

LÍPIDOS

El concepto lípidos, esta asociado a:

- 1) Membrana como concepto estructural**
- 2) Metabolismo como fuente de energía por oxidación biológica en matriz mitocondrial.**
- 3) Regulación metabólica por hormonas**
- 4) Transporte y regulación de solutos hidrofílicos desde y hacia el interior celular.**

Químicamente son ésteres de ácidos carboxílicos y / o fosfóricos con distintos alcoholes, principalmente glicerol o esfingol.

Grupo heterogéneo de sustancias que presentan escasa o nula solubilidad en agua y son **solubles en solventes orgánicos** (liposolubles) .

Son **Lipofílicos**. Forman el segundo concepto químico fisiológico del estudio de la estructura celular.

Los fosfolípidos (asociados a proteínas, colesterol, glucolípidos y glucoproteínas) son los principales responsables del concepto permeabilidad selectiva de membranas, tanto en el citosol, como en las distintas organelas de la célula.

Los lípidos tienen especial interés desde el punto de vista biológico:

- **Son componentes principales de las membranas celulares.**
- **En animales forman el principal material de reserva energética (grasas neutras).**
- **Nutritivamente los lípidos son fuentes de energía importantes por su alto contenido calórico, aportan ácidos grasos esenciales y vehículos de vitaminas liposolubles. 1 gr de grasa provee 9,3 kcal (38,9 kJ).**
- **Son sustancias relacionadas a lípidos las hormonas, algunas vitaminas y los ácidos biliares.**

- Los lípidos son un conjunto de moléculas orgánicas compuestas principalmente por C, H y en menor medida O, P, S, N.
- Químicamente: son ésteres (Glicéridos) del alcohol glicerol con ácidos carboxílicos (ácidos grasos) y/o ésteres fosfóricos y del esfingol con similares ácidos o glúcidos (Esfingósidos).
- Físicamente: son hidrofóbicos, insolubles en agua, solubles en solventes orgánicos alcohol, éter, benceno, cloroformo
- Su insolubilidad se debe a sus cadenas alifáticas: saturadas o insaturadas y/o aromáticas que los componen.

Clasificación de lípidos en base a las propiedades físicas y químicas

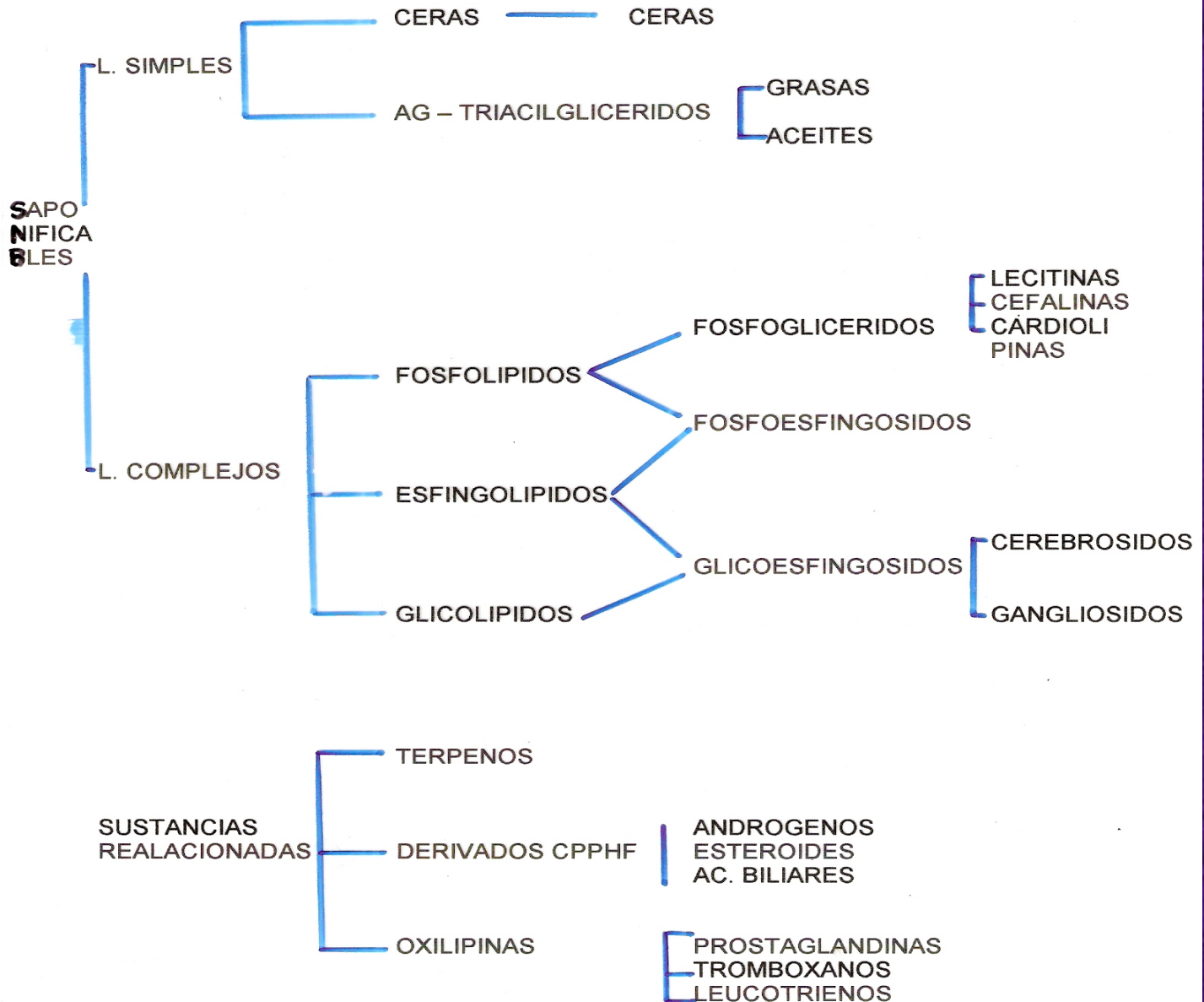
Lípidos simples: Son ésteres carboxílicos

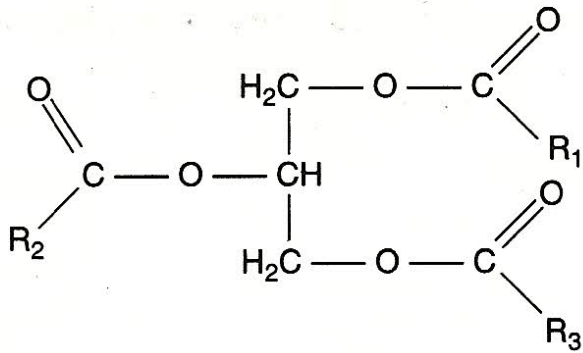
- **Ceras**
- **Triacilglicéricos (grasas y aceites)**

Lípidos compuestos: Esteres carboxílicos y/o fosfóricos (Fosfoglicéridos, Fosfoesfingósidos y Glucoesfingósidos)

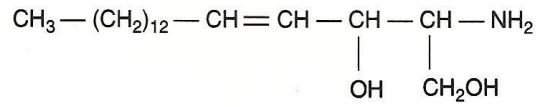
Sustancias Relacionadas a Lípidos: terpenos oxilipinas y derivados de CPPHF (Ciclo Pentano Per Hidro Fenantrenos) liposolubles

CLASIFICACION GENERAL DE LIPIDOS

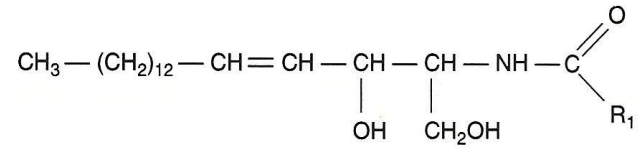




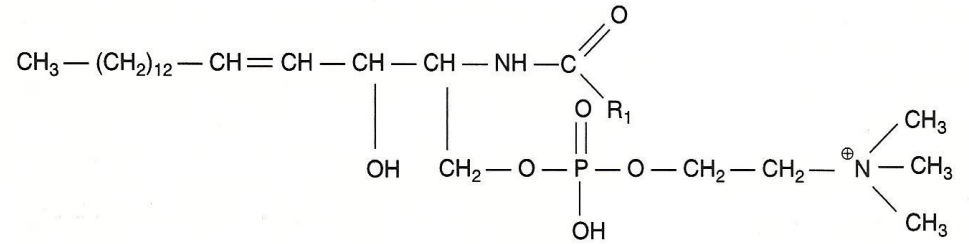
Triacilgliceroles



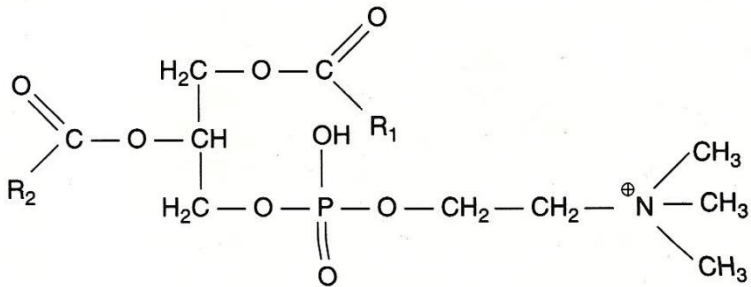
Esfingosina



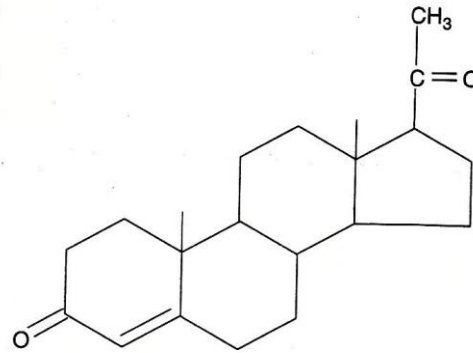
Ceramidas



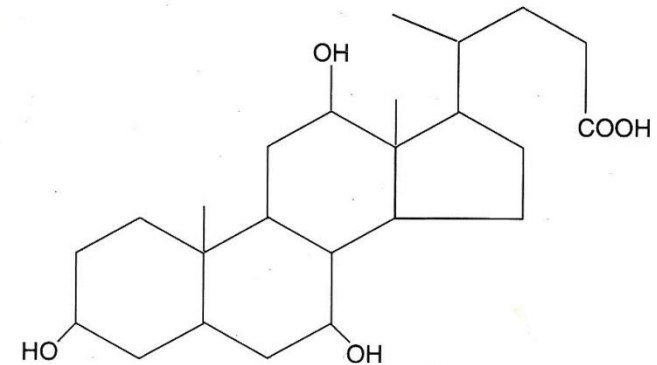
Esfingomielinas



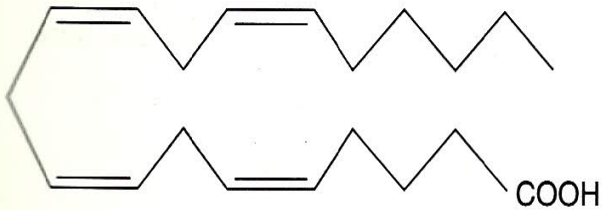
Lecitinas



Progesterona



Ácido cólico



Ácido araquidónico

- **Conceptos relacionados a Fosfo y Esfingolípícos**
- **Anfipático: Parte apolar o hidrofóbica ("fobia al agua") y otra parte polar o hidrofílica ("que tiene afinidad por el agua").**
- **La región hidrófoba de los lípidos es la que presenta solo átomos de carbono unidos a átomos de hidrógeno, como la larga "cola" alifática de los ácidos grasos o los anillos del colesterol.**
- **La región hidrófila es la que posee grupos polares o con cargas eléctricas, como el (-OH) del colesterol, el (-COO⁻) de los ácidos grasos, el (-PO₄H⁻) de los fosfolípidos**

Las propiedades dependen de los ácidos grasos que los constituyen.

Los ácidos grasos son:

- saturados**
- insaturados**

Los insaturados pueden ser:

cis: ambas partes de la cadena en el mismo lado del doble enlace

trans: las partes de la cadena en lados opuestos del doble enlace

Las grasas saturadas y las trans incrementan significativamente el riesgo de enfermedad coronaria. ⁹

Funciones biológicas

- **Reserva energética**

Los triacilglicéridos son la principal reserva de energía de los animales: un gramo de grasa produce 9,4 kcal en las reacciones metabólicas de oxidación, mientras que las proteínas y los glúcidos sólo producen 4,1 kcal/g.

- **Estructural**

Los fosfolípidos, los glucolípidos y el colesterol forman las bicapas lipídicas de las membranas celulares.

Los triglicéridos del tejido adiposo recubren y proporcionan consistencia a los órganos y protegen mecánicamente estructuras o son aislantes térmicos.

- **Reguladora, hormonal o de comunicación celular**
- Funciones **coenzimáticas** ya que las vitaminas liposolubles de naturaleza lipídica (terpenos, esteroides) intervienen en las rutas metabólicas.
- Las **hormonas** esteroides regulan el metabolismo y las funciones de reproducción
- Los glucolípidos actúan como **receptores de membrana**
- Las prostaglandinas, leucotrienos y tromboxanos: poseen un papel destacado en la **comunicación celular**: inflamación, respuesta inmune y coagulación.

ACIDOS GRASOS

Formados por una larga cadena hidrocarbonada de 12 a 22 átomos de carbono y un grupo carboxilo terminal.

Se dividen en saturados e insaturados.

SATURADOS:

Láurico	12:0	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{COOH}$
Mirístico:	14:0	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{12} - \text{COOH}$
Palmítico :	16:0	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH}$
Esteárico:	18:0	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$

INSATURADOS: n de dobles enlaces generalmente en el carbono 9, 9 y 12- 9,12 y 15.

Palmitoleico:	16 : 1	$\Delta 9$	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
Oleico:	18 : 1	$\Delta 9$	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
Linoleico:	18 : 2	$\Delta 9, 12$	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
Linolénico:	18 : 3	$\Delta 9, 12, 15$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
Araquidónico:	20 : 4	$\Delta 5, 8, 11, 14$	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - (\text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2)_3 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_3 - \text{COOH}$

Los ácidos linoleico, linolénico y araquidónico son ácidos grasos esenciales, el organismo no los sintetiza por lo que deben ingerirse con la alimentación. (vegetales, pescados).

Propiedades físicoquímicas de los ácidos grasos

Carácter Anfipático:

debido a que está formado por un grupo carboxilo (hidrofílico) y una cadena hidrocarbonada con característica hidrofóbica

Punto de fusión:

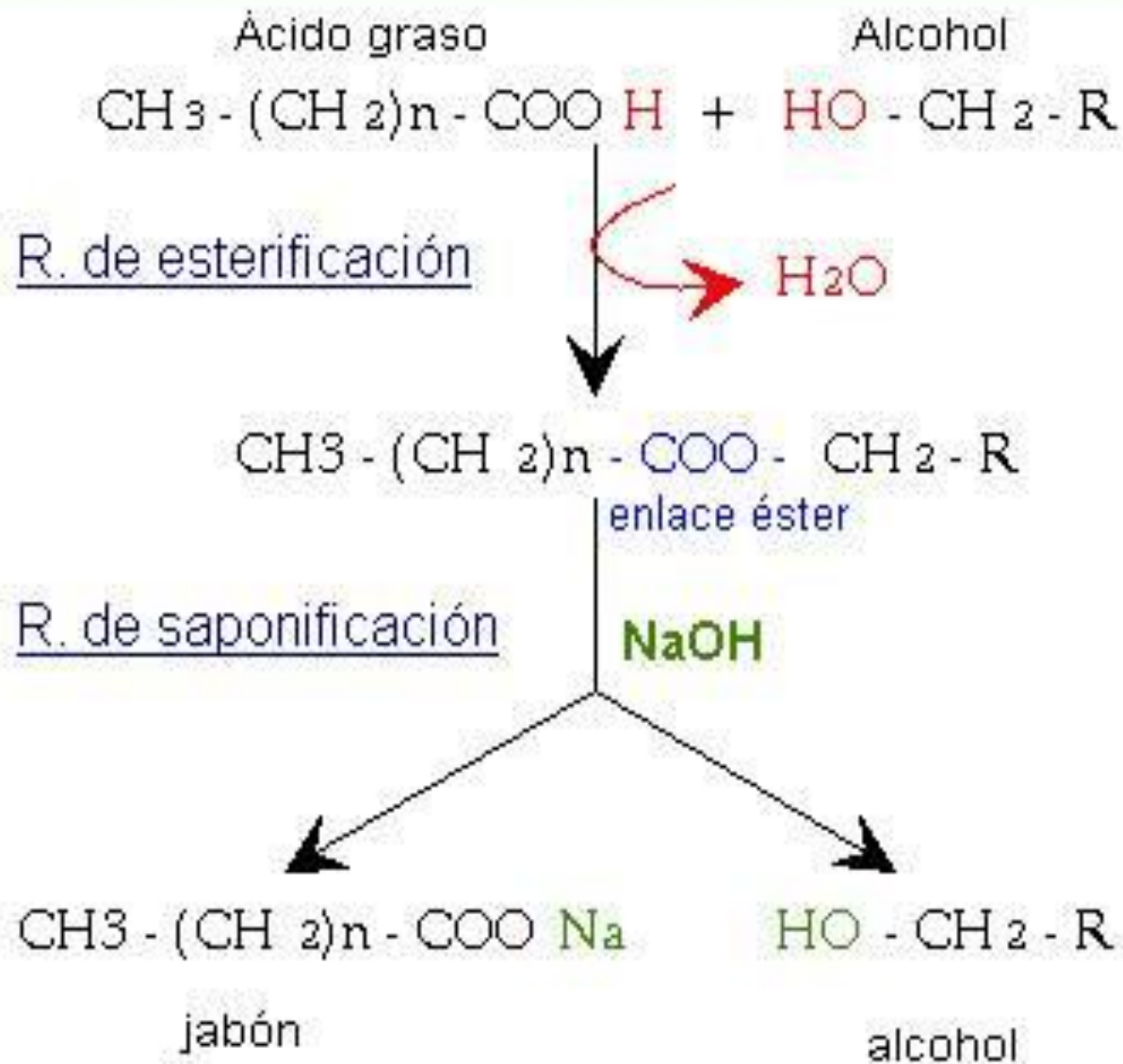
depende de la longitud de la cadena y del número de insaturaciones, siendo los ácidos grasos insaturados los que presentan menor punto de fusión, requieren menor energía para fundirse.

