrando la posición de las moléculas de agua y colorante en tres momentos distintos.

La ósmosis es la difusión del agua a través de una membrana, que permite el paso de agua, pero que impide el movimiento de la mayoría de los solutos; se dice que esta membrana es selectivamente permeable. La ósmosis da como resultado la transferencia neta de agua de una solución que tiene un potencial hídrico mayor a una solución que tiene un potencial hídrico menor.

La palabra isotónico fue acuñada para describir dos o más soluciones que tienen el mismo número de partículas disueltas por unidad de volumen y, por lo tanto, el mismo potencial hídrico. No hay movimiento neto de agua a través de una membrana que separe dos soluciones isotónicas, a menos, por supuesto, que se ejerza presión sobre uno de sus lados. En ausencia de otras fuerzas, el movimiento neto de agua en la ósmosis ocurre de una región de menor concentración de soluto (medio hipotónico) y, por lo tanto, de mayor potencial hídrico, a una región de mayor concentración de soluto (medio hipertónico) y, por consiguiente, de menor potencial hídrico.

La difusión del agua no se ve afectada por qué cosa está disuelta en ella sino solamente por cuánto se encuentra disuelto, o sea, por la concentración de partículas de soluto (moléculas o iones) en el agua.

El movimiento osmótico de agua a través de la membrana celular causa algunos problemas cruciales a los sistemas vivos. Estos problemas varían según si el organismo o la célula son hipotónicos, isotónicos o hipertónicos con relación a su ambiente. Los organismos unicelulares que viven en los mares, por ejemplo, habitualmente son isotónicos respecto al medio salino en el que habitan y no presentan problemas de pérdida o ganancia de agua.

Las células de la mayoría de los invertebrados marinos también son isotónicas respecto al agua de mar. De modo semejante, las células de los invertebrados son isotónicas con la sangre y la linfa, que constituyen el medio acuoso en el que esas células viven. Sin embargo, muchos tipos de células viven en un ambiente hipotónico y el agua que los rodea tiende a penetrar en la célula por ósmosis.

Si entrara demasiada agua en la célula, podría diluir los contenidos celulares hasta el punto de interferir con las funciones biológicas y podría, finalmente, romper la membrana celular. En el Paramecium, existe una organela especializada, la vacuola contráctil, que evita que esto ocurra ya que recoge agua de varias partes de la célula y la bombea hacia fuera con contracciones rítmicas. Este proceso de transporte global consume energía.

La turgencia de las células vegetales es también una consecuencia de la ósmosis. La presencia del soluto disminuye el potencial hídrico y así se crea un gradiente de potencial hídrico a lo largo del cual difunde el agua.

