TEMA 11: MEMBRANAS BIOLÓGICAS Y TRANSPORTE

INTRODUCCIÓN A LAS MEMBRANAS BIOLÓGICAS

• **La membrana plasmática** es la frontera que separa el interior de la célula (vivo) del exterior (medio inerte).

• Es **extremadamente fina**, con un grosor de aproximadamente **8 nanómetros** (8×10^{-9} metros). Para que te hagas una idea: es más de 10.000 veces más delgada que un cabello humano.

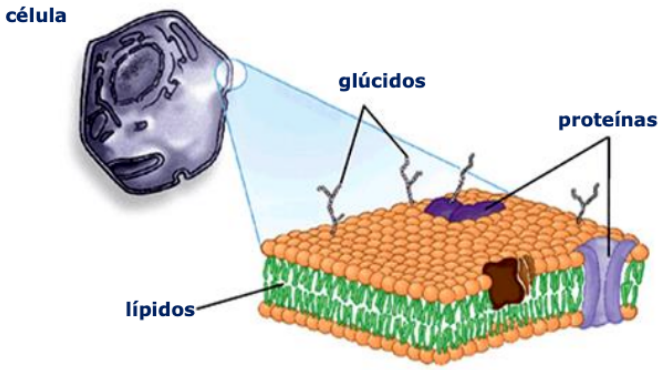
• Está formada por una **bicapa lipídica**, es decir, dos capas de moléculas grasas (lípidos), que se organizan de forma especial para formar una barrera semipermeable.

Componentes de esta bicapa:

1. **Fosfolípidos**:

• Son lípidos con una "cabeza" que **atrae el agua** (hidrofílica) y dos "colas" que **repelen el agua** (hidrofóbicas).

• En la membrana, se organizan con las cabezas hacia fuera (hacia el agua) y las colas hacia dentro, formando una doble capa.



2. **Esteroles**:

• Son otro tipo de lípidos, como el **colesterol**, que regulan la **fluidez y estabilidad** de la membrana.

• En células animales, el colesterol hace que la membrana no sea ni demasiado rígida ni demasiado fluida.

Además, la membrana también contiene:

• **Proteínas**, que tienen muchas funciones:

  • Algunas actúan como **canales** o **transportadores** para dejar pasar sustancias.

  • Otras son **receptoras**, detectan señales del exterior.

  • Algunas están ancladas y sirven de **soporte estructural**.

• **Glúcidos** (azúcares), que están unidos a lípidos o proteínas:

  • Forman el llamado **glucocálix**, una especie de "envoltura" externa que protege y ayuda a identificar la célula.

FUNCIONES DE LAS MEMBRANAS BIOLÓGICAS

Las membranas no solo separan el interior del exterior de la célula, sino que **desempeñan múltiples funciones esenciales para la vida**. Vamos con ellas:

1. **Delimitación y compartimentación**:

• Separan el **medio intracelular** del **extracelular** (como una muralla).

• También crean **compartimentos internos** dentro de la célula (orgánulos), cada uno con funciones distintas. Ejemplo: la membrana del núcleo, la de las mitocondrias, etc.

2. **Transporte de sustancias**:

• Controlan **qué entra y qué sale** de la célula. Algunas sustancias pueden atravesar fácilmente la bicapa (como el oxígeno), pero otras necesitan ayuda.

• Se encarga de mantener el equilibrio interno (**homeostasis**).

3. **Comunicación celular**:
• Gracias a **proteínas receptoras** que detectan señales químicas externas (como hormonas).
• Permite que la célula "se entere" de lo que pasa fuera y responda.
4. **Reconocimiento celular**:
• El **glucocálix** actúa como una "matrícula" o "carné de identidad" de la célula.
• Muy importante para que el sistema inmunitario reconozca qué células son propias y cuáles son extrañas (por ejemplo, bacterias o células infectadas).
5. **Actividad enzimática y metabolismo**:
• Algunas proteínas de membrana son **enzimas**, es decir, catalizadores de reacciones químicas.
• Otras forman parte de rutas metabólicas (reacciones en cadena dentro de la célula).
6. **Interacción con otras células y el medio extracelular**:
• Las membranas permiten que las células se **adhieran** entre sí para formar tejidos.
• También permiten el **intercambio de información** y la **respuesta coordinada** en organismos multicelulares.

Estas funciones hacen que la membrana sea **mucho más que una simple barrera**: es un sistema activo, inteligente y vital para el funcionamiento de las células.