Esterificación:

pueden formar ésteres con grupos alcohol de otras moléculas

Saponificación:

Por hidrólisis alcalina los ésteres formados anteriormente dan lugar a jabones (sal del ácido graso)



CERAS

Se obtienen por esterificación de un ácido graso de cadena larga con un alcohol monovalente lineal de cadena larga.

Son sustancias altamente insolubles en medios acuosos y a temperatura ambiente. Se presentan sólidas y duras.

Todas las funciones que realizan están relacionadas con su impermeabilidad al agua y con su consistencia firme.

En los animales las podemos encontrar en la superficie del cuerpo, piel, plumas, cutícula, etc

En los vegetales, las ceras recubren en la epidermis de frutos, tallos, junto con la cutícula o la suberina, para evitar la pérdida de agua por evaporación

ACILGLICERIDOS

Son ésteres de ácidos grasos y glicerol

Formados mediante una reacción de condensación llamada esterificación

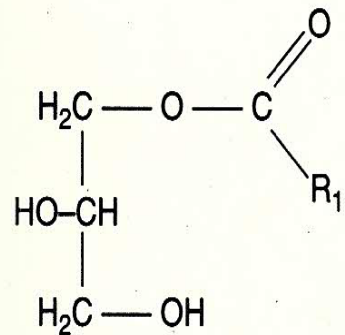
Una molécula de glicerol puede reaccionar con hasta tres moléculas de ácidos grasos, puesto que tiene tres grupos oxhidrilo, obteniendo:

-Monoacilglicéridos

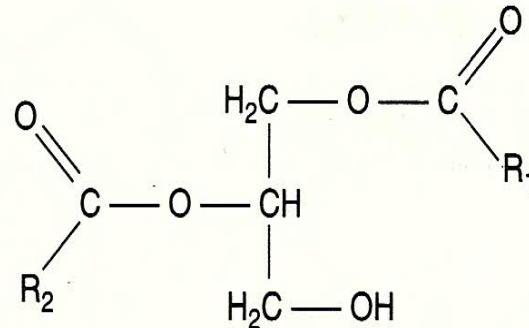
-Diacilglicéridos

-Triacilglicéridos (Son los más importantes).

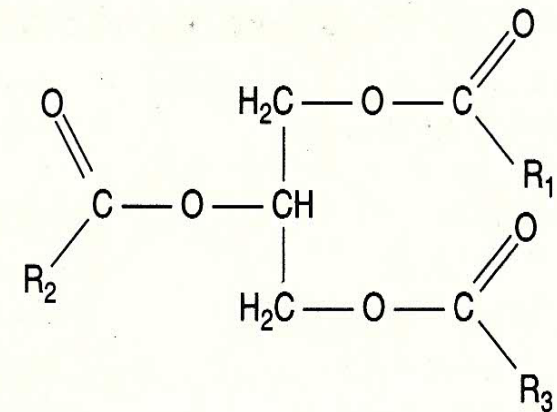
Constituyen la principal reserva energética de los animales



Monoacilgliceroles



Diacilgliceroles



Triacilgliceroles

Triacilglicéridos:

Presentan glicerol esterificado con ácidos grasos iguales y/o distintos.

Almacén de energía metabólica concentrada

La acción de lipasas permite su hidrólisis a glicerol y ácidos grasos.

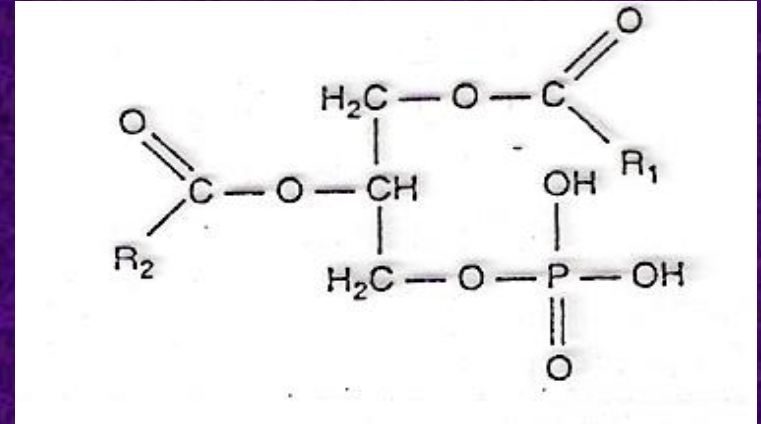
El proceso de hidrólisis alcalina se llama Saponificación, dando glicerol y sales del ácido graso (jabón)

FOSFOLÍPIDOS

Se caracterizan por poseer un grupo fosfato que les otorga una marcada polaridad.

Se clasifican en dos grupos:

- Fosfoglicéridos
- Fosfoesfingósidos



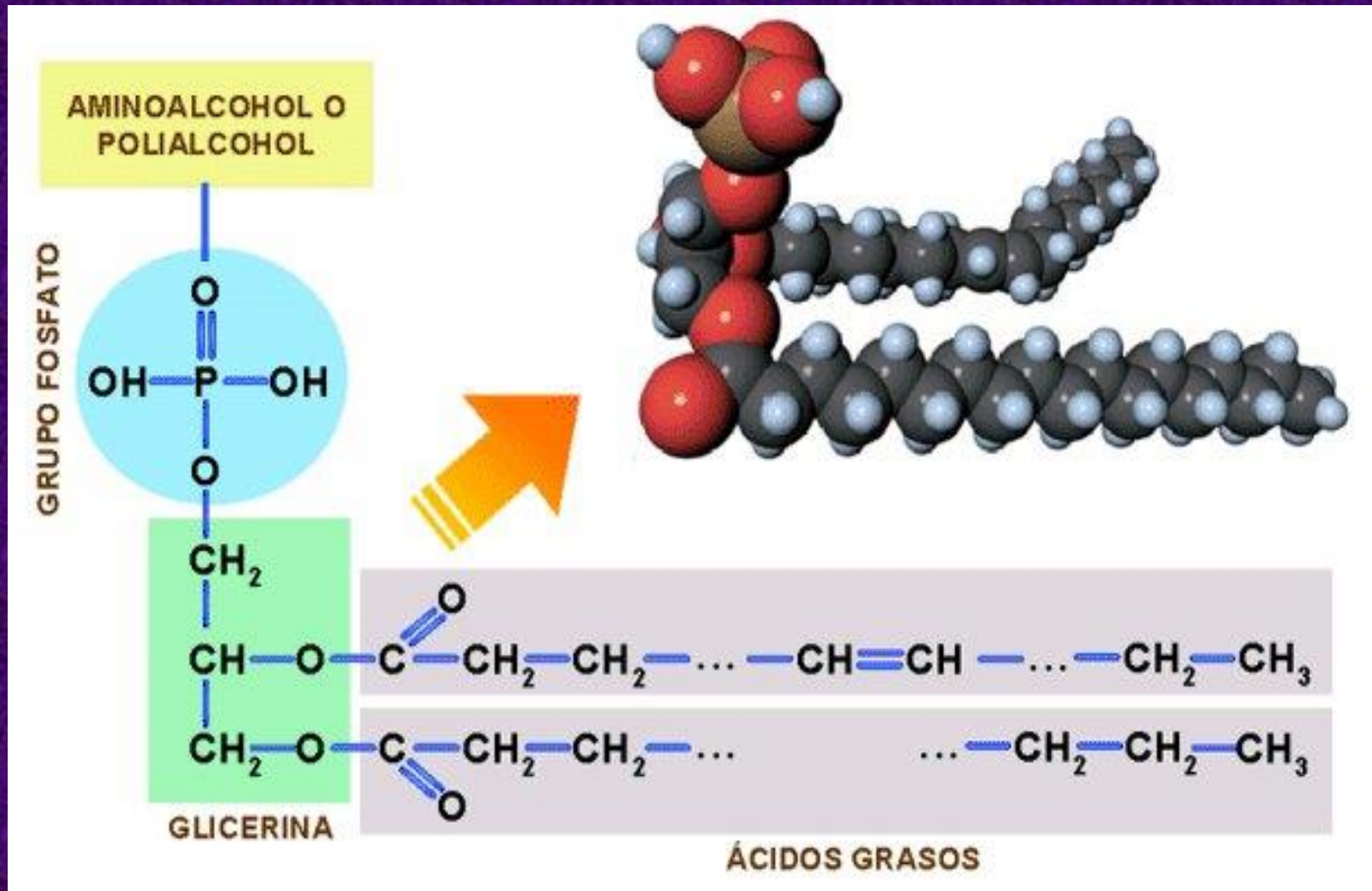
FOSFOGLICERIDOS

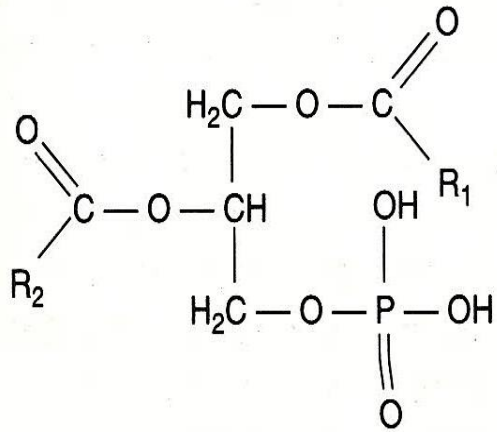
Compuestos por glicerol, ácido fosfórico y un alcohol o aminoalcohol que forma lo que se denomina la "cabeza" polar del fosfoglicérido

Los dos ácidos grasos forman las dos "colas" hidrófobas

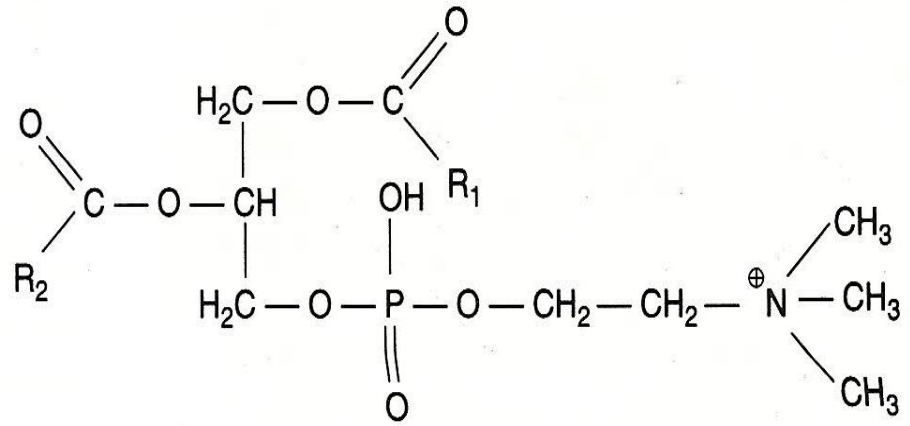
Los fosfoglicéridos son moléculas con un fuerte carácter anfipático que les permite formar bicapas, que son la arquitectura básica de todas las membranas biológicas

FOSFOGLICÉRIDOS

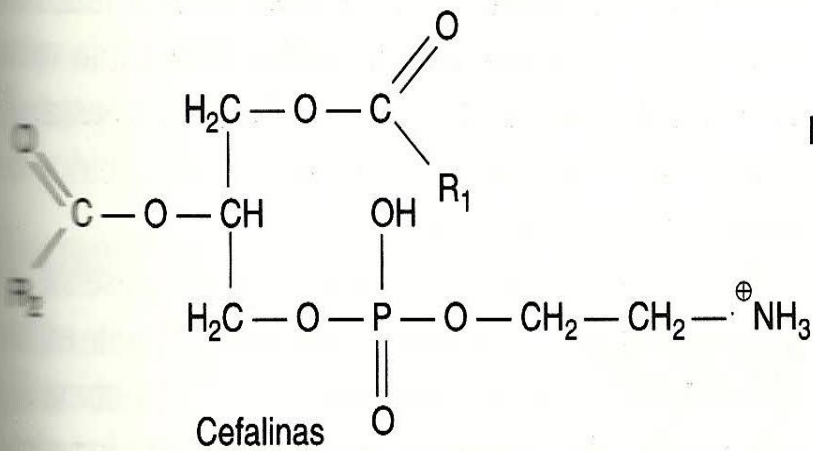




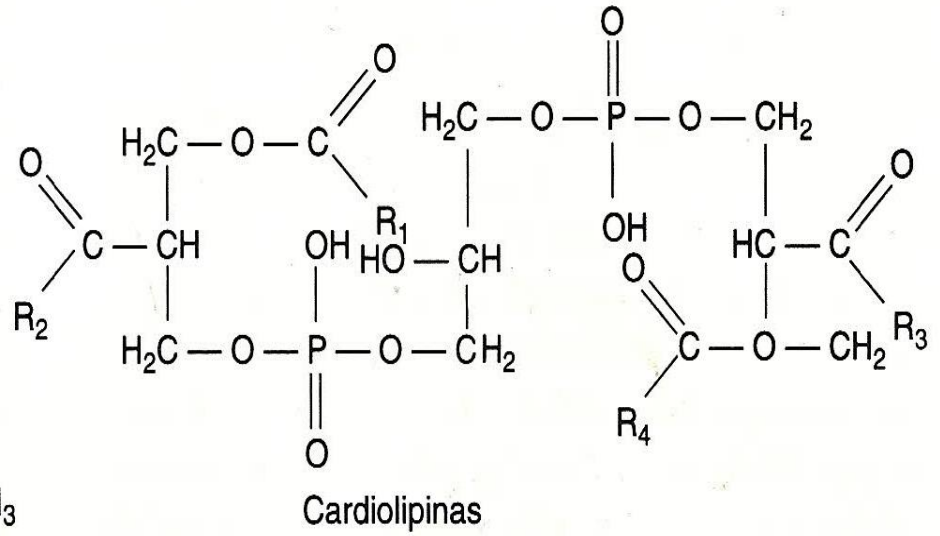
Ácido fosfatídico



Lecitinas



Cefalinas



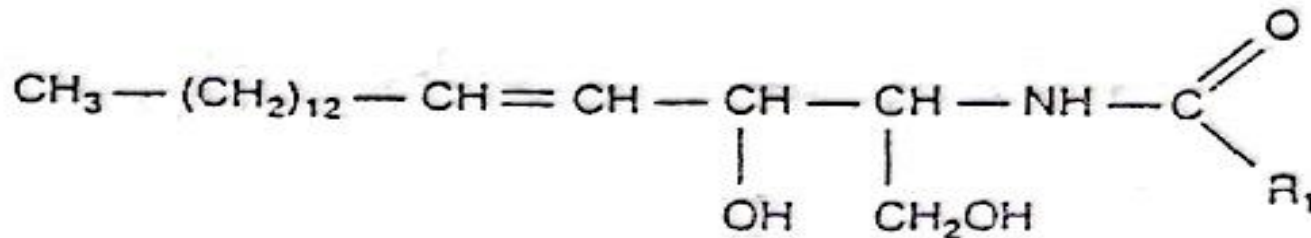
Cardiolipinas

Figura 7.3. Fosfoglicéridos.

FOSFOESFINGOSIDOS

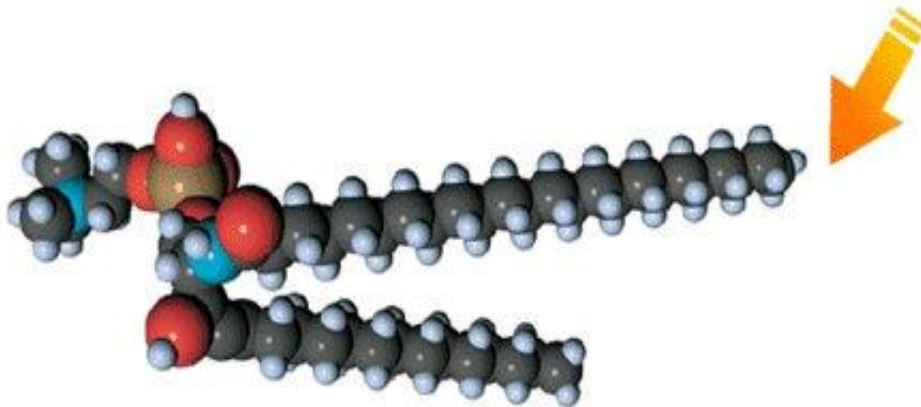
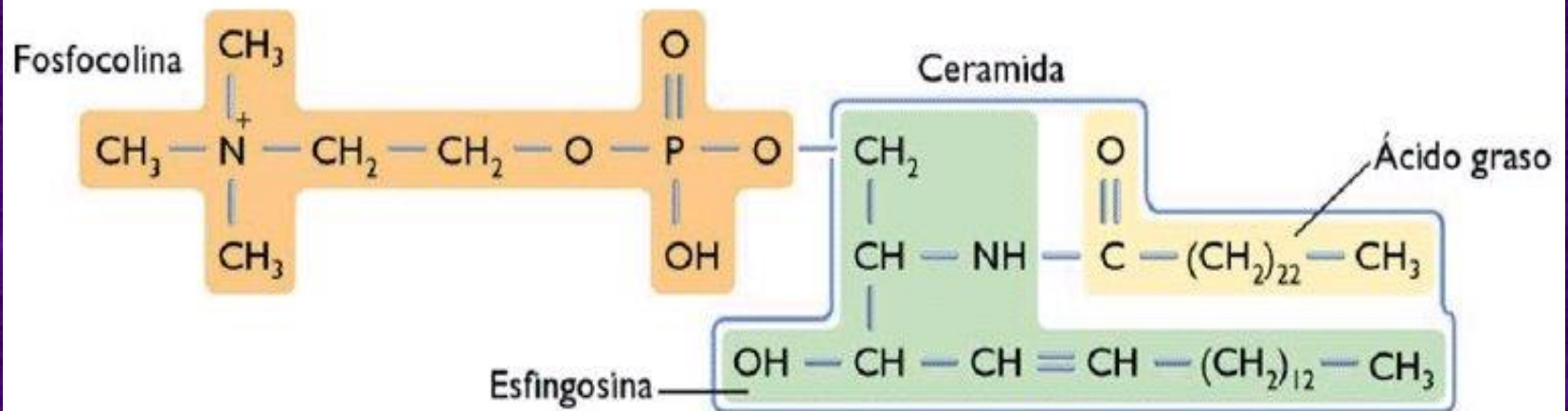
Son esfingolípidos con un grupo fosfato

Tienen arquitectura molecular y propiedades similares a los fosfoglicéridos, pero no contienen glicerol sino esfingosina, un aminoalcohol de cadena larga al que se une un ácido graso, conjunto reconocido con el nombre de Ceramida



Si a la ceramida se le une un grupo fosfato y a éste la colina (un aminoalcohol) se forma la esfingomielina, componente principal de la vaina de mielina que recubre los axones de las neuronas.