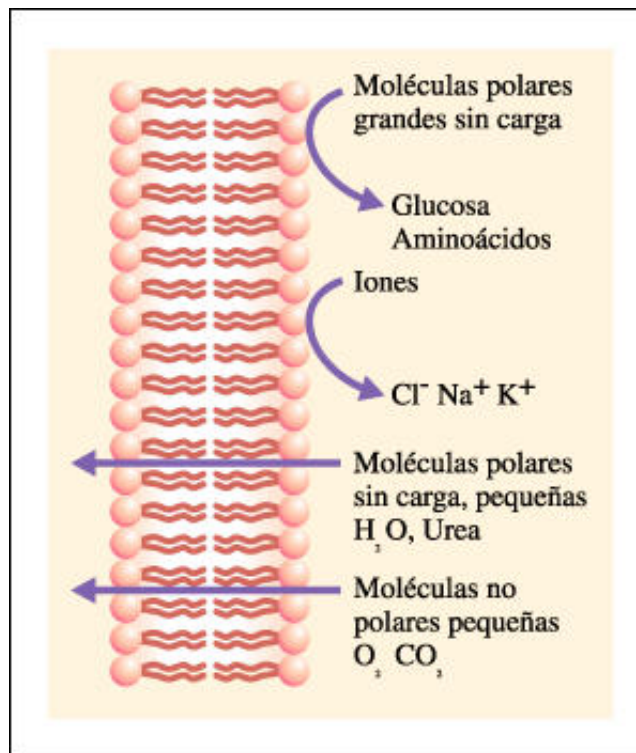
Transporte mediado por proteínas

El agua y otras moléculas hidrofílicas excluyen a los lípidos y a otras moléculas hidrofóbicas. Las moléculas hidrofóbicas excluyen a las hidrofílicas. Este comportamiento de las moléculas, determinado por la presencia o ausencia de regiones polares o cargadas, es de importancia fundamental en la capacidad de las membranas celulares para regular el pasaje de materiales hacia dentro y hacia fuera de las células y de las organelas.

Las membranas celulares están formadas por una bicapa lipídica, en cuyo interior confluyen las colas hidrofóbicas de las moléculas de lípidos. Este mar lipídico interior es una barrera formidable para los iones y la mayoría de las moléculas hidrofílicas, pero permite el pasaje fácil de moléculas hidrofóbicas, tales como las hormonas esteroides. Así, la composición fisico-química de la membrana celular es la que determina qué moléculas pueden atravesarla libremente y qué moléculas no.

Las moléculas no polares pequeñas atraviesan libremente una bicapa lipídica. Las moléculas polares relativamente grandes sin carga, o los pequeños iones (con carga) no pueden atravesar el interior hidrofóbico. El agua y otras moléculas polares pequeñas y sin carga difunden a través de la bicapa.

La mayoría de las moléculas orgánicas de importancia biológica tienen grupos funcionales polares y, por lo tanto, son hidrofílicas; a diferencia del dióxido de carbono, el oxígeno y el agua, ellas no pueden atravesar libremente la barrera lipídica por difusión simple. De modo similar, los iones que son de importancia crucial en la vida de la célula no pueden difundir a través de la membrana. Aunque los iones individuales, como el sodio (Na^+) y el cloruro (Cl^-), son bastante pequeños, en solución acuosa se encuentran rodeados por moléculas de agua y, tanto el tamaño como las cargas de los agregados resultantes impiden que los iones se deslicen a través de las aberturas momentáneas que sí permiten el pasaje de las moléculas de agua. El transporte de estos agregados y de todas las moléculas hidrofílicas, excepto las muy pequeñas, depende de proteínas integrales de membrana que actúan como transportadores, transfiriendo a las moléculas hacia uno y otro lado de la membrana sin que entren en contacto con su interior hidrofóbico.