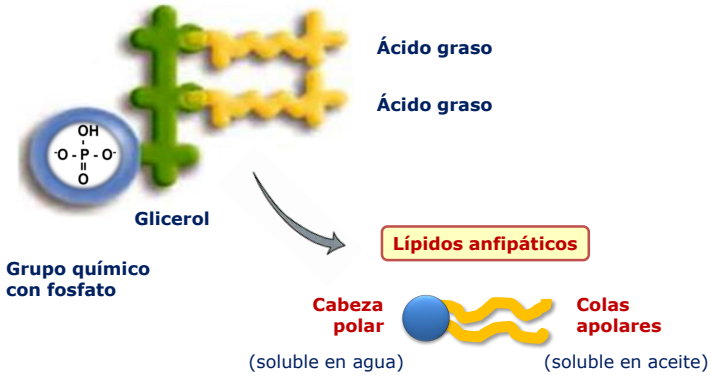
ESTRUCTURA DE LOS FOSFOLÍPIDOS

Los fosfolípidos son las piezas clave en la estructura de las membranas celulares. Son un tipo especial de lípido (grasa), pero a diferencia de los triglicéridos, **tienen una parte soluble en agua y otra que no lo es**. Por eso se llaman **anfipáticos** (tienen dos "afinidades").

🔬 ¿Cómo están formados?

Un fosfolípido tiene tres partes principales:

1. **Glicerol** (esqueleto): una molécula de tres carbonos que sirve como base.
2. **Dos ácidos grasos**: cadenas largas de carbono e hidrógeno que no se disuelven en agua (son **apolares**).
3. **Grupo fosfato** con un grupo adicional (puede ser colina, serina, etc.): esta parte **sí se disuelve en agua** (es **polar**).



📌 Resultado:
• **Cabeza polar (hidrofílica)**: le gusta el agua.
• **Colas apolares (hidrofóbicas)**: evitan el agua.

Esto es esencial para que puedan formar estructuras como la **bicapa lipídica**.

🧪 ¿Qué hacen los fosfolípidos?

Tienen varias funciones importantes:

1. **Forman la bicapa lipídica** de todas las membranas celulares.
• La cabeza apunta hacia fuera (donde hay agua).

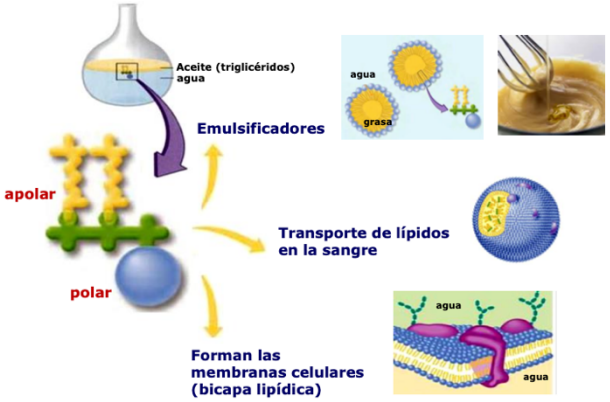
• Las colas se esconden en el interior, protegidas del agua.

2. **Emulsifican grasas** (como en la digestión).

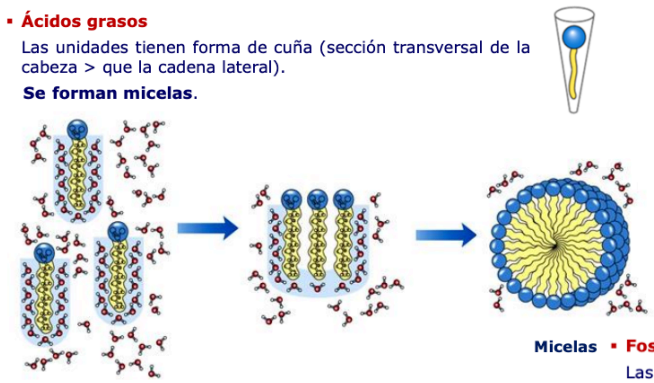
• Permiten mezclar sustancias que normalmente no se mezclarían, como el agua y el aceite.

3. **Transportan lípidos en la sangre**.

• En forma de lipoproteínas, ayudan a llevar grasas por un medio acuoso como la sangre.



¿Por qué los fosfolípidos forman una bicapa y no otra cosa?



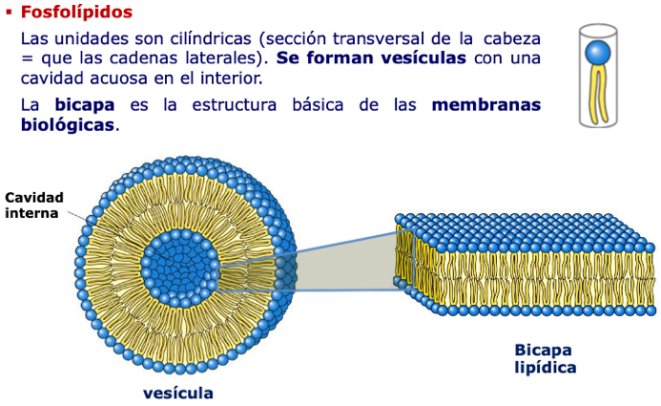
La respuesta está en su forma **anfipática** y cómo se comportan en contacto con el agua:

• **Ácidos grasos simples** (como en los jabones) tienen forma de **cuña**, y tienden a formar **micelas**: esferas pequeñas con las colas hacia dentro.