ESFINGOMIELINA



Se encuentran fundamentalmente en la vaina de mielina que rodea las fibras nerviosas

GLUCOLIPIDOS

Son Esfingolípidos formados por una Ceramida (esfingosina + ácido graso) unida a un Glúcido, sin grupo fosfato

Se hallan en las bicapas lipídicas de todas las membranas celulares

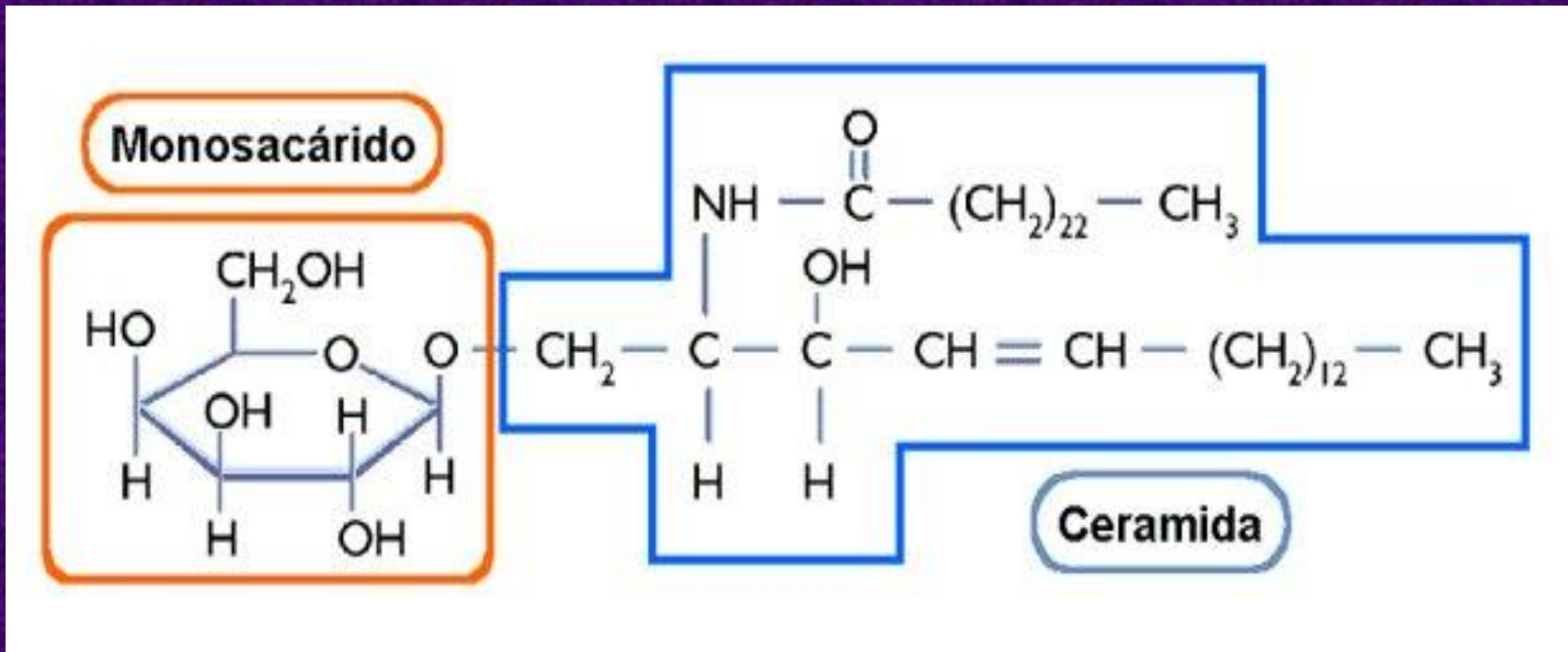
Dos tipos principales de glucolípidos:

Cerebrósidos: Son neutros. La ceramida se une a un monosacárido (glucosa o galactosa) o a un oligosacárido.

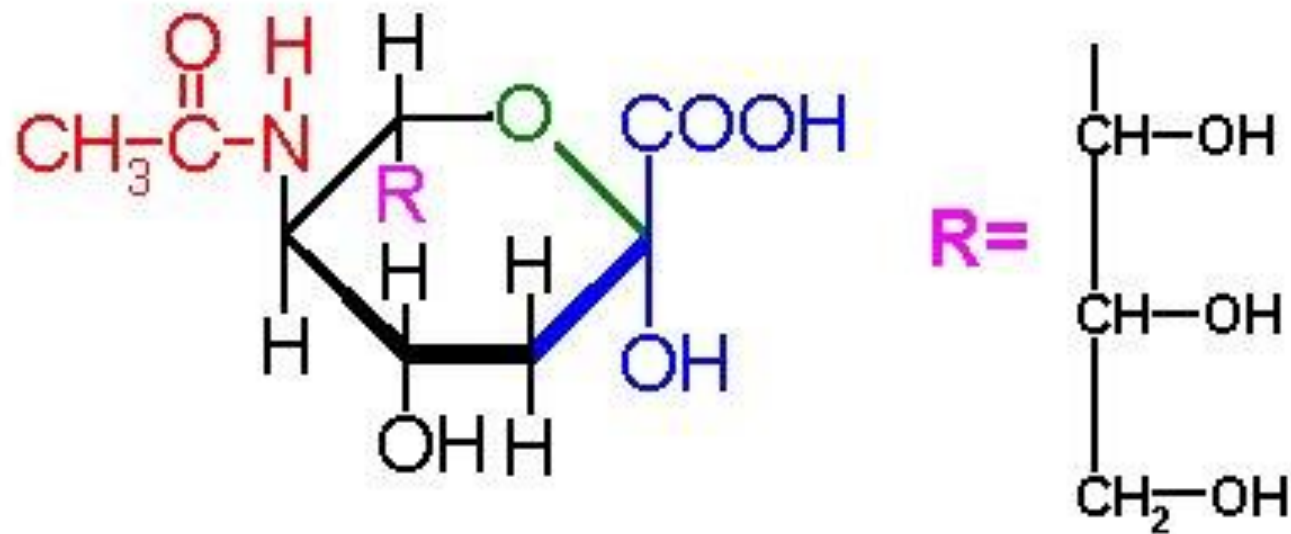
Gangliósidos: Son ácidos. La ceramida se une a un oligosacárido complejo en el que siempre hay ácido siálico. Por eso su carácter ácido.

Son muy abundantes en tejido nervioso

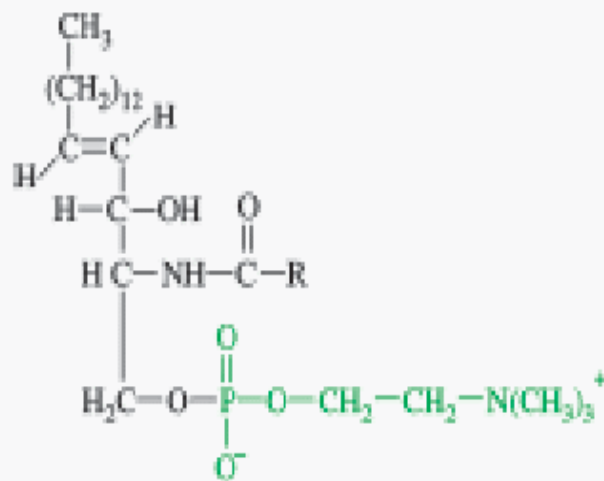
CEREBRÓSIDO



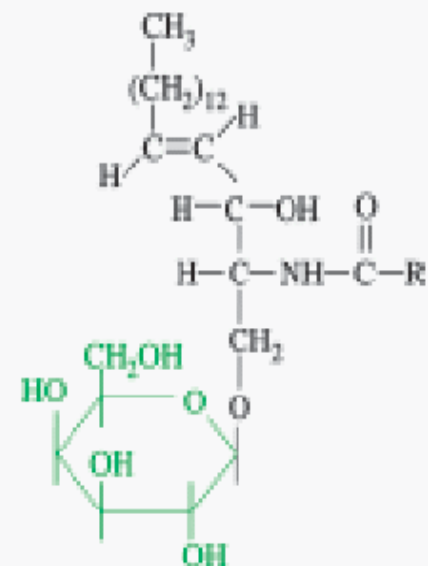
GANGLIÓSIDO



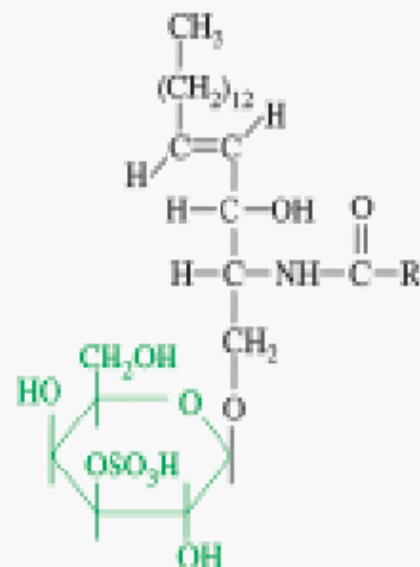
Acido siálico
(ácido N-acetilneuramínico)
(NAM)



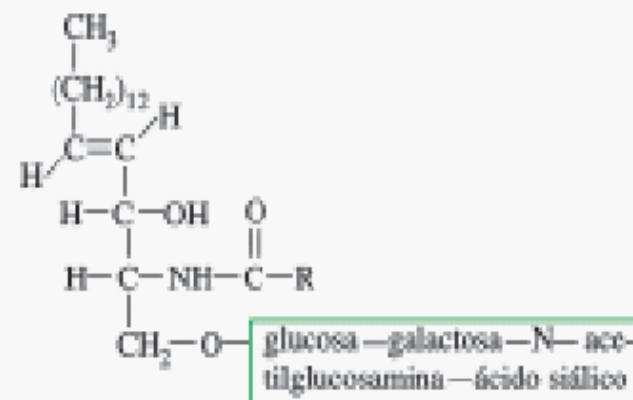
Fosfátidos de esfingosina
(esfingomielinas)



Galactocerebrósidos



Sulfátidos o sulfolípidos



Estructura general de un gangliósido

LIPIDOS INSAPONIFICABLES

Dentro de este grupo incluimos los lípidos que no sufren hidrólisis en reacción química con álcalis.

TERPENOS Y TERPENOIDES

Son lípidos derivados del ISOPRENO (2-METIL-1,3-BUTADIENO).

Se biosintetizan en las plantas, por la ruta del mevalonato (como los CPPHF de los que son precursores).

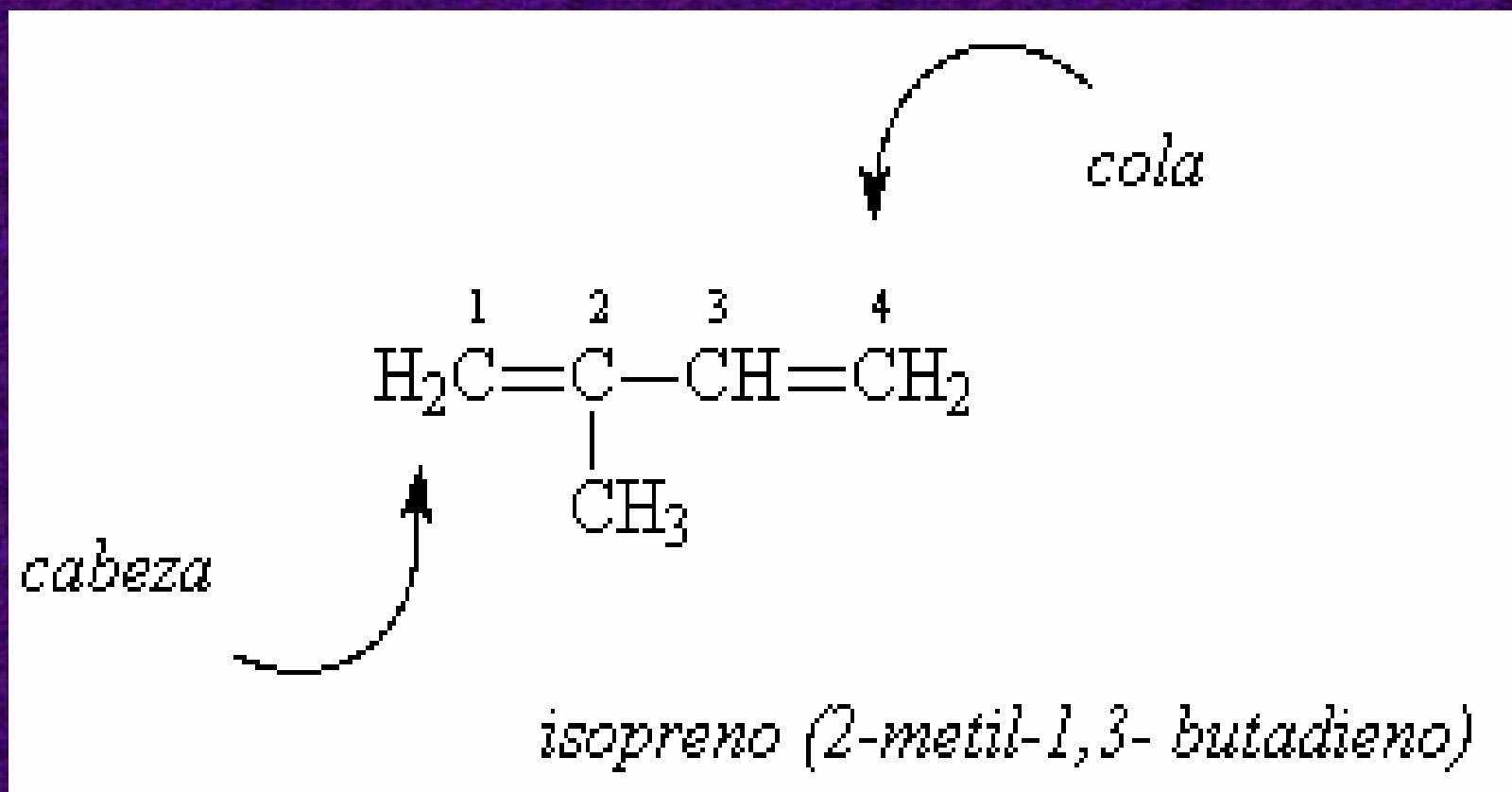
Tienen cómo mínimo dos moléculas de isopreno.

Son hidrocarburos saturados y no saturados, cíclicos y acíclicos.

Los terpenos se clasifican de acuerdo a las unidades de isopreno.

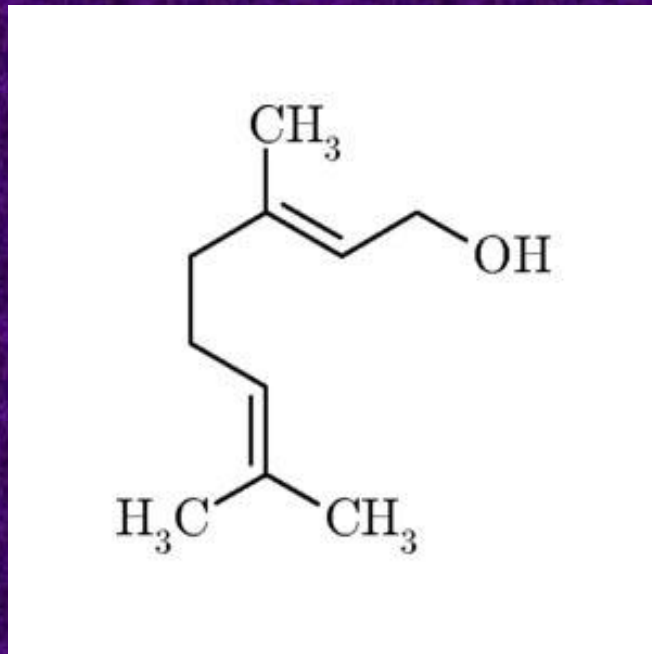
La unión de unidades de isopreno pueden ser:

cabeza-cabeza (uniones 1-1), cabeza-cola, (uniones 1-4), cola-cola (uniones 4-4).

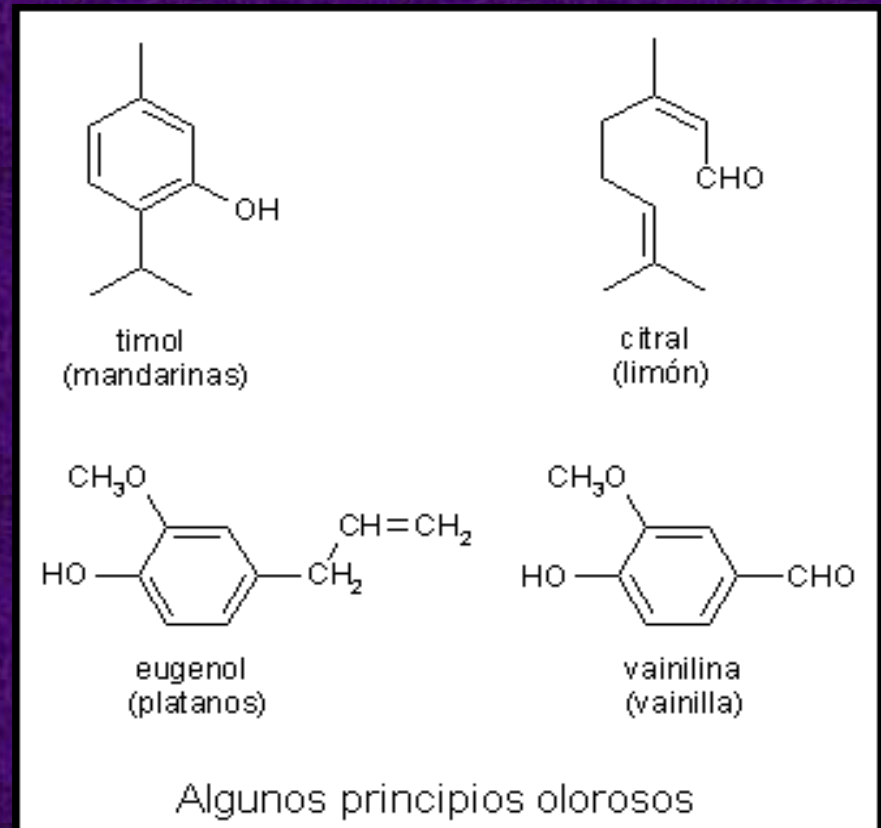


Monoterpenos: (dos isoprenos)

aceites esenciales de muchas plantas que dan el olor y sabor característicos: mentol, geraniol, limoneno, pineno, alcanfor etc.