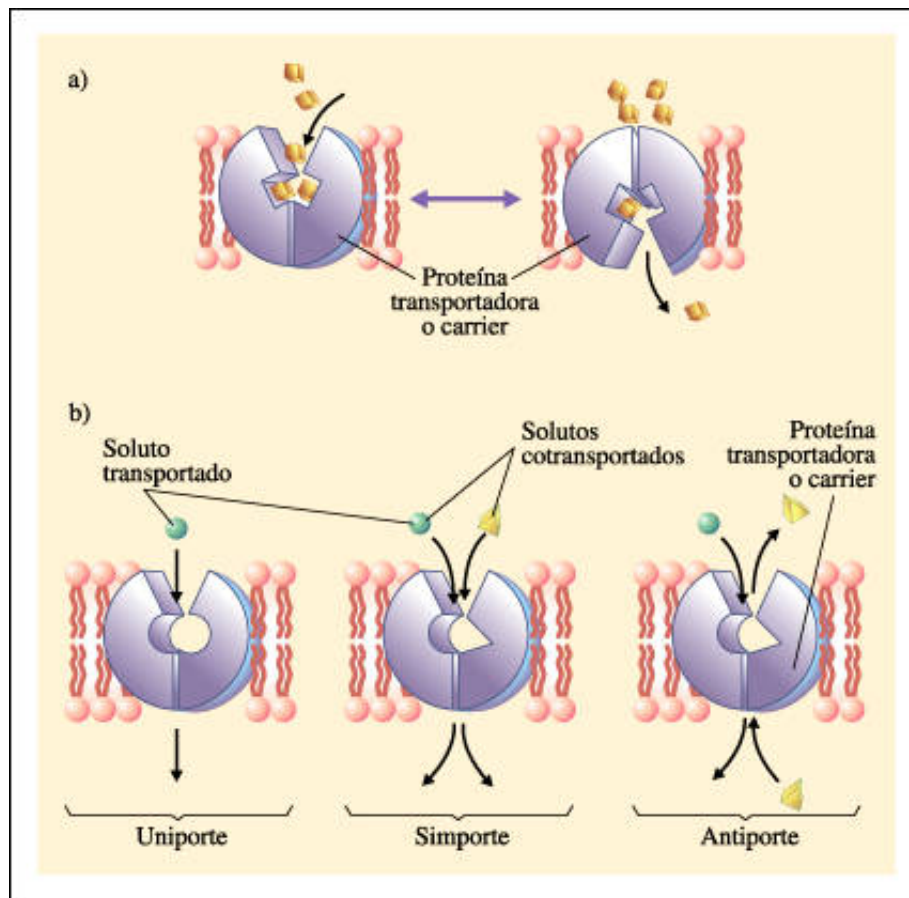


Permeabilidad de una bicapa lipídica.

Se pueden distinguir dos tipos principales de proteínas de transporte: las llamadas proteínas transportadoras o "carrier" y las proteínas formadoras de canales (canales iónicos).

Las proteínas "carrier" que se encuentran en la membrana plasmática o en la membrana que rodea a las organelas son altamente selectivas. Lo que determina qué moléculas puede transportar es la configuración de la proteína, o sea, su estructura terciaria o, en algunos casos, cuaternaria. Aunque en el curso del proceso del transporte la proteína sufre típicamente cambios en la configuración, esa alteración no es permanente. Las proteínas "carrier" son muy similares a las enzimas, que son también altamente selectivas en cuanto a las moléculas con las que interactúan y no se alteran permanentemente por esas interacciones.

El modelo actual del mecanismo de transporte llevado a cabo por proteínas carrier sugiere que la proteína transportadora se une específicamente a la molécula a transportar y sufre cambios temporales en su configuración provocados, en general, por la unión misma del soluto. Son estos cambios conformacionales los que permiten la transferencia del soluto a través de la membrana.



a) Las proteínas carrier se unen al soluto y sufren cambios conformacionales al transferirlo al otro lado de la membrana. b) Hay tres tipos de proteínas carrier: las de los sistema uniporte, simporte y antiporte

En el sistema de transporte más simple, conocido como uniporte, un soluto en particular se mueve directamente a través de la membrana en una dirección. En el tipo de cotransporte conocido como simporte dos solutos diferentes se mueven a través de la membrana, simultáneamente y en el mismo sentido. Frecuentemente, un gradiente de concentración, que involucra a uno de los solutos transportados, impulsa el transporte del otro; por ejemplo, un gradiente de concentración de iones Na^+ frecuentemente impulsa el cotransporte de moléculas de glucosa. En otro tipo de sistema de cotransporte, conocido como antiporte, dos solutos diferentes se mueven a través de la membrana, simultánea o secuencialmente en sentidos opuestos. La bomba $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ es un ejemplo de sistema de cotransporte que implica un antiporte.

Las proteínas que forman canales no se unen al soluto, sino que forman poros hidrofílicos que atraviesan la membrana permitiendo exclusivamente el pasaje de iones (canales iónicos); el tipo de ion se selecciona de acuerdo al tamaño y a la carga. Los canales iónicos se encuentran generalmente cerrados con una especie de "compuerta", que impide el pasaje de iones por el poro. Los canales pueden abrirse por un intervalo de tiempo breve como respuesta a distintos tipos de estímulos, permitiendo el pasaje de un ion específico a través de la membrana