• **Fosfolípidos** tienen forma **cilíndrica** (cabeza y colas de tamaño parecido), lo que favorece la **formación de bicapas planas** o **vesículas**:

• Las **vesículas** son esferas huecas formadas por una bicapa, con **agua tanto fuera como dentro**.

• Así se forma la estructura básica de **todas las membranas celulares**.



ESTEROLES

Los esteroles son otro tipo de lípidos, pero **diferentes de los fosfolípidos** y de los triglicéridos. Estas son sus características.

Características generales:

• **No contienen ácidos grasos**, por lo tanto:

• **No pueden formar jabones** (esto es algo que sí pueden hacer los lípidos con ácidos grasos).

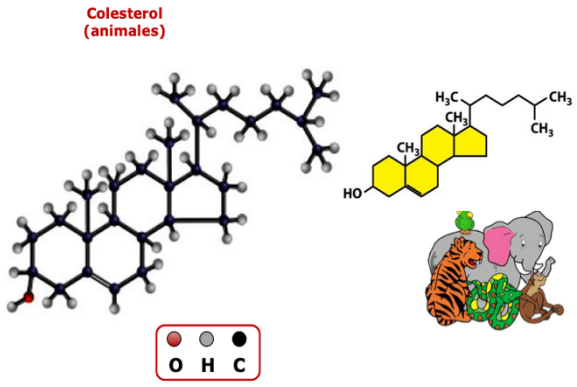
• Son **componentes estructurales importantes**, especialmente en las **membranas celulares**.

• Según el tipo de organismo:

• **Colesterol** en animales.

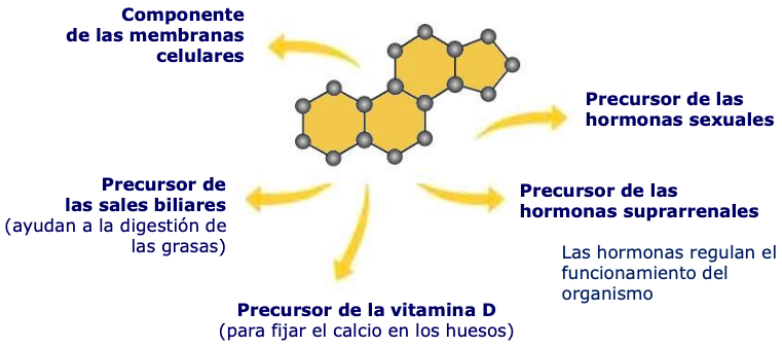
• **Fitosteroles** en vegetales.

• **Ergosterol** en hongos.



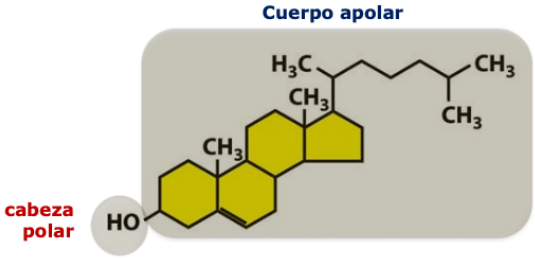
🧪 Funciones del colesterol (en animales)

El colesterol no solo es importante por su papel en la dieta, sino que es **imprescindible para el funcionamiento del cuerpo**:



1. **Componente de membranas celulares**:
   - Se inserta entre los fosfolípidos, ayudando a **regular la fluidez** y **estabilidad** de la membrana.
2. **Precursor de hormonas**:
   - A partir del colesterol, el cuerpo fabrica varias **hormonas esteroideas**:
     - **Sexuales**: como la testosterona o el estrógeno.
     - **Suprarrenales**: como el cortisol y la aldosterona, que regulan el estrés, la presión arterial, etc.
3. **Precursor de la vitamina D**:
   - Vital para absorber y **fijar el calcio en los huesos**.
4. **Precursor de las sales biliares**:
   - Se producen en el hígado a partir del colesterol y **ayudan a digerir las grasas**.

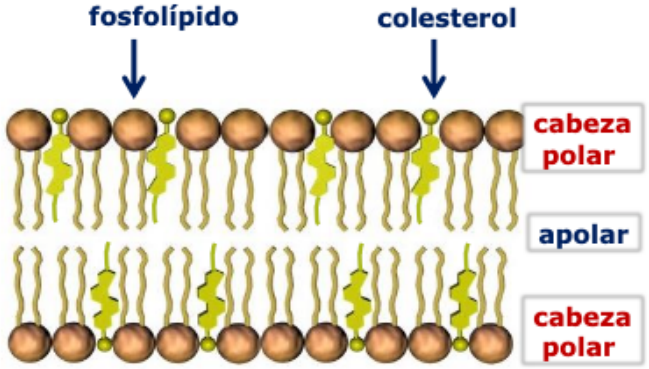
🔬 ¿Cómo se comporta el colesterol en la membrana?