Geraniol



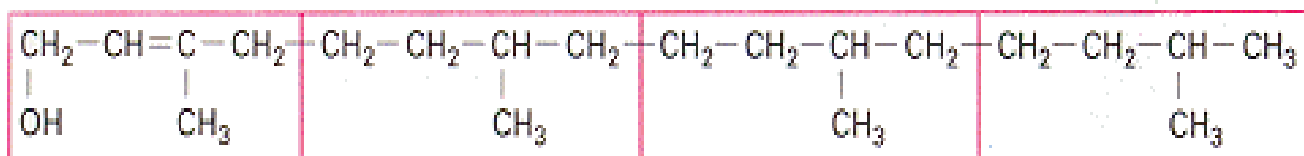
Algunos principios olorosos

Sesquiterpenos: tres isoprenos.

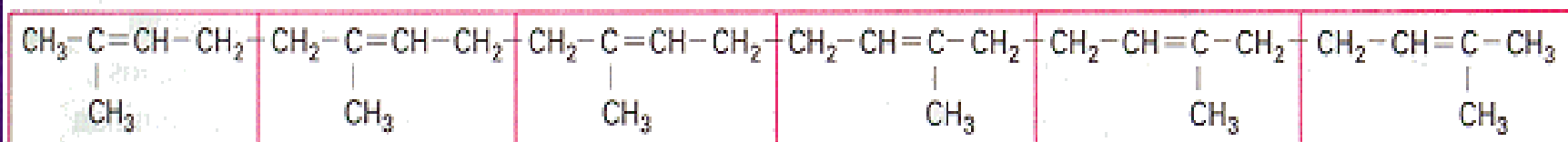
Diterpenos: cuatro isoprenos.

Fitol que forma parte de la clorofila.

Las vitaminas A, E y K también son diterpenos.

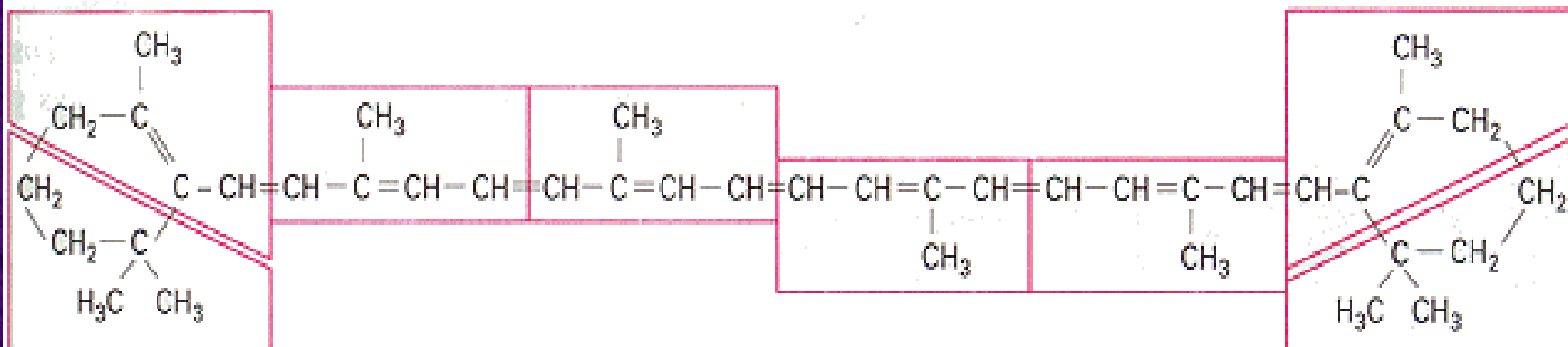


Fitol



Escualeno

(Tomado de Biología COU - Santillana)



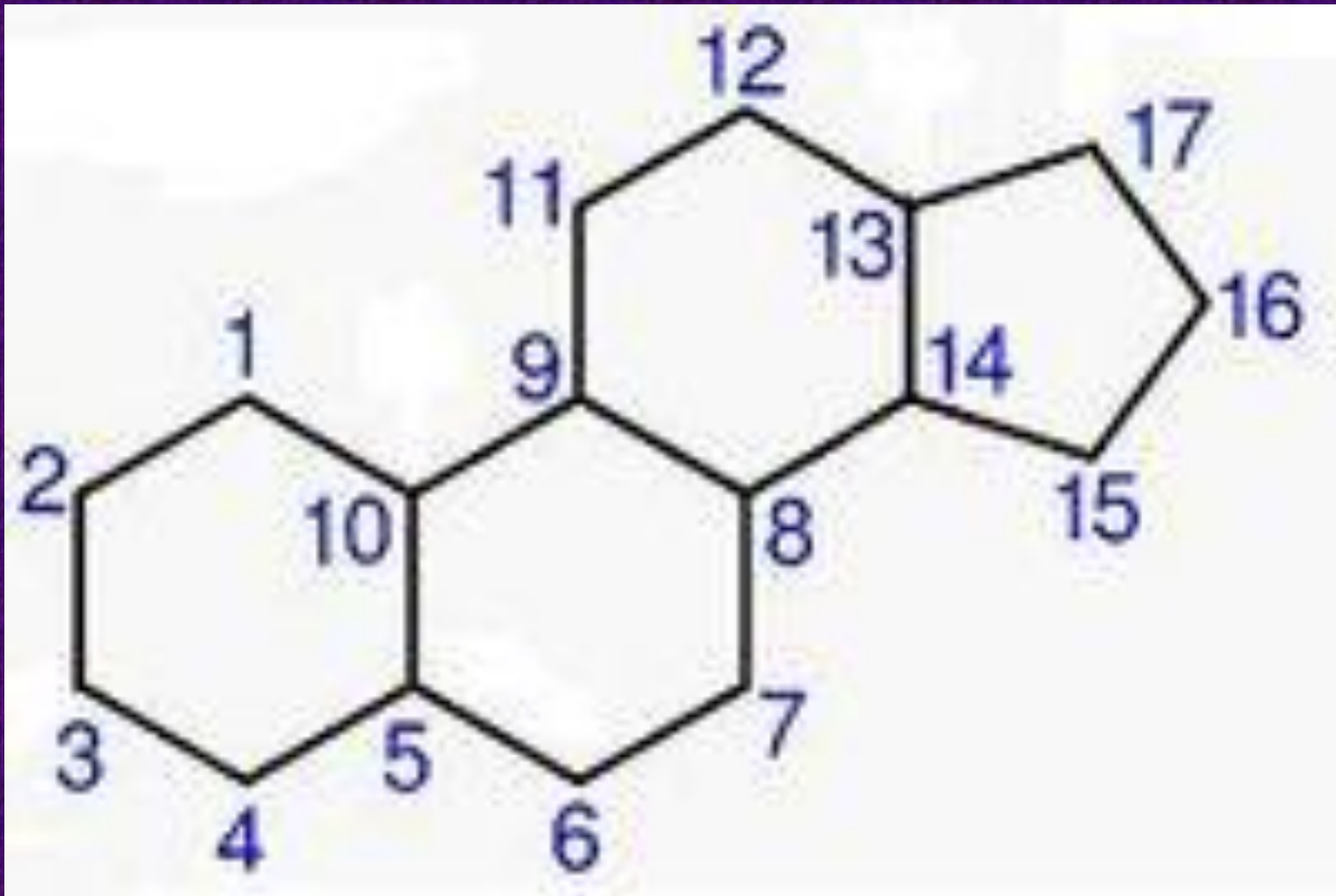
Vitamina A

β - Caroteno

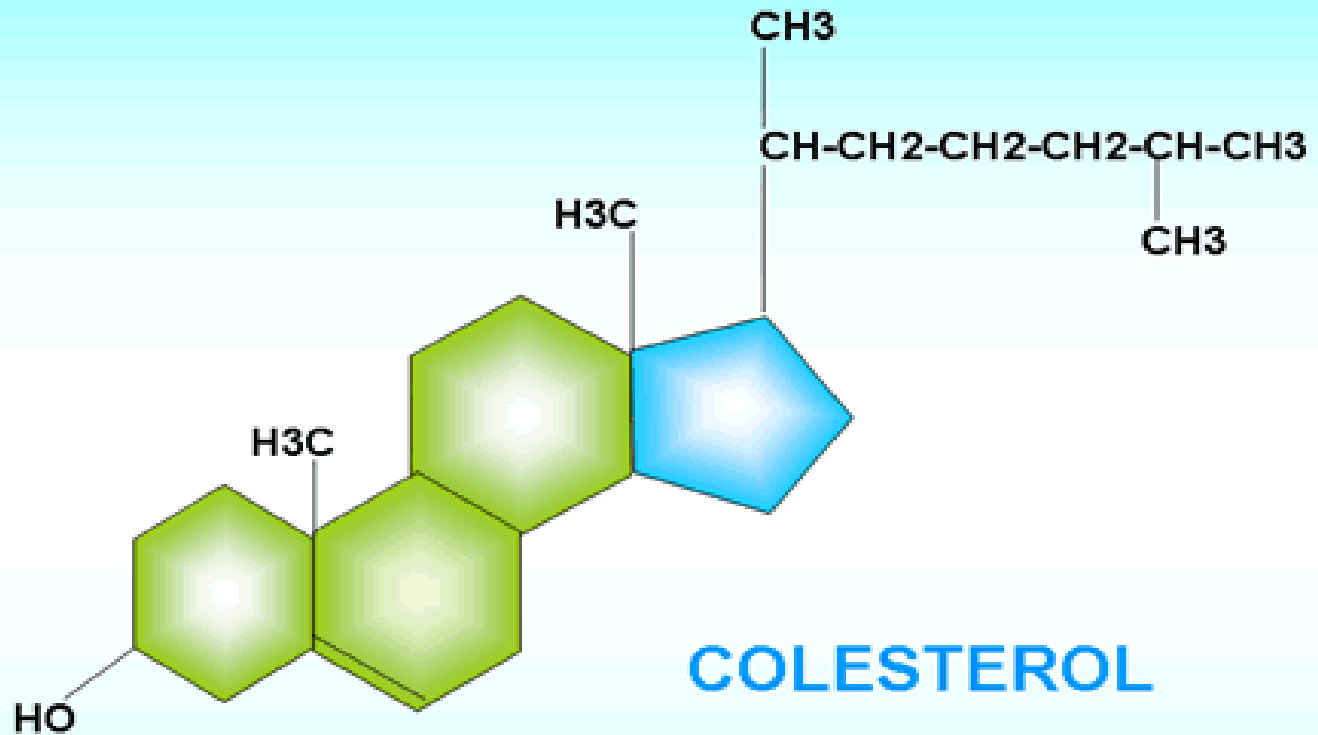
Vitamina A

DERIVADOS DEL CPPHF

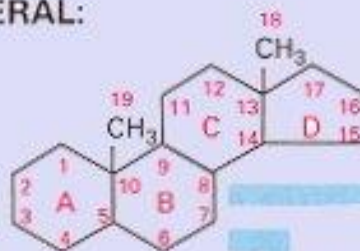
Se obtienen por decarbonilación oxidativa de terpenos.



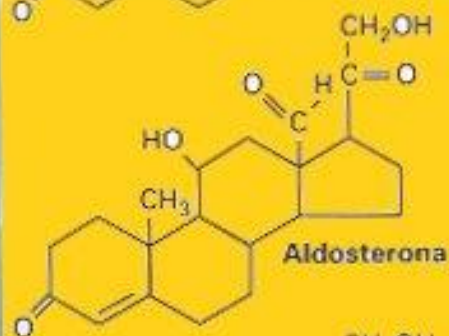
- **CPPHF: Ciclopentanoperhidrofenantrero**
- **Cuatro anillos fusionados de carbono que poseen grupos funcionales (carbonilos e hidroxilos) por lo que la molécula tiene partes hidrofílicas e hidrofóbicas. Ej; colesterol**



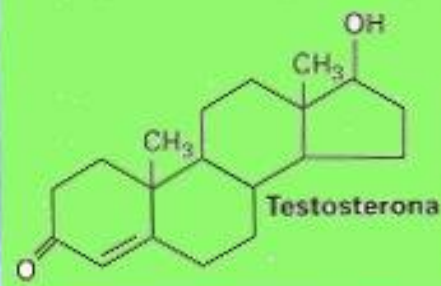
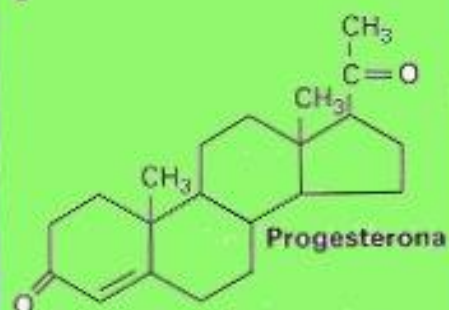
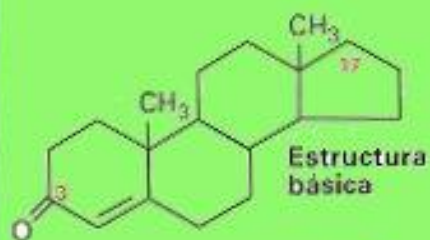
**ESTRUCTURA BÁSICA GENERAL:
CICLOPENTANO
PERHIDROFENANTRENO**



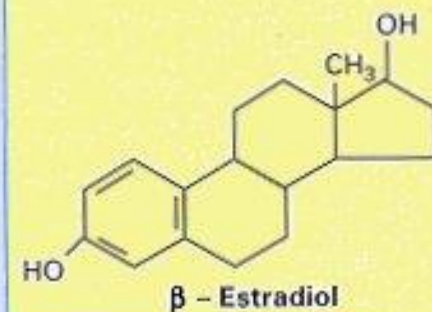
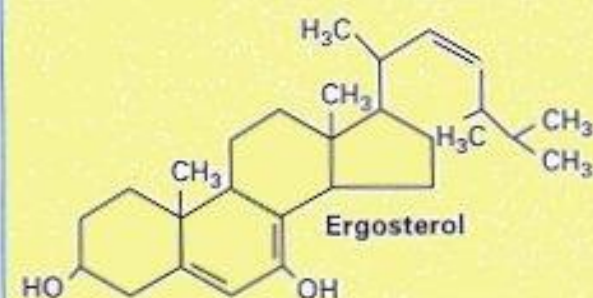
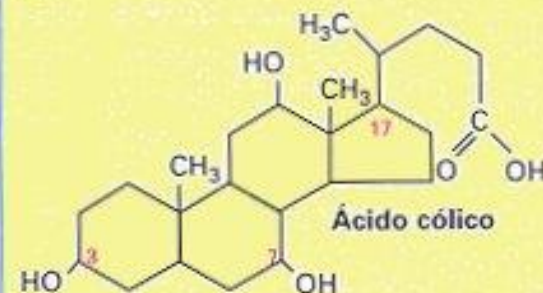
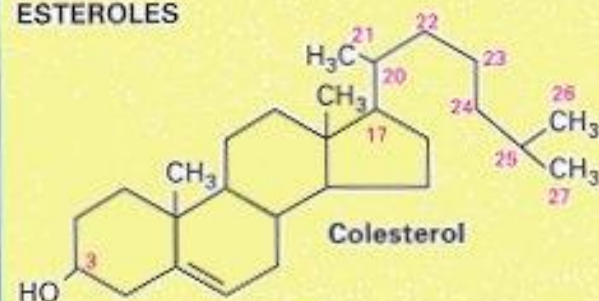
HORMONAS SUPRARRENALES

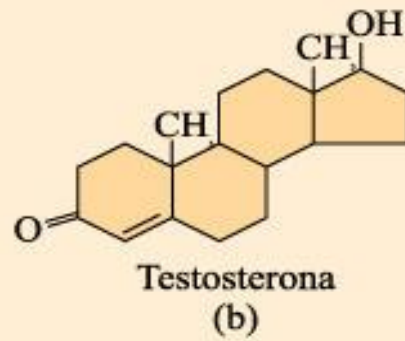
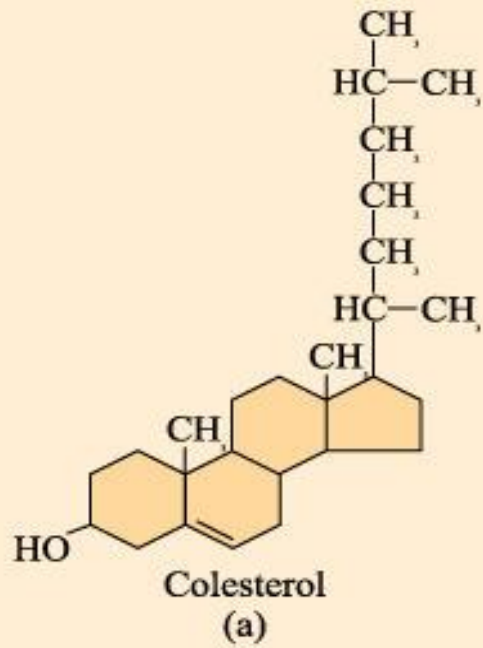