Las proteínas canal y muchas proteínas "carrier" sólo pueden trasladar sustancias a través de la membrana en forma pasiva. Este pasaje mediado por proteínas se conoce como difusión facilitada. La glucosa, por ejemplo, es una molécula hidrofílica que entra en la mayoría de las células por difusión facilitada. Dado que la glucosa se degrada rápidamente cuando entra en una célula, se mantiene un marcado gradiente de concentración entre el interior y el exterior. Sin embargo, cuando en el medio circundante hay un número muy grande de moléculas de glucosa, la velocidad de entrada no se incrementa más allá de un cierto punto; alcanza un pico y luego permanece estacionaria en ese nivel. Este límite a la velocidad de entrada es el resultado del número limitado de moléculas de la proteína de transporte específica de la glucosa que existen en la membrana celular.

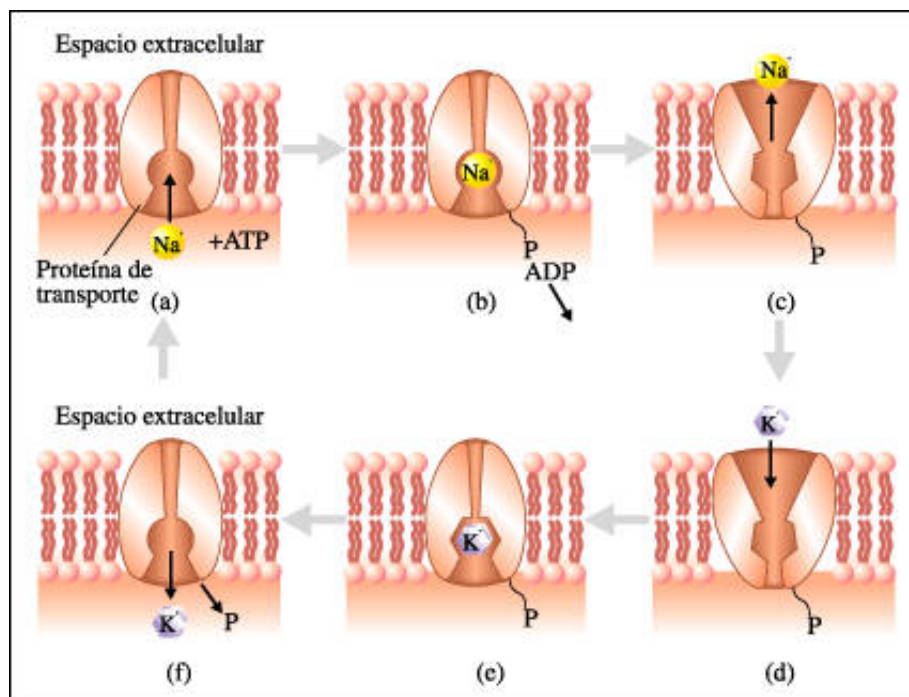
El pasaje de iones a través de canales iónicos es más rápido que a través de las proteínas "carrier", ya que no requiere la unión del ion con la proteína del poro. Durante el intervalo de tiempo en que el canal se encuentra abierto, los iones difunden rápidamente a favor de su

gradiente electroquímico. Esta característica de los canales iónicos es fundamental en la transmisión de señales eléctricas -impulso nervioso- en el sistema nervioso.

Tanto la difusión facilitada como la difusión simple son impulsadas por un gradiente de potencial químico. Las moléculas sin carga son transportadas simplemente a favor del gradiente, desde una región de mayor concentración a una de concentración menor. Pero, si el soluto transportado tiene carga neta (iones) su transporte no sólo depende de su gradiente de concentración sino también de la diferencia de potencial eléctrico a través de la membrana (diferencia de carga eléctrica a ambos lados de la membrana debida a la distribución desigual de iones). La fuerza total que mueve el soluto en este caso es la resultante de la combinación de ambos gradientes: el eléctrico y el químico. El gradiente resultante se denomina gradiente electroquímico. Casi todas las membranas plasmáticas tienen una diferencia de potencial eléctrico, llamado potencial de membrana, en el que el lado citoplasmático de la membrana es negativo respecto al lado externo.