- Su **cabeza polar** queda expuesta al agua (igual que las de los **fosfolípidos**).
- Su **cuerpo apolar** se mete entre las colas apolares de los **fosfolípidos**.

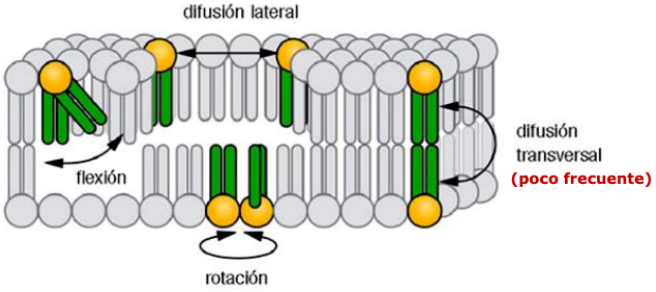
📌 Esto permite que la membrana **no sea demasiado rígida ni demasiado fluida** y estabiliza la estructura, especialmente cuando hay cambios de temperatura.

- **No puede formar una bicapa por sí solo**, como hacen los **fosfolípidos**.
- Pero **sí se inserta** entre ellos en la bicapa lipídica:



FLUIDEZ DE LAS MEMBRANAS

Para que una membrana funcione bien, no debe ser rígida como una pared, sino **flexible y dinámica**, algo parecido a un **aceite ligero**. Esta propiedad se llama **fluidez de membrana**.



🧬 ¿Qué implica esa fluidez?

1. **Las moléculas se pueden mover**:

• Los **fosfolípidos**, el **colesterol** y las **proteínas** pueden **desplazarse lateralmente** (es decir, de un lado a otro dentro del mismo plano de la membrana).

2. **Las colas de los fosfolípidos están en constante movimiento**:

• Estas "agitan" constantemente, lo que impide que la membrana se vuelva demasiado rígida.

📌 Esta fluidez es esencial para:

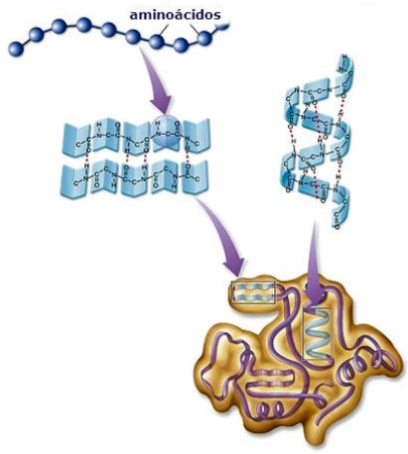
• El transporte de sustancias.
• La interacción con otras células.
• La función de las proteínas de membrana.

🧩 Proteínas de membrana

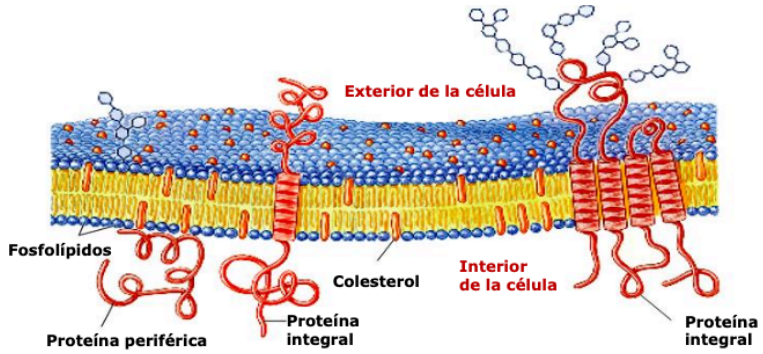
Aunque los lípidos forman la base estructural, las **proteínas son las que hacen el trabajo especializado**. Están implicadas en casi todas las funciones importantes de la membrana.

🔬 Composición:

• Las proteínas están formadas por **aminoácidos** unidos en cadenas largas que se pliegan para adquirir una forma específica (generalmente esférica o globular).



📂 Tipos de proteínas de membrana:



1. **Proteínas integrales**:

• Están **incrustadas profundamente** en la bicapa lipídica.

• Muchas de ellas **atraviesan toda la membrana** (de lado a lado).

• Algunas forman **canales o poros** que permiten el paso de sustancias.

2. **Proteínas periféricas**:

• Están **unidas a la superficie** de la membrana.

• Pueden unirse directamente a los lípidos o a las zonas externas de las proteínas integrales.