HORMONAS SEXUALES



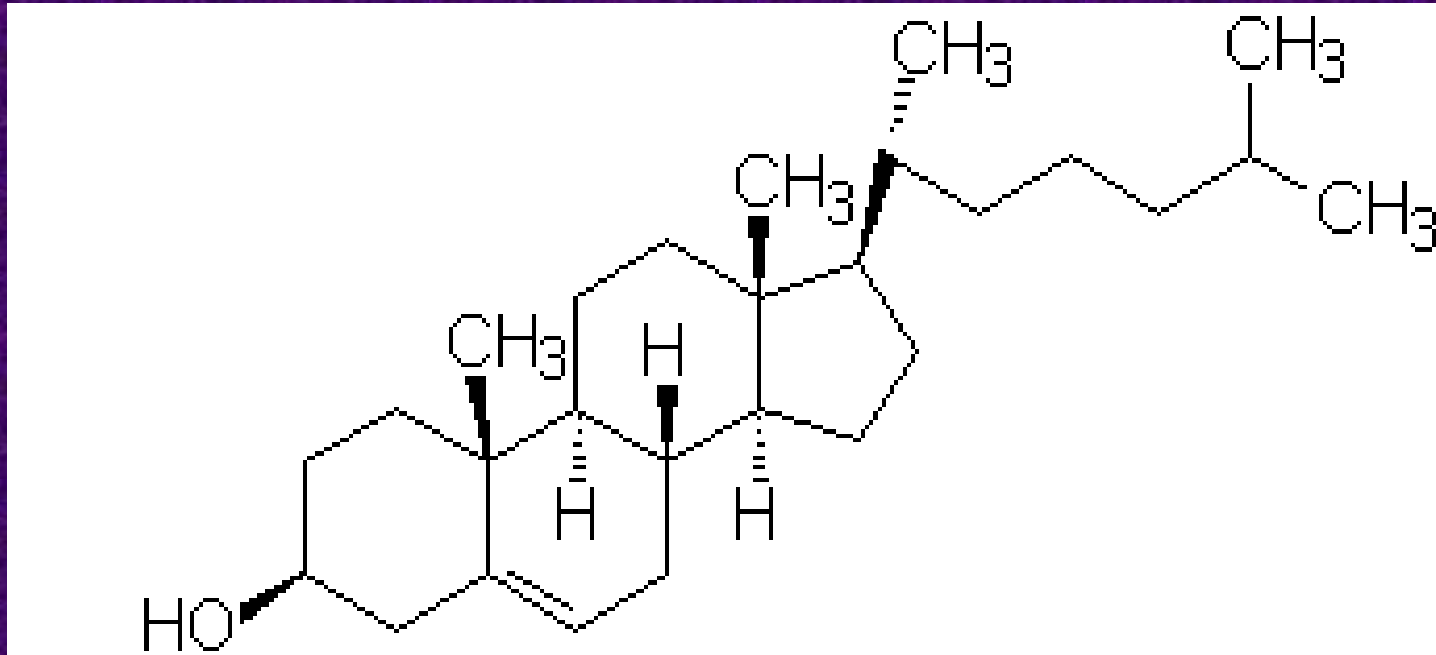
ESTEROLES





COLESTEROL

Es el precursor de numerosos esteroides y componente de la bicapa de las membranas celulares



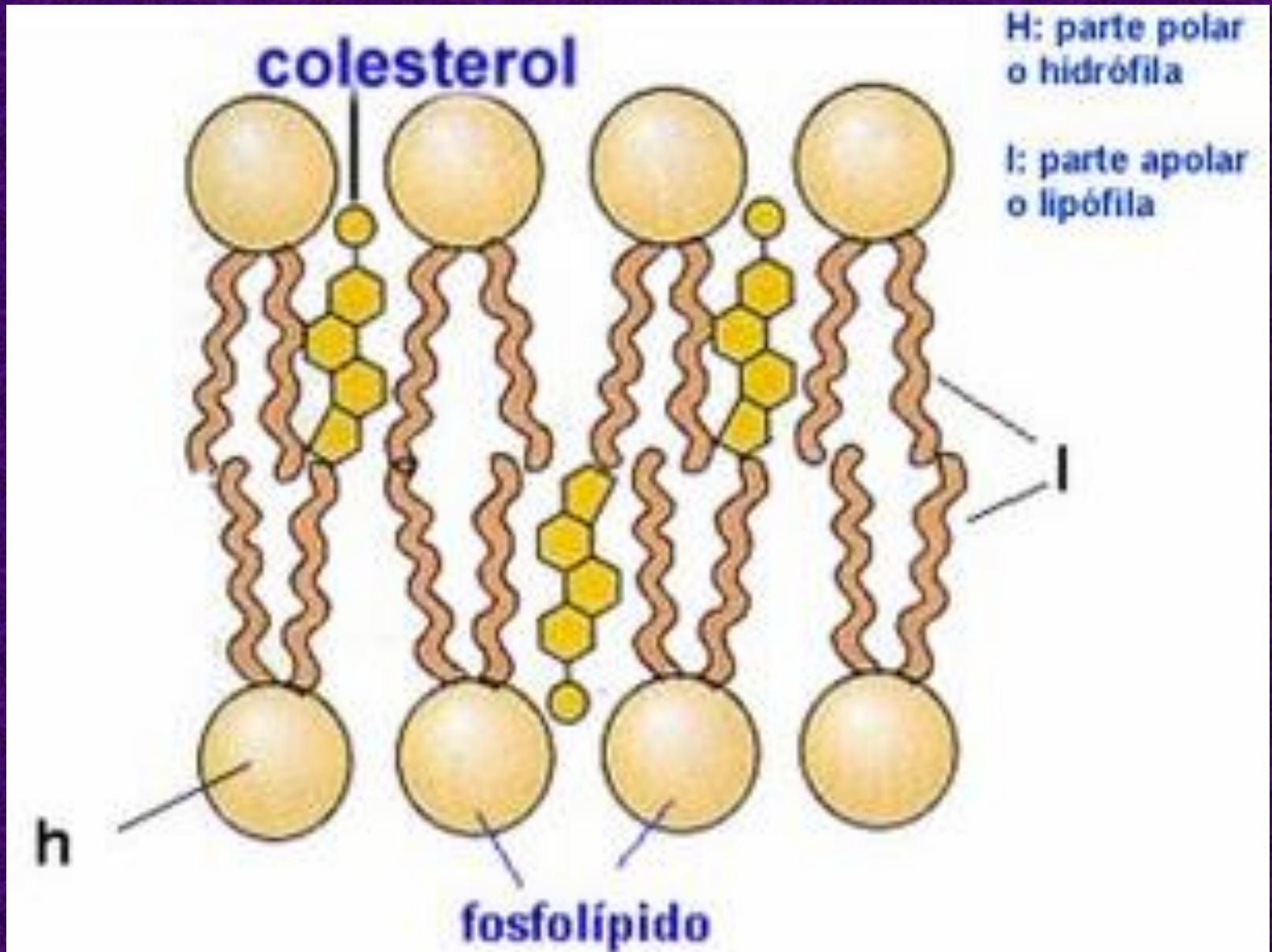
Colesterol

Aislado de la bilis en 1769.

Se encuentra intercalado entre los fosfolípidos que forman las membranas celulares de los animales.

Regula la rigidez y la permeabilidad.

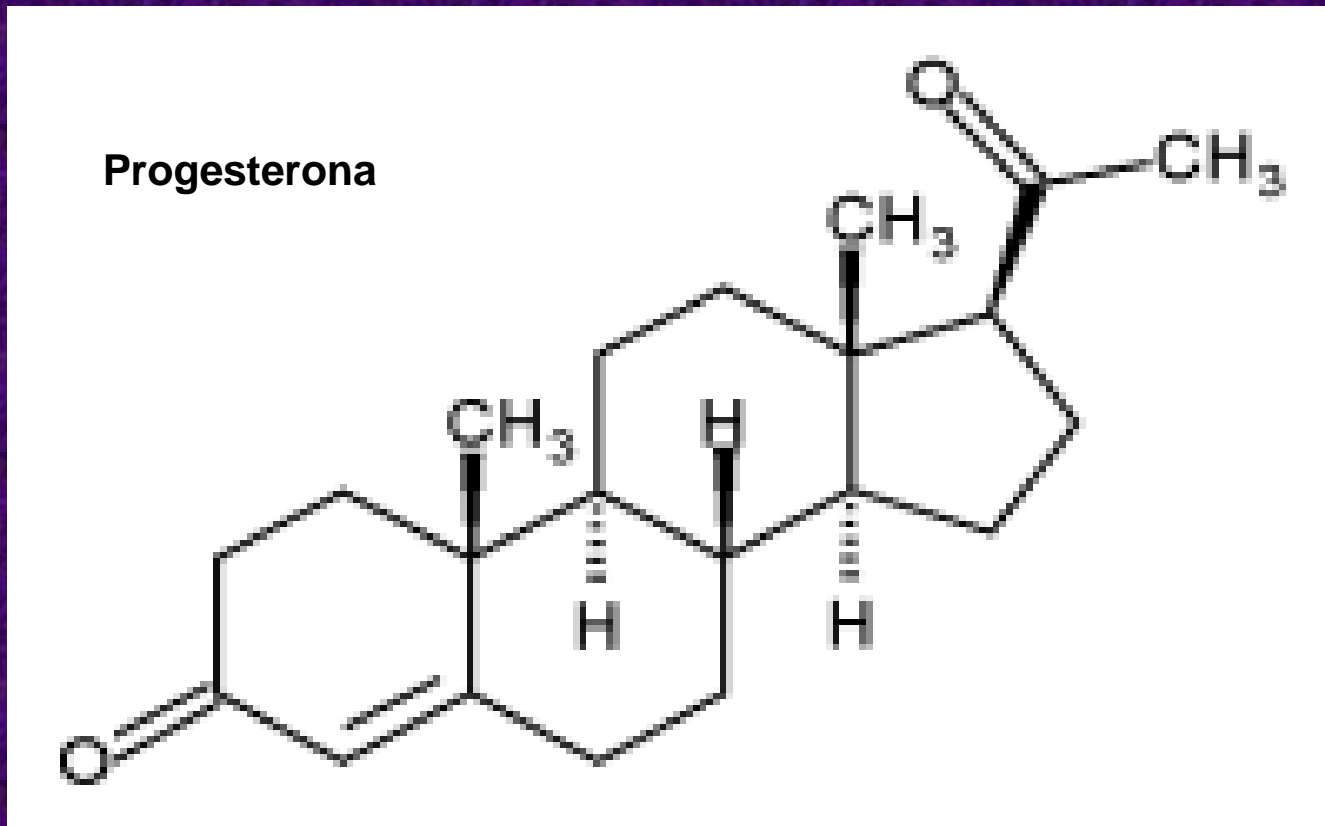
Sin el colesterol, las células animales necesitarían una pared como poseen las bacterias.



Entre las Hormonas sexuales:

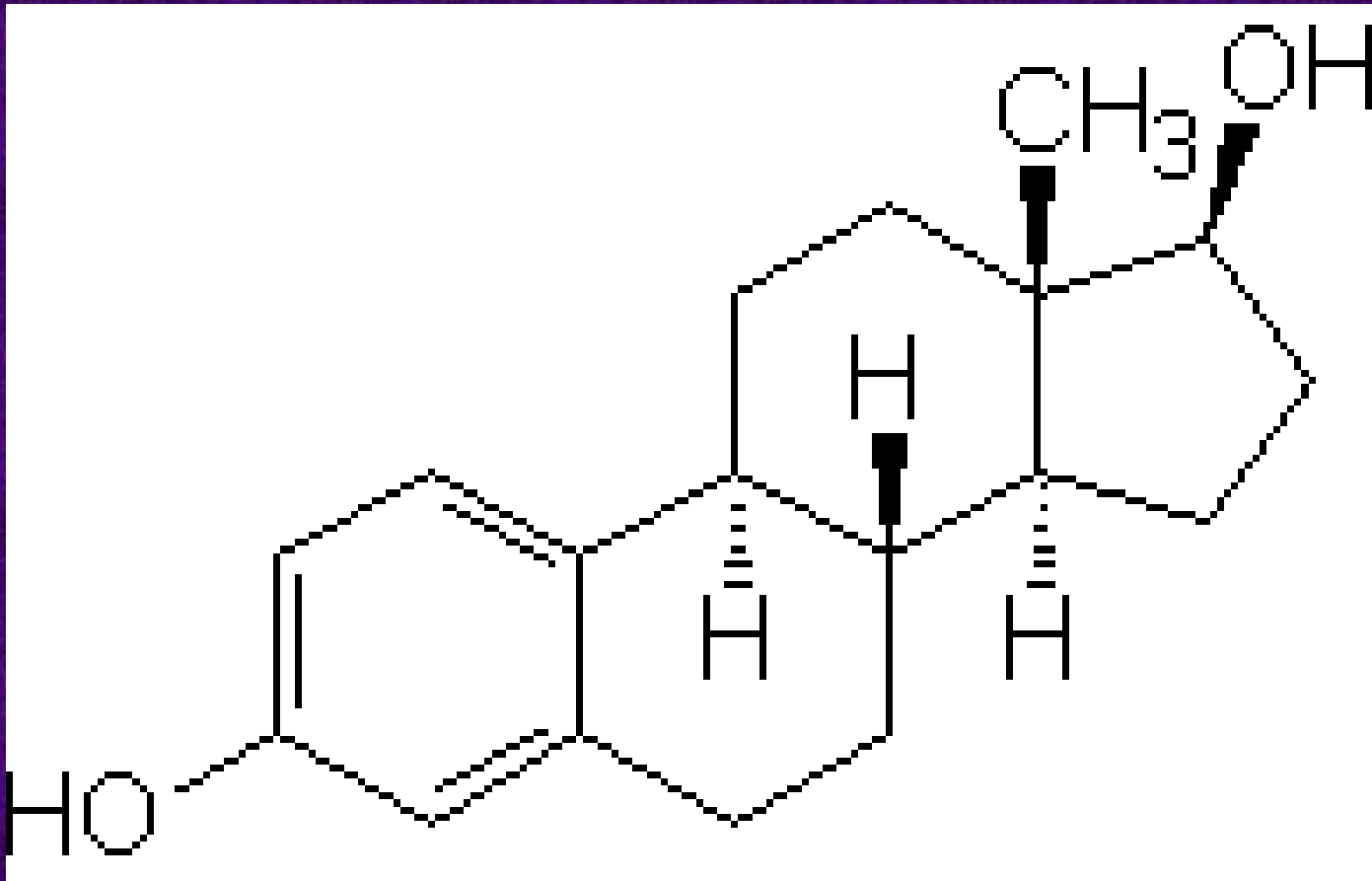
PROGESTERONA

Hormona segregada por el cuerpo amarillo del ovario, que tiene la propiedad de preparar la mucosa uterina para la anidación, el mantenimiento y el desarrollo del huevo fecundado.



ESTRADIOL

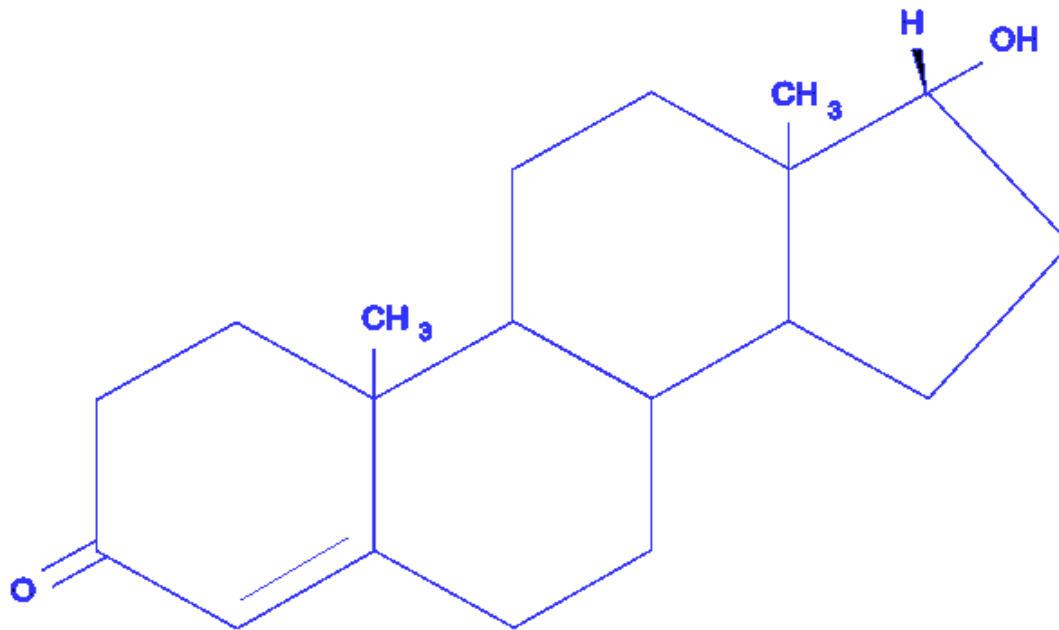
Hormona que representa casi la totalidad de la secreción estrogénica de la mujer durante el período genital activo



TESTOSTERONA

Es la principal hormona andrógena, segregada fundamentalmente por el tejido intersticial del testículo.

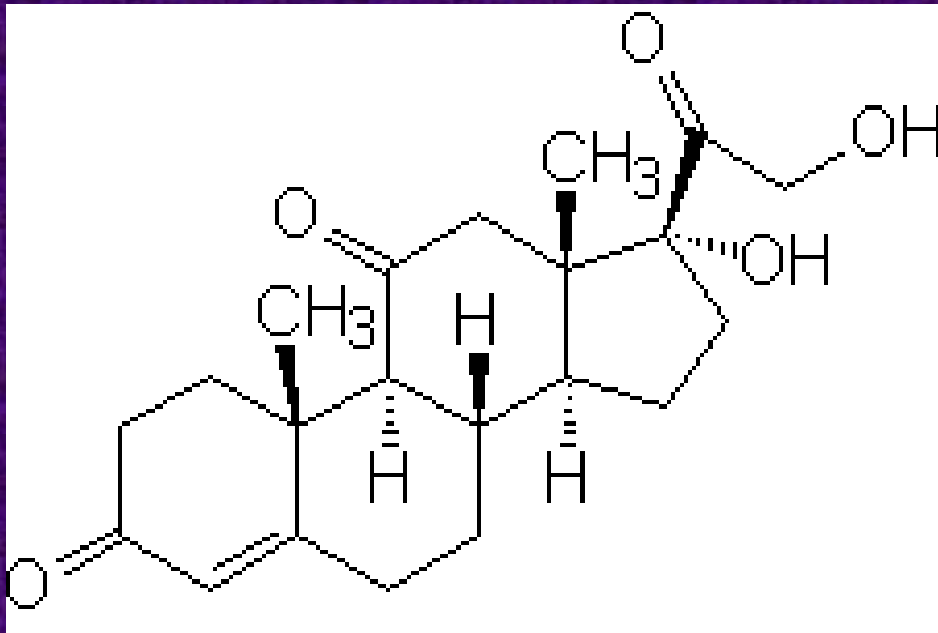
Controla la formación del esperma, el desarrollo de los órganos genitales y de los caracteres sexuales secundarios.