Existen otras proteínas "carrier" que pueden trasladar moléculas contra gradiente, proceso conocido como transporte activo. En el transporte activo, las moléculas o iones se mueven contra el gradiente electroquímico, proceso análogo al de empujar una roca cuesta arriba y que requiere energía. El transporte activo es mediado siempre por proteínas "carrier"; así, las proteínas "carrier" están asociadas tanto al transporte pasivo (difusión facilitada) como al transporte activo, mientras que en los canales iónicos el transporte es únicamente pasivo.

El transporte activo requiere siempre un gasto de energía, que en algunos casos es liberada de la molécula de ATP y en otros casos proviene de la energía potencial eléctrica asociada con el gradiente de concentración de un ion a través de la membrana. Por ejemplo, la glucosa es transportada desde la luz del intestino al citoplasma de las células del epitelio intestinal. Este proceso de absorción de glucosa se realiza aunque la concentración de glucosa sea mayor en el interior de la célula, es decir contra su gradiente de concentración. Recordemos que este tipo de transporte es un cotransporte de glucosa y sodio (Na^+). La energía para el movimiento de la glucosa contra su gradiente de concentración es aportada por la energía potencial eléctrica asociada al gradiente de concentración de Na^+ generado, a su vez, por la bomba de sodio-potasio.



Modelo de la bomba sodio-potasio

En el modelo de la bomba sodio-potasio,

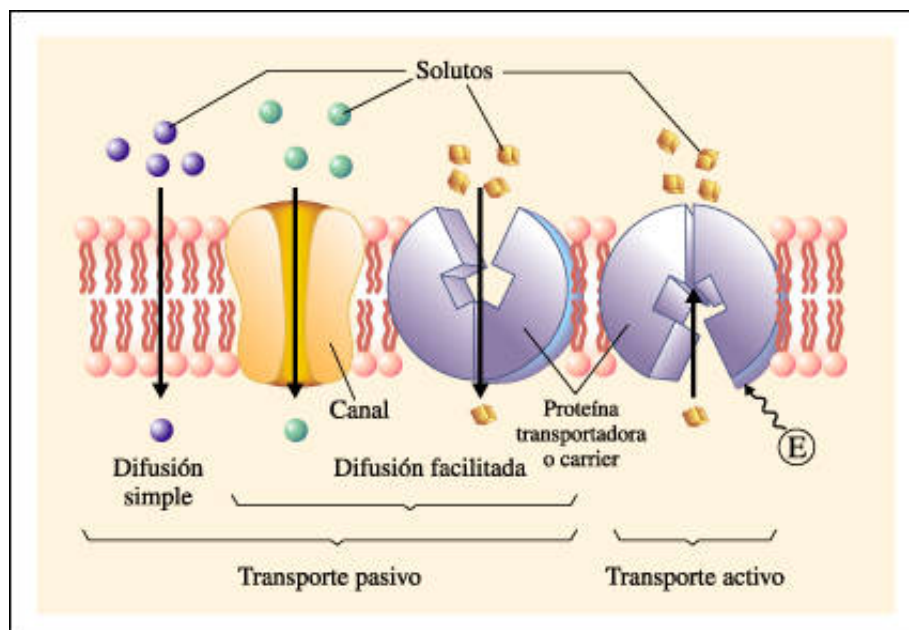
- un ion Na^+ proveniente del citoplasma se inserta con precisión en la proteína de transporte.
- Luego, una reacción química que involucra al ATP un grupo fosfato (P) a la proteína, liberándose ADP (difosfato de adenosina). Este proceso da como resultado
- un cambio en la conformación de la proteína que hace que el Na^+ sea liberado afuera de la célula.