• Participan en funciones como la **señalización celular**, la **unión al citoesqueleto**, o **procesos enzimáticos**.

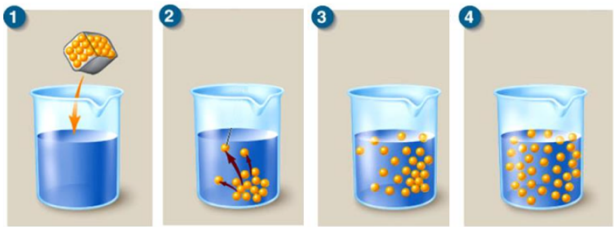
Entramos ahora en una parte fundamental del tema: **el transporte de sustancias a través de la membrana celular**, empezando por la **difusión**, que es un tipo de transporte pasivo.

DIFUSIÓN: EL MOVIMIENTO NATURAL HACIA EL EQUILIBRIO

🔍 ¿Qué es la difusión?

• Es el proceso por el cual **las partículas se mueven desde donde hay más concentración hacia donde hay menos**, hasta que se igualan.

• No necesita energía: ocurre **espontáneamente**.

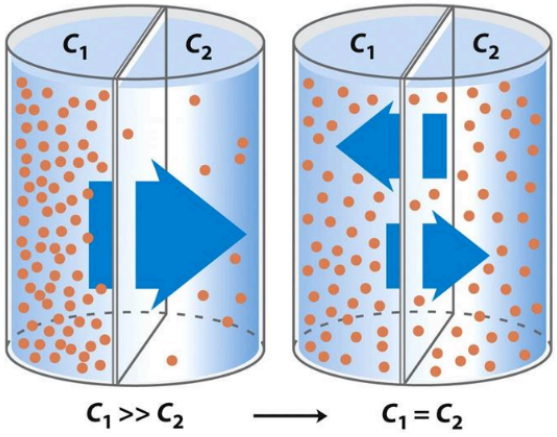


Ejemplo cotidiano: cuando se echa perfume en una habitación, al principio está concentrado en un punto, pero poco a poco se reparte por todo el aire.

¿Qué es el gradiente de concentración?

Es la **diferencia en la concentración** de una sustancia entre **dos zonas distintas**. En el caso de la célula, esas dos zonas suelen ser:

- **El interior de la célula**
- **El exterior de la célula** (el medio extracelular)



¿Cómo funciona?

- Si en un lado **hay más cantidad** de una sustancia que en el otro, **existe un gradiente de concentración**.
- Las moléculas tienden a **moverse espontáneamente desde donde hay más hacia donde hay menos**, como si buscaran "repartirse" de forma equilibrada.

Esta tendencia natural para igualar las concentraciones se la llama **movimiento a favor de gradiente**.

Ejemplos sencillos:

1. Si fuera de la célula hay mucho **oxígeno (O_2)** y dentro poco:
   - El oxígeno entra **a favor de gradiente** hasta equilibrarse.
2. Si dentro de la célula hay mucha **glucosa** y fuera casi nada:
   - La glucosa tendería a salir, también **a favor de gradiente**.

¿Y si una sustancia necesita ir en contra del gradiente?

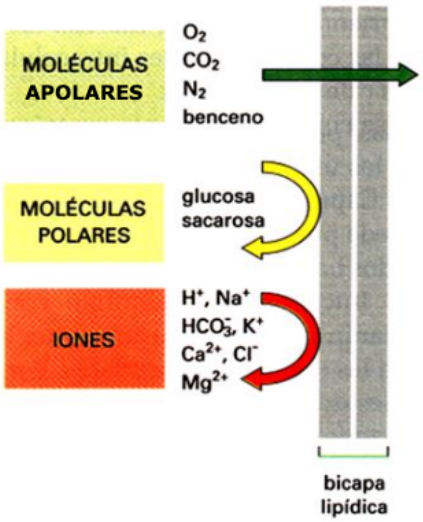
- Si una célula quiere **acumular algo** dentro, aunque fuera haya menos (o viceversa), tiene que moverlo **en contra del gradiente de concentración**.
- Eso **requiere energía (ATP)** y se llama **transporte activo** (que veremos en la siguiente parte).