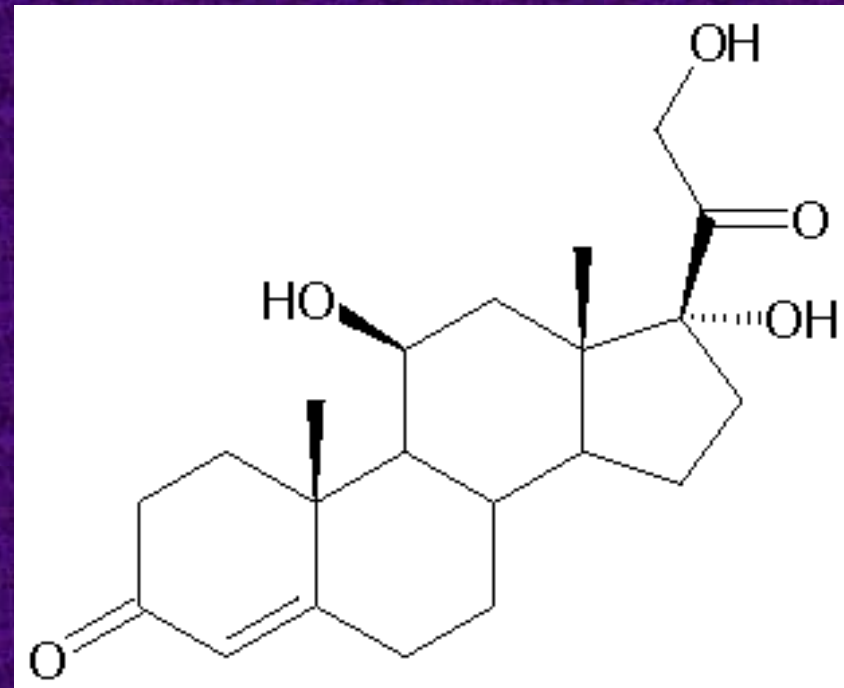
Entre las hormonas **suprarrenales**:

CORTISONA: (un glucocorticoide).

Actúa en el metabolismo de los glúcidos regulando la síntesis de glucógeno.

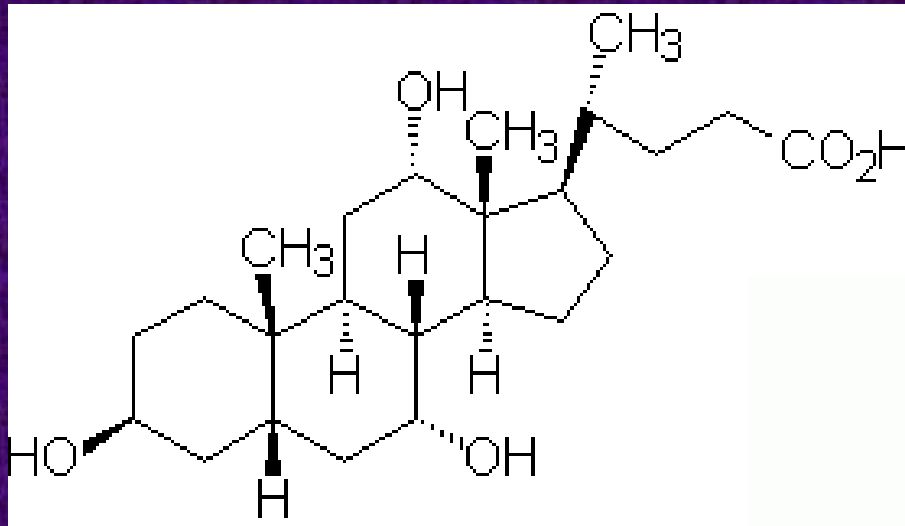


Cortisona

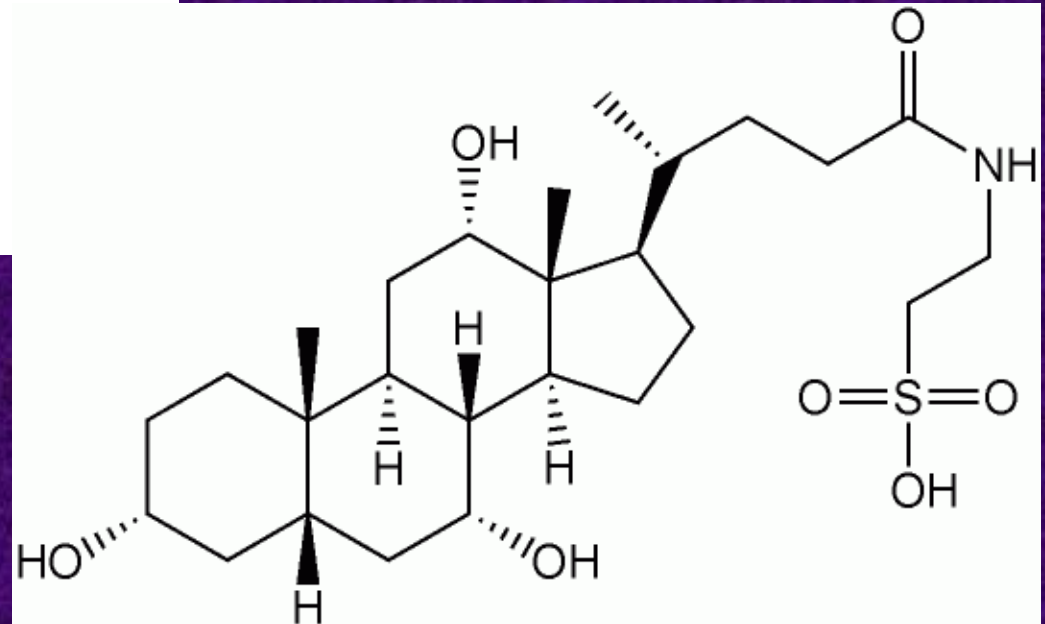


Cortisol

Las **sales biliares** son las sales sódicas o potásicas de los ácidos taurocólico o glicocólico



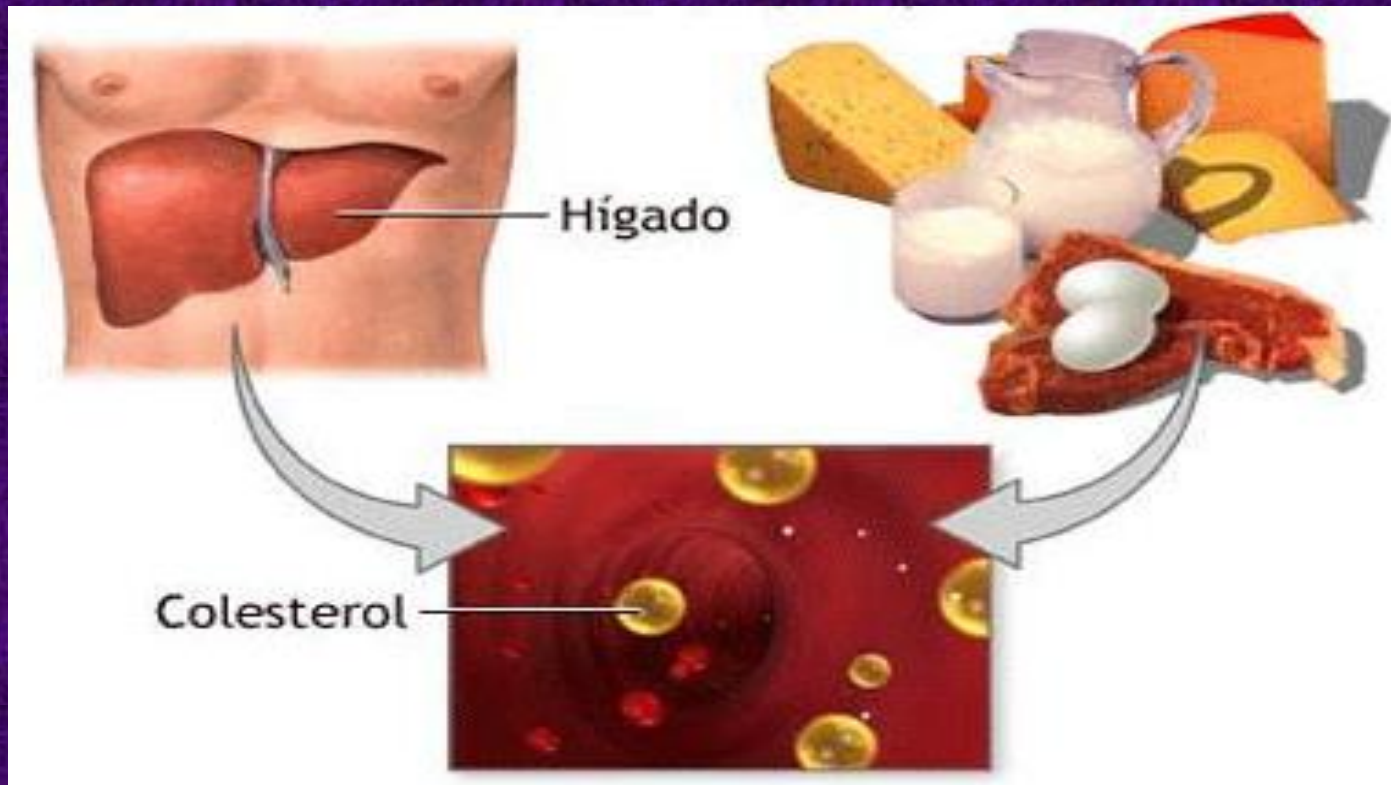
Ácido cólico



Ácido Taurocólico

Los lípidos son apolares y necesitan de las sales biliares para estabilizar la emulsión y para facilitar el contacto entre enzima y sustrato, lo que permite el metabolismo de los lípidos y su absorción en la pared intestinal.

Las sales biliares estimulan al intestino grueso para secretar agua y otras sales, que permiten el movimiento y la transformación química de los contenidos intestinales



PROSTAGLANDINAS Y LEUCOTRIENOS

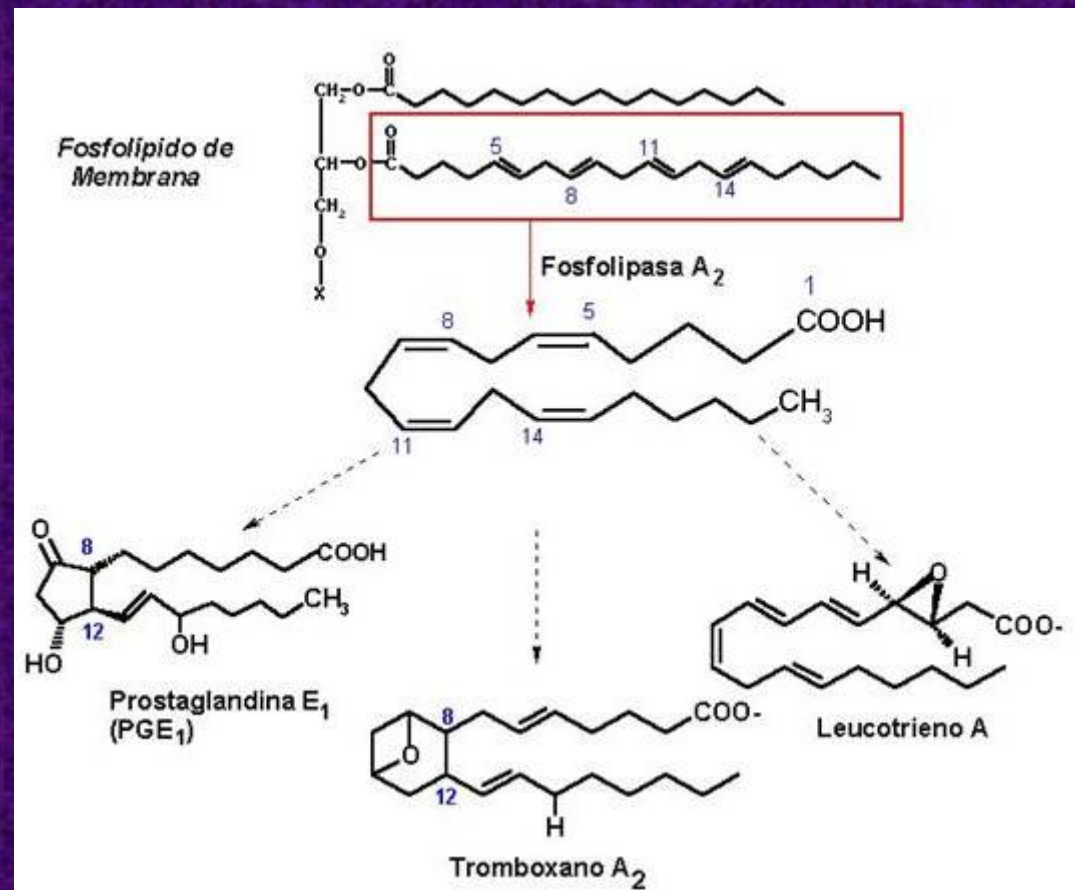
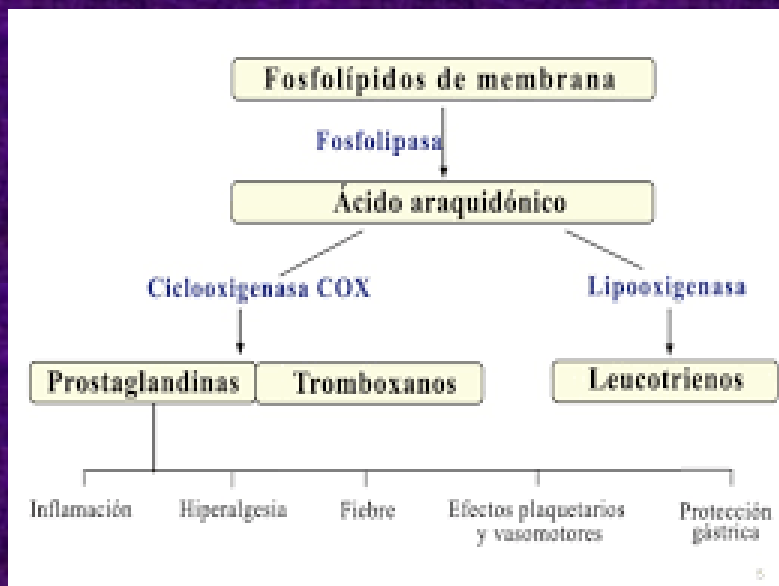
Son un grupo de moléculas derivadas del **ácido araquidónico** ($C_{20} D^{5,8,11,14}$), con amplia variedad de actividades fisiológicas:

Prostaglandinas:

contracción del músculo liso, inducción de la inflamación, control de la presión sanguínea e inhibición de la agregación plaquetaria.

Leucotrienos:

Contracción del músculo liso, inducción de la inflamación



Metabolitos del ácido araquidónico

- **Prostaglandinas** (PGE₂, PGI₂, PGD₂).
 - Mediadores de dolor, fiebre, vasodilatación.
- **Tromboxano A₂** (TXA₂).
 - Provocan vasoconstricción, agregación plaquetaria.
- **Leucotrienos** (LTC₄, LTD₂, LTE₄).
 - Mediadores de vasoconstricción, aumento de permeabilidad vascular.
- **Leucotrieno B₄**
 - Estimula la adherencia leucocitaria, quimiotaxis.

CONSTITUCION DE LAS MEMBRANAS

Como en los liposomas, las bicapas lipídicas forman sacos cerrados que delimitan a la célula.

La membrana plasmática presenta una **cara citosólica** hacia el interior y una **faz exoplasmática** hacia el espacio extracelular.

Los **fosfolípidos** (**fosfoglicéridos y fosfoesfingósidos**) son los componentes más abundantes, con gran presencia de fosfatidilcolina y esfingomielinea en membrana externa y de fosfatidil-etanolamina, fosfatidil-serina, fosfatidil-inositol en membrana interna.

Los **glucolípidos** (**cerebrósidos y gangliósidos**) están en pequeña proporción. La porción glucídica suele actuar como “señal de reconocimiento” celular.

El **colesterol** es cuantitativamente importante en la membrana plasmática, no presenta comportamiento anfipático, es francamente hidrófobo y no forma, por si mismo, bicapas.

La bicapa lipídica es asimétrica y presenta diferencias entre distintas células: en Eritrocitos la relación es Fosfolípidos (1,0) Colesterol (0,80 y glicolípidos (0,1) y para la Mielina es (1,0), (1,3) y (0,7).