- d. Un ion K^+ en el espacio extracelular se inserta en la proteína de transporte, que en esta conformación ofrece una mejor acopladura para el K^+ que para el Na^+ .
- e. El grupo fosfato luego se libera de la proteína, induciendo la conversión a la otra forma, y el ion K^+ es liberado en el citoplasma. Ahora, la proteína está lista una vez más para transportar Na^+ hacia fuera de la célula.

Para mayor claridad, se muestran en la figura solamente dos iones. Los estudios cuantitativos, sin embargo, han mostrado que cada secuencia de bombeo completo transporta tres iones Na^+ hacia fuera y dos iones K^+ hacia el interior de la célula. De esta forma, la actividad de la bomba de Na^+ / K^+ contribuye a generar parte del potencial eléctrico de membrana en las células animales.

La bomba de sodio-potasio está presente en todas las células animales. La mayoría de las células mantienen un gradiente de concentración de iones sodio (Na^+) y potasio (K^+) a través de la membrana celular: el Na^+ se mantiene a una concentración más baja dentro de la célula y el K^+ se mantiene a una concentración más alta. El bombeo de iones Na^+ y K^+ es llevado a cabo por una proteína transportadora ("carrier"), que existe en dos configuraciones alternativas. Una configuración tiene una cavidad que se abre al interior de la célula, en la cual encajan los iones Na^+ ; la otra tiene una cavidad que se abre hacia fuera, en la cual encajan los iones K^+ . El Na^+ dentro de la célula se une a la proteína de transporte. Simultáneamente, una reacción que involucra al ATP, libera energía y da como resultado que un grupo fosfato se una a la proteína. Esto provoca un cambio de la proteína a la configuración alternativa y la liberación del Na^+ en el lado externo de la membrana. Ahora, la proteína de transporte está lista para captar K^+ , lo cual da como resultado la liberación del grupo fosfato de la proteína, haciendo que ésta vuelva, así, a la primera configuración y libere al K^+ en el interior de la célula. Como puede verse, este proceso generará un gradiente de iones Na^+ y K^+ a través de la membrana. La bomba de sodio-potasio, al regular el pasaje de estos iones, controla el volumen de las células animales. El gradiente generado por la bomba tiene asociada una energía potencial eléctrica que puede ser aprovechada en el transporte activo de otras sustancias que deben atravesar la membrana contra gradiente de concentración.

La difusión facilitada, al igual que la difusión simple discutida previamente, es un proceso pasivo que no requiere despliegue energético por parte de la célula; el transporte activo, en cambio, requiere el gasto de energía celular.



Modos de transporte a través de la membrana celular: transporte pasivo (difusión simple y difusión facilitada) y transporte activo.

En la difusión simple y la difusión facilitada, las moléculas o iones se mueven a favor de un gradiente electroquímico. La energía potencial del gradiente electroquímico dirige estos procesos que son, en lo que concierne a la célula, pasivos. En el transporte activo, por el contrario, las moléculas o los iones se mueven contra un gradiente electroquímico. Para impulsar el transporte activo es necesaria la energía liberada por reacciones químicas celulares. Tanto la difusión

facilitada como el transporte activo requieren de la presencia de proteínas integrales de membrana, específicas para el tipo de la sustancia que está siendo transportada. El transporte activo sólo puede ser realizado por las proteínas carrier, mientras que la difusión facilitada puede ser llevada a cabo tanto por las proteínas carrier como por las proteínas canal.

Transporte mediado por vesículas

El cruce a través de la membrana celular, con o sin ayuda de proteínas de transporte, es uno de los principales modos en que las sustancias entran y salen de la célula, pero no es el único. Hay otro tipo de proceso de transporte que involucra vesículas o vacuolas que se forman a partir de la membrana celular o se fusionan con ella.

Por ejemplo, las vesículas se mueven desde los complejos de Golgi a la superficie de la célula. Cuando una vesícula alcanza la superficie celular, su membrana se fusiona con la membrana citoplasmática y expulsa su contenido al exterior. Este proceso es conocido como exocitosis. El transporte por medio de vesículas o vacuolas también puede operar en sentido contrario. En la endocitosis, el material que se incorporará a la célula induce una invaginación de la membrana, produciéndose una vesícula que encierra a la sustancia. Esta vesícula es liberada en el citoplasma. Se conocen tres formas distintas de endocitosis: la fagocitosis ("células comiendo"), la pinocitosis ("células bebiendo") y la endocitosis mediada por receptor; todas ellas requieren energía.