A MODO DE RESUMEN:

Movimiento	Dirección	¿Necesita energía?
A favor de gradiente	De más concentración a menos	❌ No (es pasivo)
En contra del gradiente	De menos concentración a más	✅ Sí (es activo)

Difusión a través de la membrana

La membrana celular permite que ciertas sustancias entren o salgan **mediante difusión**. Esto puede suceder de dos formas:



1. Difusión simple

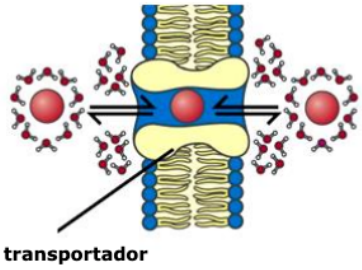
- Ocurre **directamente a través de la bicapa lipídica**.
- Las moléculas **se cuelan entre los huecos** que dejan los lípidos al moverse.
- Solo es posible para **moléculas pequeñas y apolares (sin carga)**, como:
  - **Oxígeno (O_2)**
  - **Nitrógeno (N_2)**
  - **Dióxido de carbono (CO_2)**

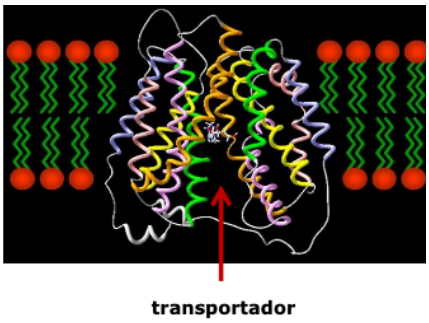
🧠 Como son apolares, **no tienen problemas en atravesar la parte hidrofóbica** del centro de la bicapa.

2. Difusión facilitada

• Las sustancias **polares o con carga (como el agua o los iones) no pueden pasar por sí solas** por la bicapa.

• Para ellas existen **proteínas transportadoras** (proteínas integrales) que les ayudan.





• Estas proteínas se **pliegan creando un canal interno hidrofílico (polar)** por el que pueden pasar las moléculas.

🧬 **Tipos de transportadores en la difusión facilitada**

Los transportadores pueden ser de dos tipos:

🔷 **Canales**

• Son **poros abiertos** que permiten el paso en ambos sentidos.

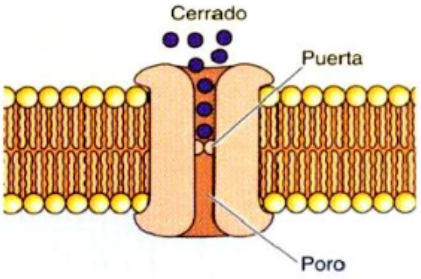
• Solo permiten el paso **a favor de gradiente** (de más a menos concentración).

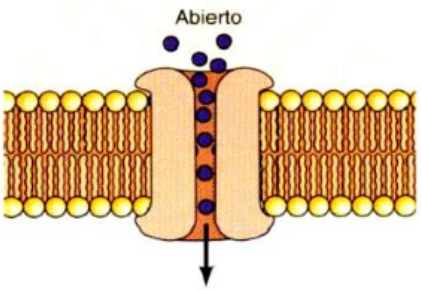
• Algunos **pueden abrirse o cerrarse** según estímulos (como compuertas).

• Ejemplos:

• **Acuaporinas**: canales específicos para el agua.

• Canales de **iones** como sodio (Na^+), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}), cloro (Cl^-).





🔷 **Portadores**

• Funcionan como una **puerta giratoria**: se abren por un lado y capturan la molécula, cambian de forma y la sueltan al otro lado.

• También trabajan **a favor del gradiente**.

Este tipo de transporte se llama **pasivo** porque **no gasta energía (ATP)**. La energía viene del propio desequilibrio de concentraciones.

💧 ÓSMOSIS: EL PASO DEL AGUA A TRAVÉS DE LA MEMBRANA

🔍 ¿Qué es la ósmosis?

- Es el **movimiento de moléculas de agua** a través de una membrana semipermeable.
- Ocurre desde donde hay **más agua "libre"** hacia donde hay **menos agua "libre"**.
- Se realiza **a través de canales especiales** llamados **acuaporinas** (que son proteínas).

🧠 ¿Qué significa "agua libre"?

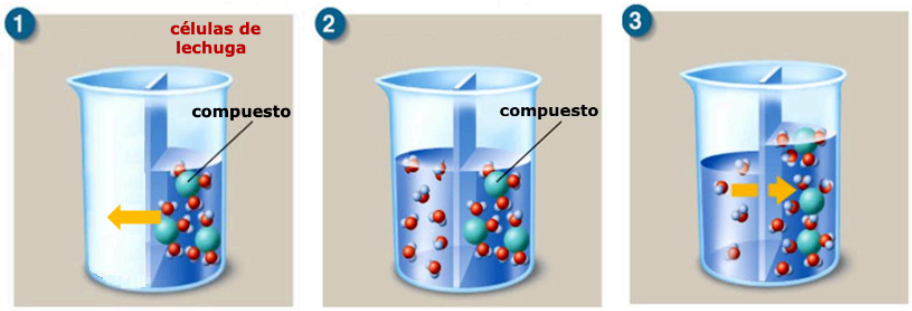
Cuando se disuelve una sustancia en agua (como sal o azúcar), parte de las moléculas de agua quedan **"ocupadas"** rodeando a las moléculas disueltas. Las demás son **agua libre**, que puede moverse.