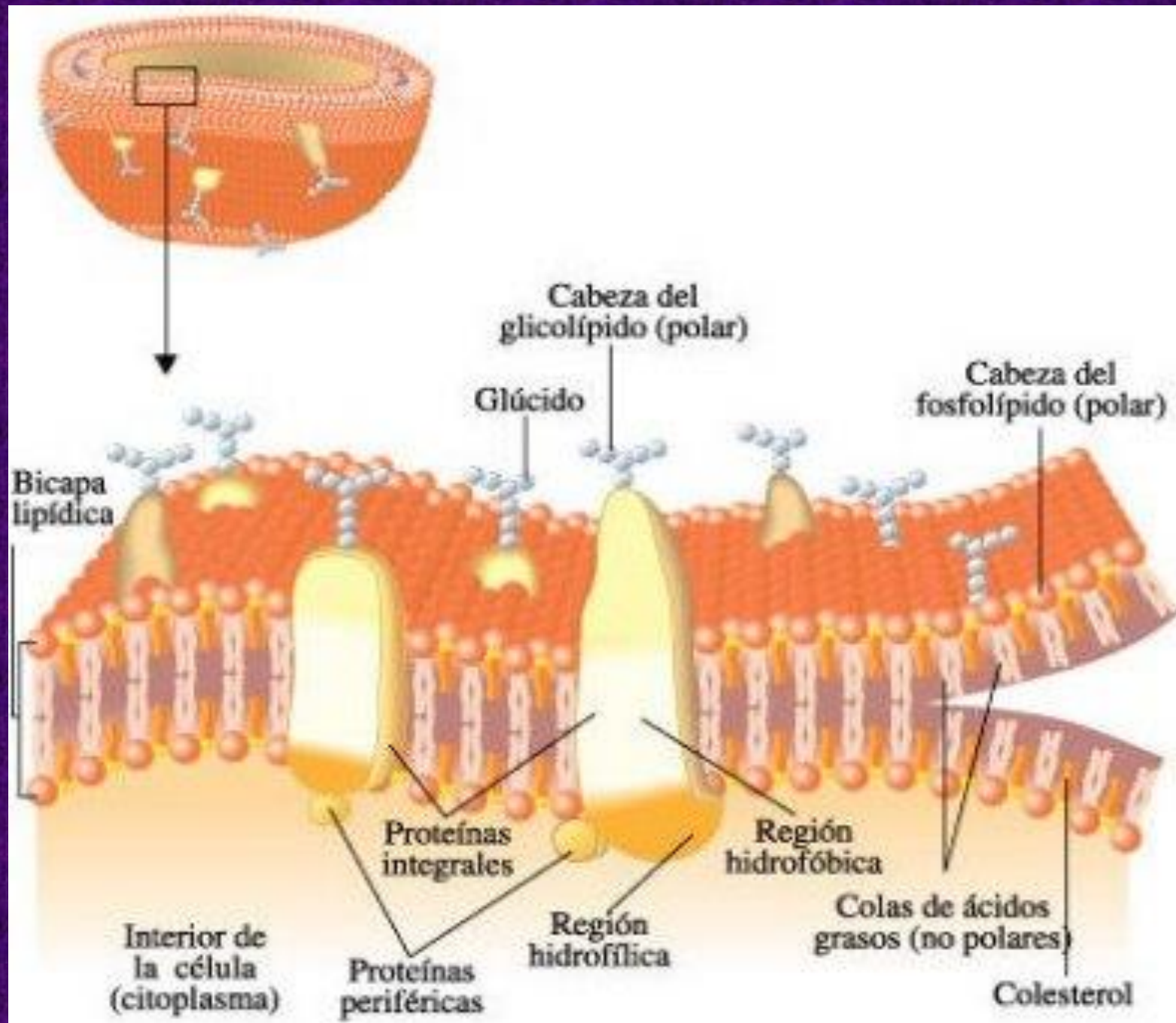
La falta de colesterol, puede originar enfermedades degenerativas del sistema nervioso.

ESTRUCTURA DE LAS MEMBRANAS

No son estructuras fuertes desde el punto de vista mecánico, en contraste con la pared celular de células vegetales o bacterias.

Funciones:

- Permeabilidad selectiva
- Participación en la producción de energía
- Separar a la célula del medio que las rodea
- Mantener un equilibrio dentro y fuera de la célula



El rol de las proteínas en la membrana: Integrales y Periféricas

Proteínas Integrales

Son aquellas que poseen porciones de su cadena insertas o “empotradas” en la doble capa lipídica.

Son de difícil extracción.

Algunas penetran hasta la parte media de la zona hidrofóbica pero la mayoría atraviesa la bicapa una o más veces.

Si bien estos dominios transmembranares tienen estructura de α -helice, coexisten láminas β dispuestas en barril.

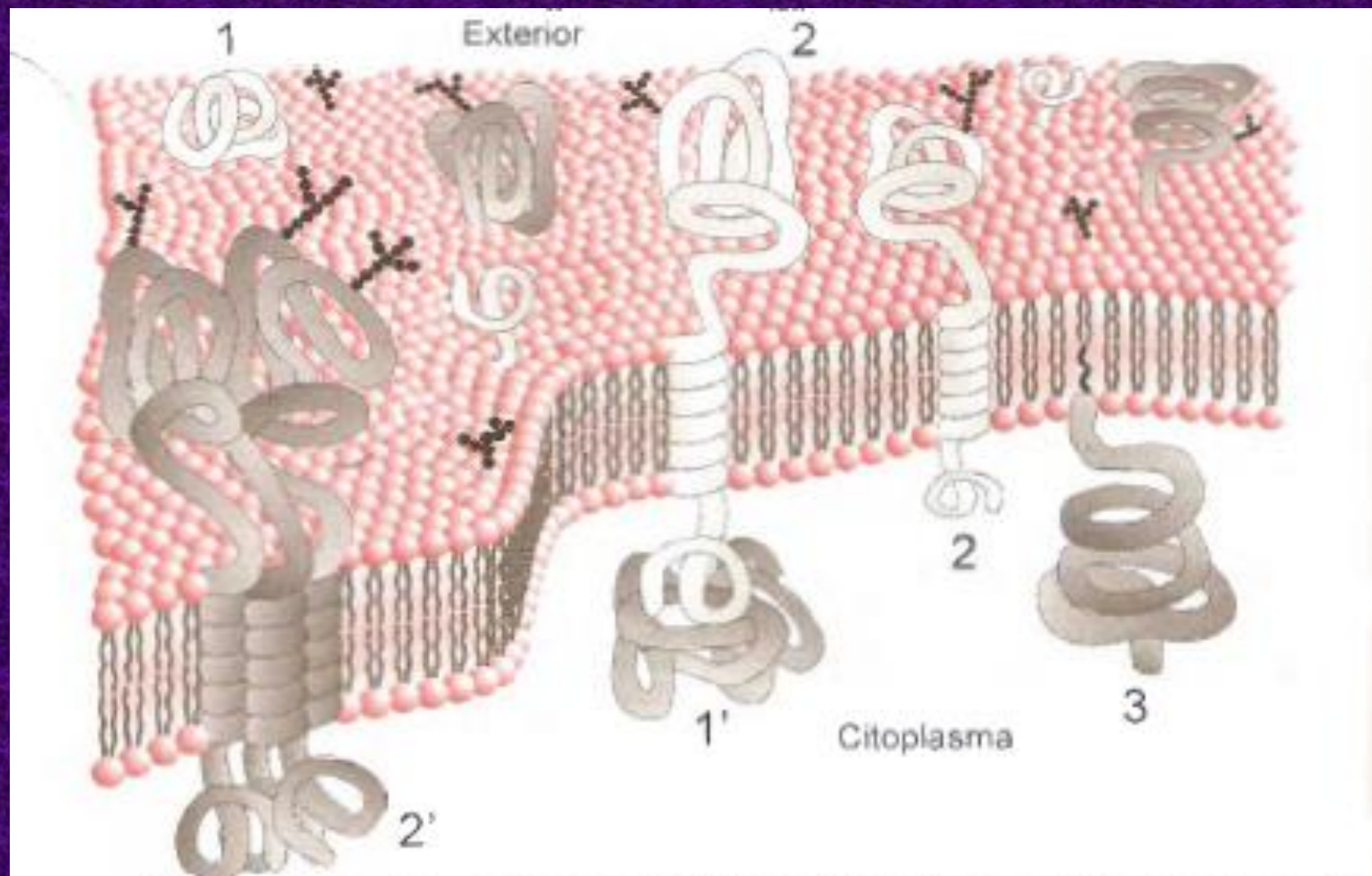
Proteínas Periféricas:

Se extraen fácilmente.

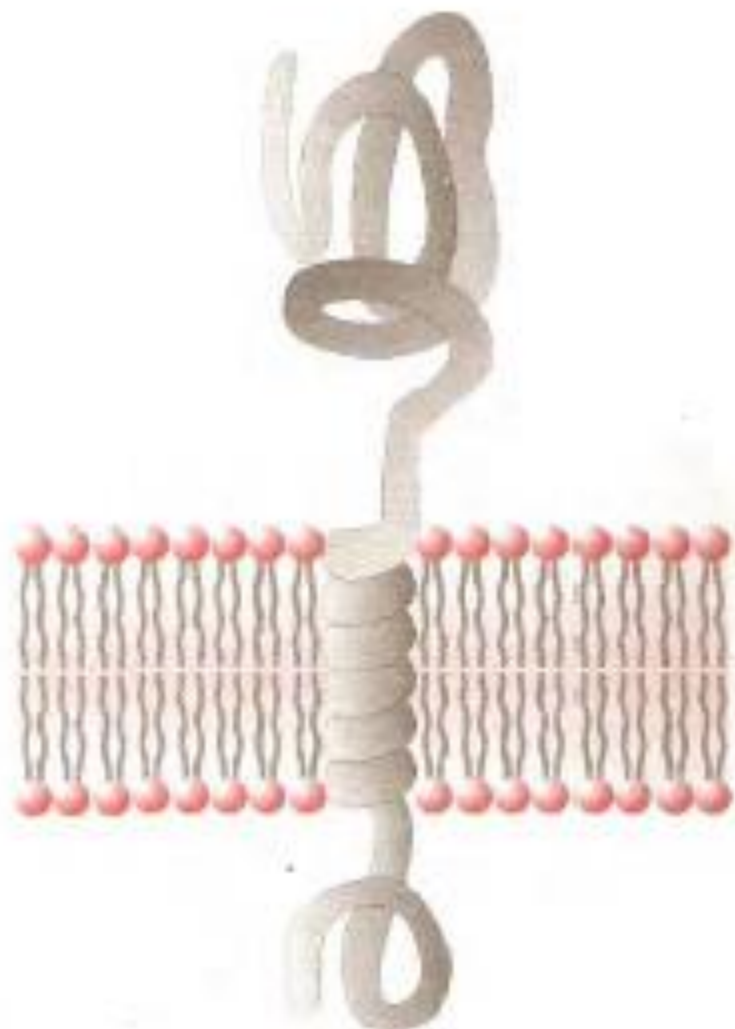
No alcanzan el centro de la bicapa lipídica.

Están unidas por interacciones con los dominios polares de los lípidos.

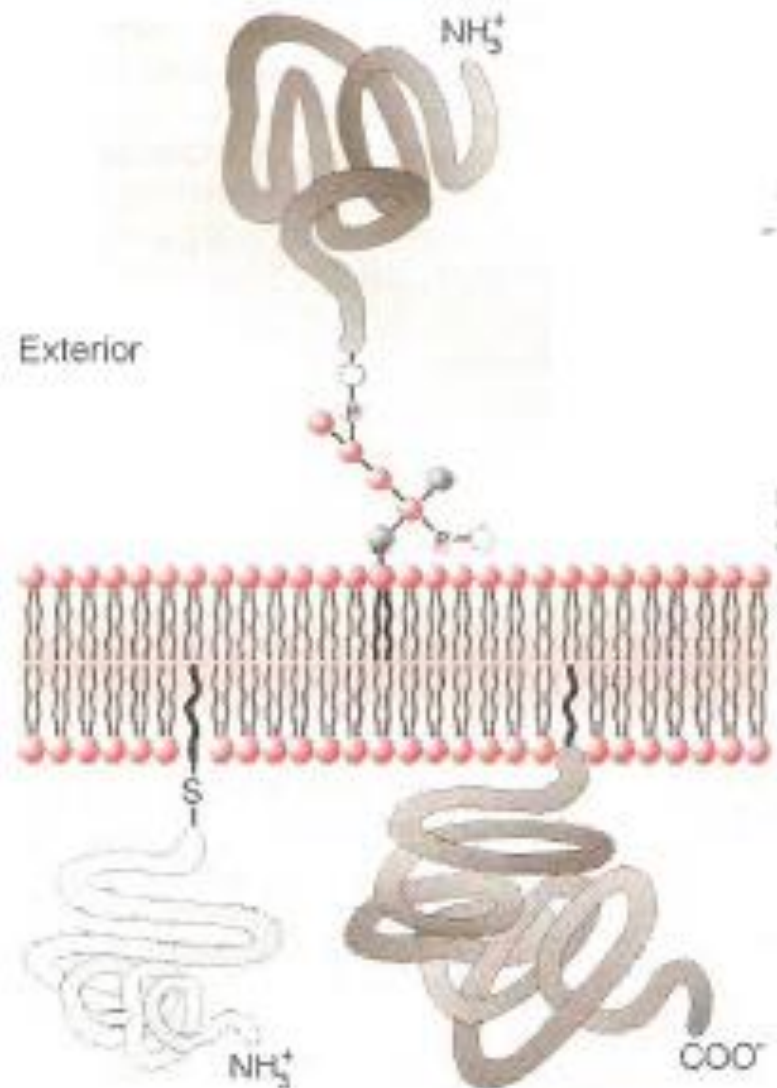
Pueden contener estructuras de anclaje con ácidos grasos o isoprenoides.



↓ Estructura de una membrana biológica (modelo del mosaico fluido). Se representa la lámina básica formada por la bicapa lipídica y proteínas y carbohidratos asociados. 1. Proteína periférica yuxtapuesta sobre la cara externa. 1'. Proteína periférica asociada a una proteína integral. 2. Proteínas integrales insertas en la bicapa por una hélice α transmembrana. 2'. Proteína integral con múltiples segmentos transmembrana. X. Proteína periférica anclada en la membrana por un lípido. Las cadenas de pequeños círculos negros representan oligosacáridos unidos a proteínas o a lípidos en la superficie externa.



Proteína integral de membrana con una hélice α transmembrana y dominios externo e interno.



Citoplasma

Proteínas periféricas ancladas a la membrana por lípidos. Se representa una proteína fijada a la cara externa por glicosil-fosfatidil-inositol y dos unidas a la cara citosólica por cadenas lipídicas.

Transporte a través de membranas

Existe un permanente tránsito entre las células y el medio que las rodea, así como entre las organelas y su entorno.

Básicamente hablamos de transporte:

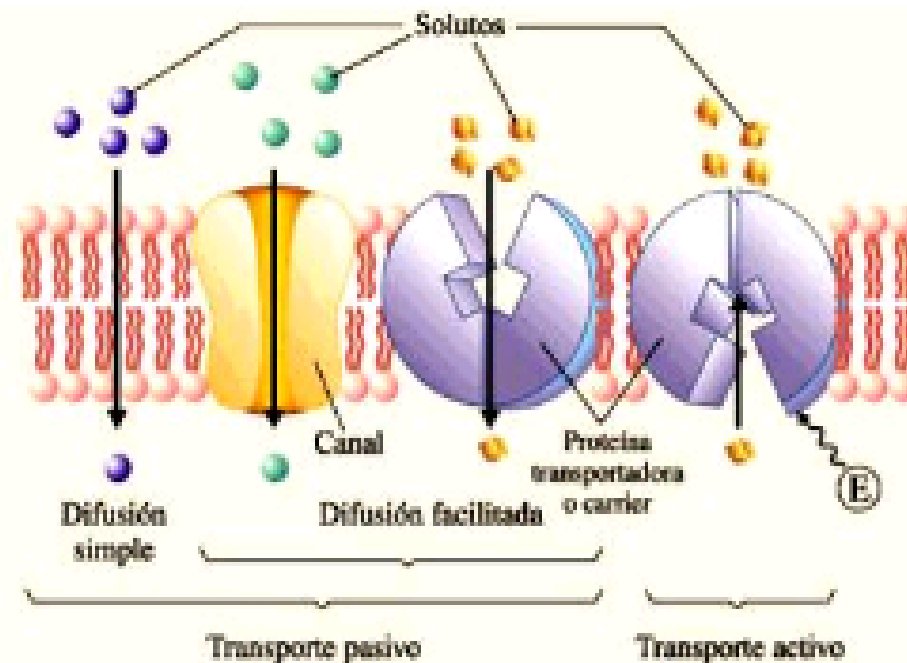
Pasivo: es aquel que no requiere energía.

No mediado: difusión simple

Mediado: difusión facilitada

Activo: Requiere energía para el transporte de sustancias.

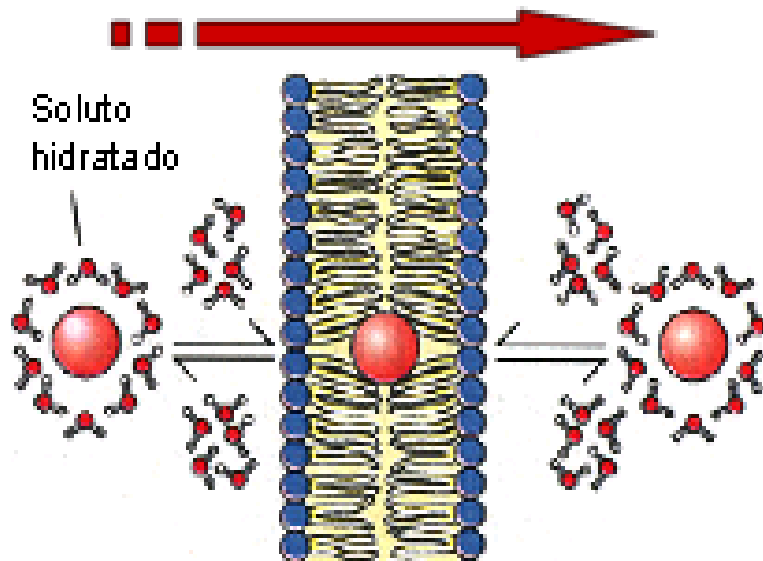
Transporte a través de las membranas



- **Transporte pasivo** a favor de un gradiente electroquímico
 - **Difusión simple:** Sin intervención de proteínas
 - Grietas hidrofóbicas temporales
 - Poros formados por discontinuidad en la membrana
 - **Difusión facilitada:** Intervención de proteínas (canales o proteínas transportadoras)
- **Transporte activo** en contra de un gradiente electroquímico. Necesita energía

Transporte pasivo

- **Difusión simple:** Sin intervención de proteínas
- **Requiere tres pasos:**
 - Eliminar sus interacciones con el medio acuoso
 - Atravesar la membrana
 - Abandonar la membrana



Moléculas no polares pequeñas, como O₂, N₂ y CO₂ difunden libremente a través de membranas.

El agua y la urea, a pesar de ser polares, atraviesan membranas celulares porque son pequeñas y no poseen carga neta.