Existen tres tipos de endocitosis.

- a. En la fagocitosis, el contacto entre la membrana plasmática y una partícula sólida induce la formación de prolongaciones celulares que envuelven la partícula, englobándola en una vacuola. Luego, uno o varios lisosomas se fusionan con la vacuola y vacían sus enzimas hidrolíticas en el interior de la vacuola.
- b. En la pinocitosis, la membrana celular se invagina, formando una vesícula alrededor del líquido del medio externo que será incorporado a la célula.
- c. En la endocitosis mediada por receptor, las sustancias que serán transportadas al interior de la célula deben primero acoplarse a las moléculas receptoras específicas. Los receptores se encuentran concentrados en zonas particulares de la membrana (depresiones) o se agrupan después de haberse unido a las moléculas que serán transportadas. Cuando las depresiones están llenas de receptores con sus moléculas específicas unidas, se ahuecan y se cierran formando una vesícula.

En la fagocitosis, la sustancia ingerida queda en una gran vesícula endocítica llamada fagosoma. El fagosoma frecuentemente se fusiona a un lisosoma que vacía en él sus enzimas, digiriendo o destruyendo los contenidos.

La pinocitosis es un proceso es básicamente idéntico a la fagocitosis. Sin embargo, a diferencia de la fagocitosis, que es un proceso que únicamente se realiza en células especializadas (células fagocíticas), casi todas las células eucarióticas, tanto las de organismos unicelulares como de animales multicelulares, forman continuamente vesículas pinocíticas a partir de su membrana celular.

En la endocitosis mediada por receptor, determinadas proteínas de membrana sirven como receptores de moléculas o macromoléculas específicas que serán transportadas dentro de la célula. Por ejemplo, el colesterol entra en las células animales por este mecanismo. Existen receptores específicos de la superficie celular que interactúan con determinadas moléculas. La unión a partículas específicas provoca la formación de una vesícula que transporta a las moléculas de colesterol al interior de la célula. Algunos receptores, cuando están desocupados o libres, se encuentran dispersos al azar sobre la superficie de la membrana. Esto ocurre, por ejemplo, con los receptores para la hormona insulina. Cuando las moléculas que serán transportadas al interior de la célula se unen a los receptores, éstos se juntan. Posteriormente, se forma una vesícula y los receptores cargados de hormona son transportados al interior de la célula.

Otros receptores difunden por la membrana y se agrupan en áreas específicas aun antes de que se les unan moléculas. En las áreas donde se localizan receptores específicos o en las que se

juntan luego de la unión con moléculas específicas, la cara interna, o citoplásmica, de la membrana celular presenta una proteína periférica de membrana, llamada clatrina. Estas áreas, que se ven ligeramente dentadas, se conocen como depresiones recubiertas.

El reclutamiento de los receptores a las depresiones recubiertas depende de la porción citoplasmática del receptor y en algunos casos, como el del receptor de insulina, de que la molécula a transportar se una a la parte externa del receptor. La clatrina induce la curvatura de la membrana y la formación de las vesículas. Las vesículas que se forman a partir de estas depresiones o vesículas recubiertas, y que contienen a las moléculas de receptor y a sus "pasajeros" adquieren, así, una cubierta externa de clatrina.

La cubierta de clatrina es transitoria y se pierde inmediatamente después de formarse la vesícula.

En otros casos, ni el receptor ni su carga son degradados y la vesícula endocítica es transportada hacia otra región de la membrana plasmática, descargando su contenido nuevamente hacia el exterior de la célula. Este proceso se conoce como transcitosis y permite transferir macromoléculas desde un espacio extracelular a otro, como en el caso de la secreción de anticuerpos desde la sangre hacia el fluido de la leche materna en los mamíferos.