- Si un compartimento tiene más soluto (más sal o azúcar), **tiene menos agua libre**.
- El agua se mueve **hacia ese lado** para intentar equilibrar la cantidad de agua libre.

📌 El agua siempre **va hacia donde hay más soluto** (más concentración de sales, por ejemplo), porque es donde hay menos agua libre.

🥬 Ejemplo con células de lechuga

- Si pones células de lechuga en agua:
- El interior de las células tiene solutos (azúcares, sales).
- El agua entra por ósmosis, y la célula **se hincha**.



Este principio es importante para el equilibrio celular. Si una célula pierde o gana demasiada agua, puede morir.



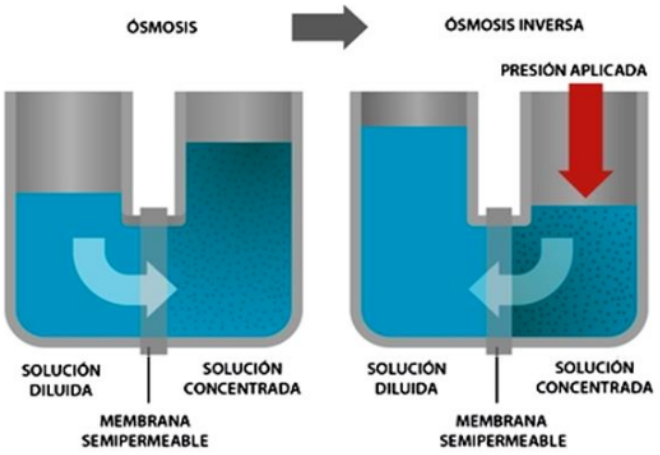
🤲 ¿Por qué se arrugan los dedos en el agua?

Una curiosidad explicada con ósmosis:

- Nuestra piel tiene **más solutos** que el agua de la bañera.
- El agua entra por ósmosis, especialmente en manos y pies (donde la piel es más gruesa).
- La **epidermis se hincha** más que la dermis y se forman pliegues: por eso se nos **arrugan los dedos**.

🚰 Ósmosis inversa

- Es un proceso **forzado**, utilizado en **desaladoras** para obtener agua dulce.
- Se **aplica presión** al agua con sal para que pase por una membrana **en contra del gradiente**, es decir, desde donde hay menos agua libre hacia donde hay más.
- Así se separa el agua de la sal y otros contaminantes.



DIFUSIÓN FACILITADA CON PORTADORES

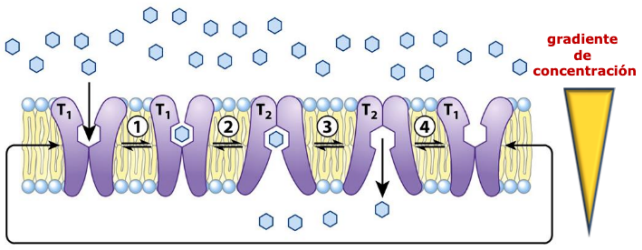
Atrás ya estaba introducido este tema, pero ahora se explica con más detalle.

¿Cómo funciona?

• Se usa para transportar moléculas **polares o con carga** (como la glucosa o aminoácidos).

• La **proteína portadora** se une a la molécula y **cambia de forma** (como una puerta giratoria).

• Así mueve la molécula de un lado a otro de la membrana.

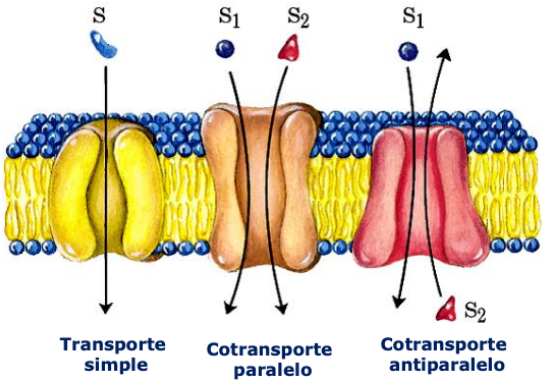


Este transporte sigue siendo **pasivo**: va **a favor del gradiente de concentración** y **no requiere energía**.

Modos de acción de los portadores

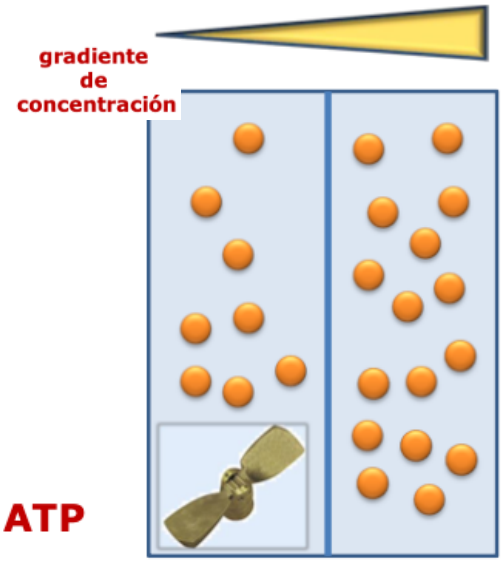
Los portadores pueden funcionar de varias formas:

1. **Transporte simple**: mueven solo una molécula.
2. **Cotransporte paralelo (simporte)**: mueven dos moléculas distintas en la misma dirección.
3. **Cotransporte antiparalelo (antiporte)**: mueven dos moléculas en direcciones opuestas.



Transporte activo

Aquí sí entramos en el transporte que **va en contra del gradiente de concentración** (de menos a más concentración), y **requiere energía**.



El transporte no es espontáneo, la molécula se mueve a través de la membrana hasta quedar toda a un solo lado.

♣ **Al ir en contra del gradiente de concentración, es necesario aportar energía química en forma de ATP para mover la "bomba".**

Características:

• Las proteínas implicadas se llaman comúnmente **bombas**.

• Utilizan **ATP (energía química)** para mover sustancias.

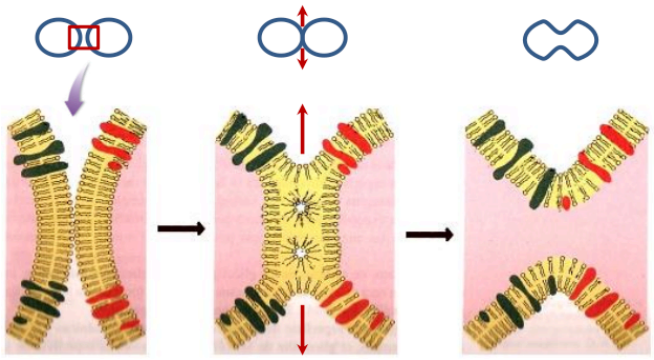
• Ejemplo típico: la **bomba sodio-potasio (Na^+/K^+)**, que expulsa sodio fuera de la célula y mete potasio, ambos en contra de sus gradientes.

Resultado: la célula puede mantener diferencias químicas entre el interior y el exterior, crucial para funciones como la conducción nerviosa.

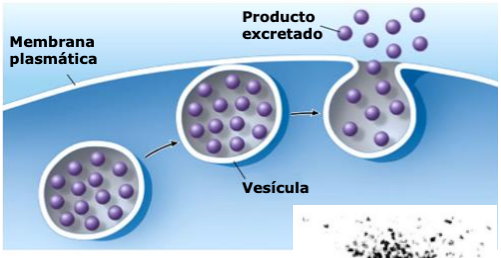
🧲 Fusión de membranas: para sustancias grandes

Cuando las moléculas son demasiado grandes para atravesar la membrana (ni por difusión ni por proteínas), se usan procesos de **fusión de membranas**: la célula **forma vesículas** para **meter o sacar** el material. A partir de ese momento constituyen una sola membrana.

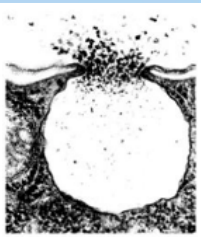
Esto permite el **transporte de sustancias muy grandes**, que no pueden pasar entre los lípidos de la bicapa ni a través de una proteína.



📤 Exocitosis (expulsión)

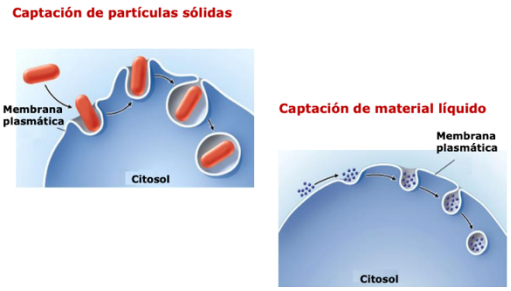


• Una **vesícula intracelular** con el material se **acerca a la membrana**.
• Ambas membranas se **fusionan**.
• El contenido se libera al **exterior**.



🔁 Se usa para:
• Secretar **hormonas** o **enzimas digestivas**.
• Eliminar **desechos celulares**.

📥 Endocitosis (entrada)



• La **membrana se invagina** (se hunde hacia dentro) formando una **vesícula** que atrapa el material.

Hay dos tipos principales:
1. **Fagocitosis**: para **partículas sólidas** (como bacterias).
2. **Pinocitosis**: para **líquidos o disoluciones**.

🎯 Endocitosis mediada por receptor

• Es un tipo más especializado:
• La membrana tiene **receptores específicos** que **reconocen moléculas concretas**.
• Cuando la sustancia se une al receptor, **se forma la vesícula** y se introduce en la célula.
• Ejemplo: el **colesterol** entra en las células mediante este mecanismo.