Comunicación célula-célula

Las células individuales no se encuentran aisladas o sólo rodeadas por un medio acuoso. En muchos casos, como en los organismos multicelulares, las células están organizadas en tejidos, grupos de células especializadas con funciones comunes. Los tejidos, a su vez, están organizados en órganos, como el corazón, el cerebro o el riñón, cada uno de los cuales, semejante a una organela subcelular, tiene un diseño que se ajusta a su función específica. En los organismos multicelulares es esencial que las células individuales se comuniquen entre sí, de modo que puedan "colaborar" para crear un órgano o un tejido que funcione armoniosamente.

Las comunicaciones entre células se cumplen por medio de señales químicas, o sea, por medio de sustancias transportadas hacia afuera de una célula y que se trasladan a otra célula. Así, los impulsos nerviosos se transmiten de neurona a neurona, o de neurona a músculo o glándula, a través de moléculas llamadas neurotransmisores. Las células en el cuerpo de una planta o de un animal liberan hormonas que se trasladan a cierta distancia y afectan a otras células del mismo organismo. En el curso del desarrollo, las células embrionarias ejercen influencia sobre la diferenciación de las células vecinas en órganos y tejidos.

Cuando estas sustancias alcanzan la membrana de la célula que es su objetivo (célula blanco), pueden ser transportadas hacia su interior por uno de los procesos que hemos considerado, o bien pueden acoplarse a receptores específicos que se encuentran en la superficie de la membrana. Al unirse el mensajero químico al receptor, se ponen en marcha reacciones químicas dentro de la célula, transmitiéndose así el mensaje a una serie de emisarios intracelulares.

Sin embargo, a menudo las células dentro de un tejido o un órgano se comprimen fuertemente, permiten que se produzcan distintos tipos de contactos íntimos y directos. Entre las células vegetales, que están separadas unas de otras por paredes celulares, hay canales llamados plasmodesmos, que atraviesan las paredes y conectan directamente los citoplasmas de células contiguas. Los plasmodesmos contienen generalmente extensiones tubulares del retículo endoplásmico conocidas como desmotúbulos.

En los tejidos animales, las estructuras conocidas como uniones nexus (gap junctions) permiten el pasaje de sustancias entre las células. Estas uniones aparecen como enjambres fijos de canales muy pequeños rodeados por una formación ordenada de proteínas.

Estos canales, a diferencia de los canales iónicos, son poros poco selectivos, que permiten el pasaje libre de cualquier molécula pequeña por debajo de un determinado tamaño. Los experimentos con moléculas marcadas radiactivamente han mostrado que, a través de estos canales, pasan pequeñas moléculas mensajeras y se transmiten señales eléctricas en forma de iones. Por ejemplo, las contracciones de las células musculares en el corazón están sincronizadas por el flujo de iones sodio (Na^+) a través de uniones comunicantes.

El transporte de materiales entre células vecinas a través de los canales de plasmodesmos o de

uniones nexus, o hacia dentro y hacia fuera de las células a través de proteínas integrales de membrana, y por medio de endocitosis y exocitosis, parece corresponder, superficialmente, a tres procesos bastante diferentes. Sin embargo, estos procesos son fundamentalmente similares por el hecho de que los tres dependen de la estructura tridimensional precisa de una gran variedad de moléculas de proteínas específicas. Estas moléculas proteicas, no sólo forman canales a través de los cuales puede ocurrir el transporte, sino que además dotan a la membrana celular de la capacidad para "reconocer" moléculas particulares. Esta capacidad es el resultado de miles de millones de años de un proceso de evolución, que comenzó, hasta donde podemos vislumbrar, con la formación de una frágil película alrededor de unas pocas moléculas orgánicas. Esta película separó las moléculas de su ambiente externo y les permitió mantener el tipo particular de organización que reconocemos como vida.



El cuarto Blanco - Biblioteca Web