DIFUSIÓN FACILITADA

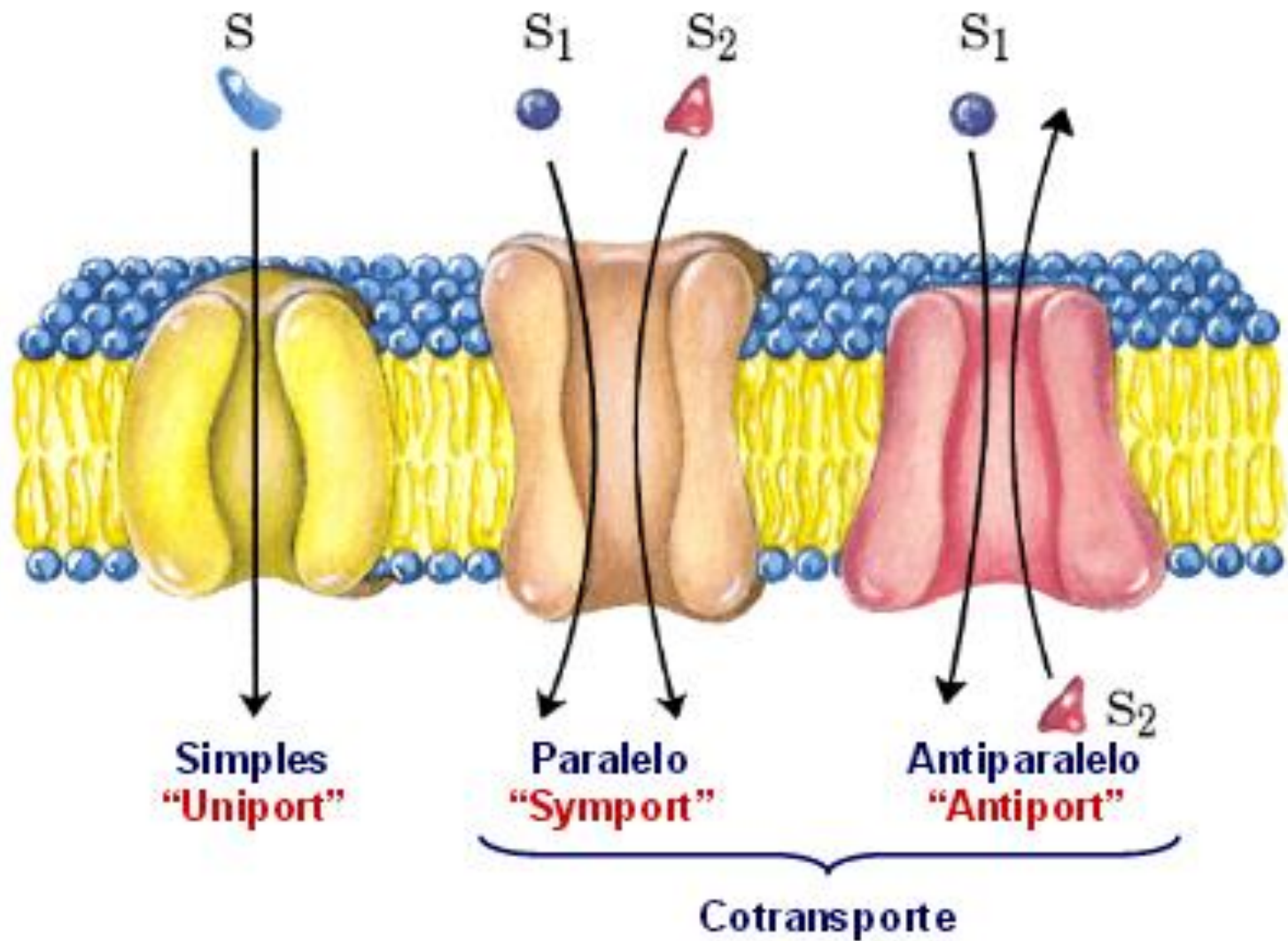
La **proteína portadora** puede existir en dos conformaciones y originar:

Uniporte: el sitio de unión fija específicamente un solo soluto determinado.

Cotransporte (simporte): el portador tiene sitios de unión específicos para dos solutos diferentes, que pasan juntos.

Contratransporte (antiporte): el portador tiene sitios específicos para dos solutos diferentes, que van en sentido opuesto.

Difusión facilitada: Tipos de transportadores



La **difusión facilitada** muestra especificidad y saturabilidad.

Se forma un complejo transportador-soluto con diferentes proteínas transportadoras (**permeasas**) que facilitan la difusión de solutos hidrofílicos en ambos sentidos a través de las membranas, tanto plasmáticas como de organelas.

Son ejemplos:

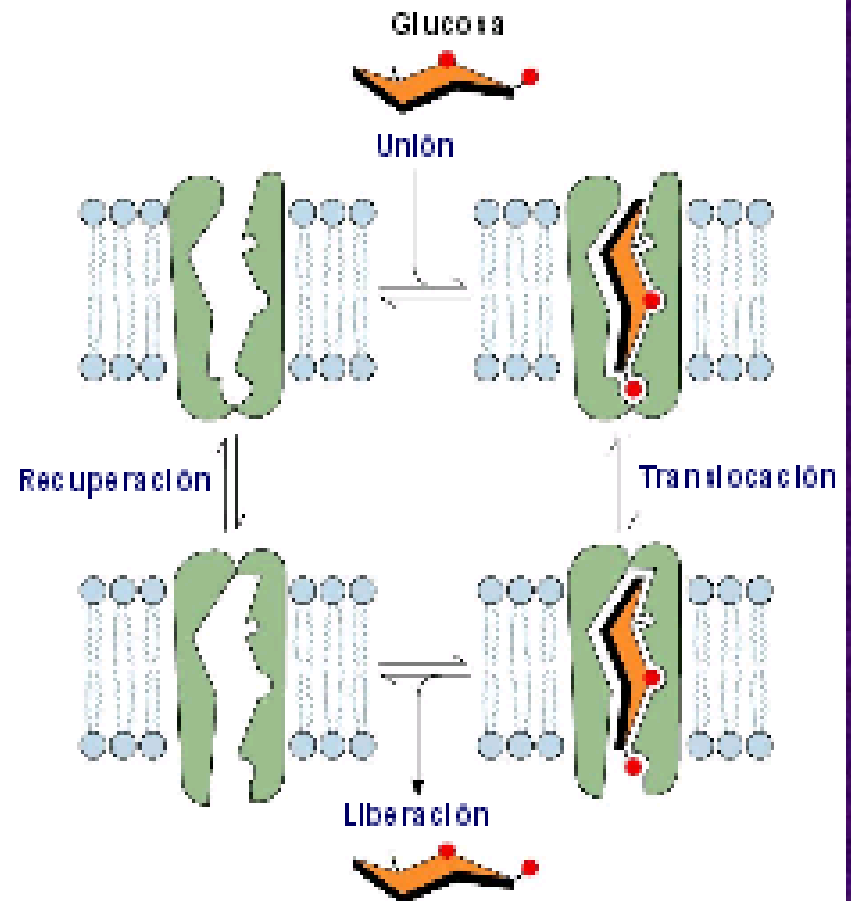
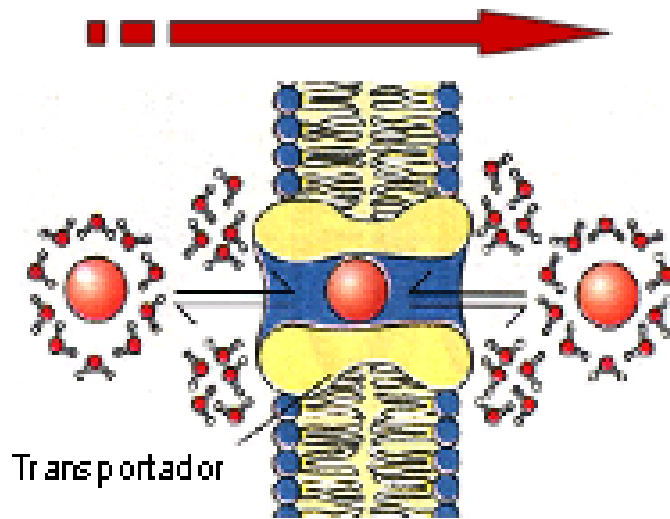
Transportadores de Glucosa

Transportadores de Urea

Transportadores de aniones y cationes orgánicos.

Transporte pasivo

- **Difusión facilitada:** Intervienen proteínas



Transporte pasivo con difusión facilitada

Transportadores de glucosa

Uniport, muy selectivos (reconocen los isómeros D, pero no los L), llamados **GLUT**, se agrupan en 3 Clases: I, II y III.

Clase I:

GLUT 1: responsable del transporte basal de glucosa en todas las células

GLUT 2: específico en intestino y riñón y sensor de glucosa en células β del páncreas

GLUT 3: forma neuronal

GLUT 4: músculo esquelético y tejido adiposo (regulados por insulina).

Clase II:

integrada por los GLUT 5 (específico de Fructosa en intestino), 7, 9 y 11.

Clase III:

incluye 6, 8, 10, 12 y 13. Puede transportar no solo Glucosa, sino también Fructosa y Galactosa en cerebro, músculo hígado, corazón y pulmón.

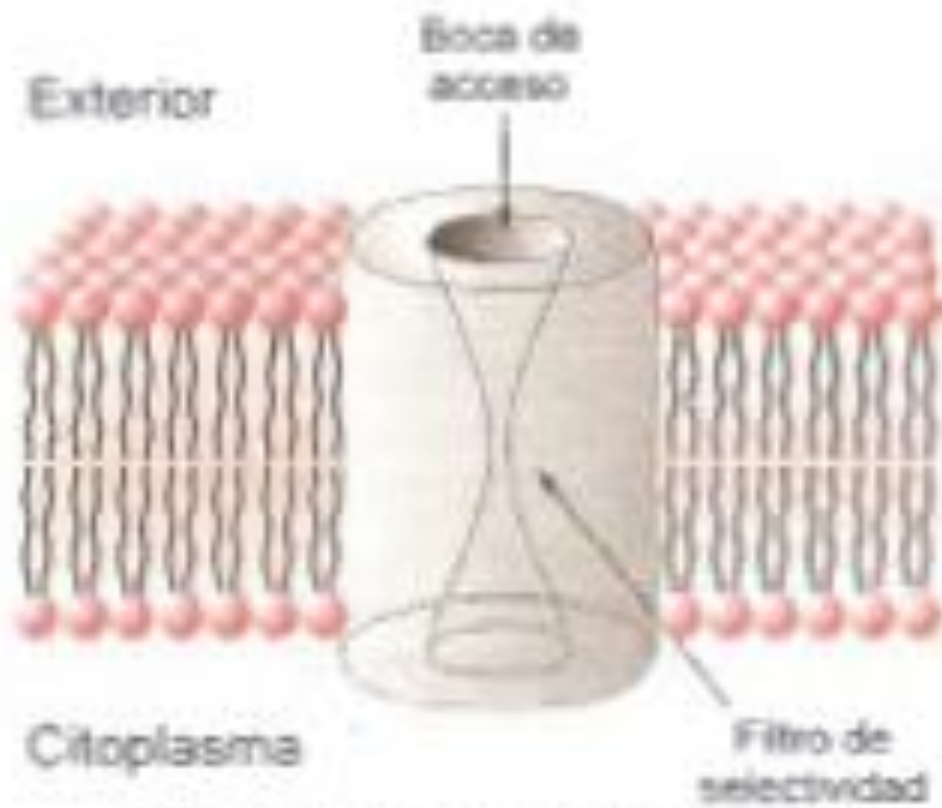
CANALES

Forman poros o túneles hidrofílicos a través de la membrana

En ellos el pasaje de solutos se hace espontáneamente, a favor del gradiente, sin aporte adicional de energía.

Mientras los transportadores o permeasas, alcanzan a transferir 10^5 partículas por segundo, en los canales se alcanzan 10^8 partículas por segundo.

La mayoría de los **canales** conocidos **dejan pasar iones**. Son altamente selectivos para una especie de ión pequeño (**Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Cl^-**).



Representación muy esquemática de un canal de iones.

CANALES DE AGUA

El agua, molécula polar, es prácticamente insoluble en la membrana.

Si bien esta propiedad restringe su pasaje a través de membranas celulares, tiene un cierto flujo, impulsado por el gradiente osmótico.

Sin embargo, llamó la atención en ciertas células, de una permeabilidad muy superior a la esperable, lo que llevó a proponer la existencia de poros o canales para el agua.

La hipótesis fue confirmada por el aislamiento de proteínas, un total de 13 isoformas, que formaban esos canales.

Se las llama Acuaporinas (AQP)

Nombradas de 1 a 12.

AQP 1: aislada en glóbulos rojos, también existe en las células del tubo proximal del nefrón.

AQP 2: Son sensibles a Hormona antidiurética (vasopresina) y exclusivas de células del TCP y TCD.

AQP 3: Presentes en membrana basolateral de células de tubos colectores renales.

AQP 4: Presente en cerebro, retina y músculo esquelético.

AQP 5: Glándulas salivares y lacrimales.

AQP 6: Células intercaladas de túbulo colector renal.

AQP 7: Tejido adiposo (mediador de salida de glicerol).

AQP 8: Se expresa en el hígado, en páncreas, intestino delgado, colon, placenta y testículo.

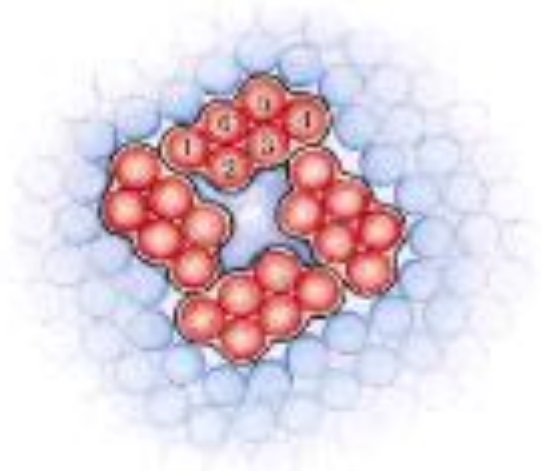
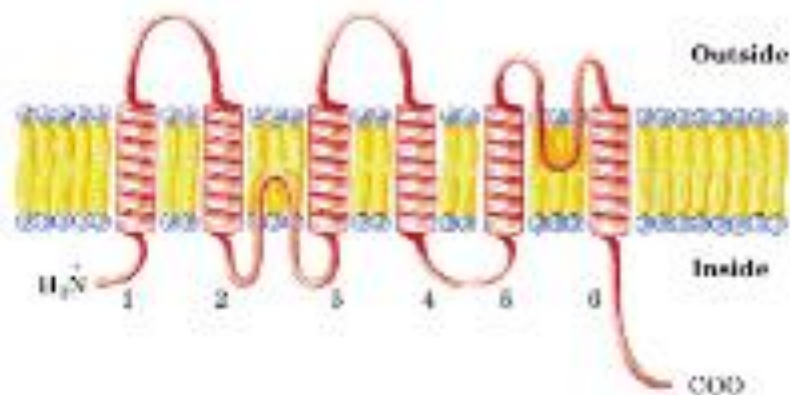
AQP 9: Hígado, pulmón, bazo, médula ósea y leucocitos.

AQP 10: Intestino.

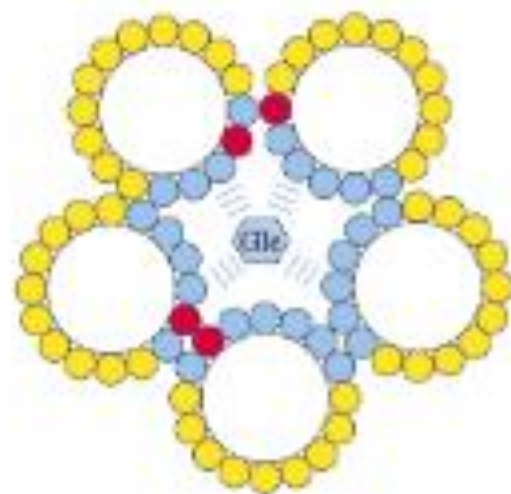
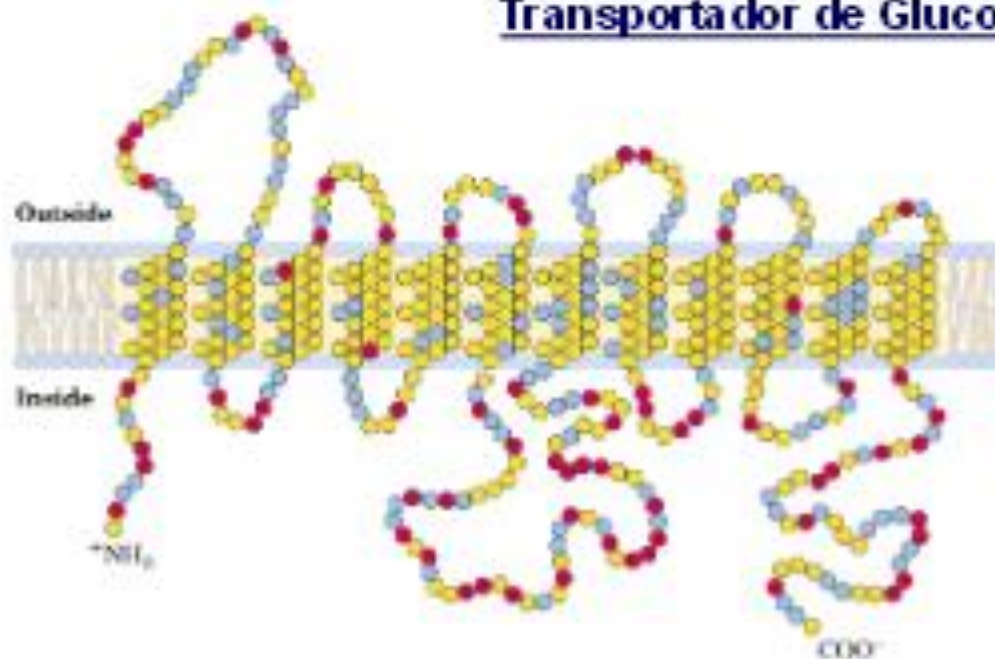
AQP 11 y 12: RE de hígado, cerebro y páncreas.

■ Transporte simple

Acuaporinas



Transportador de Glucosa Glut1



Transporte Activo

El **transporte activo** es necesario cuando se realiza en dirección **opuesta al gradiente**, y solo puede realizarse si se **provee energía**.

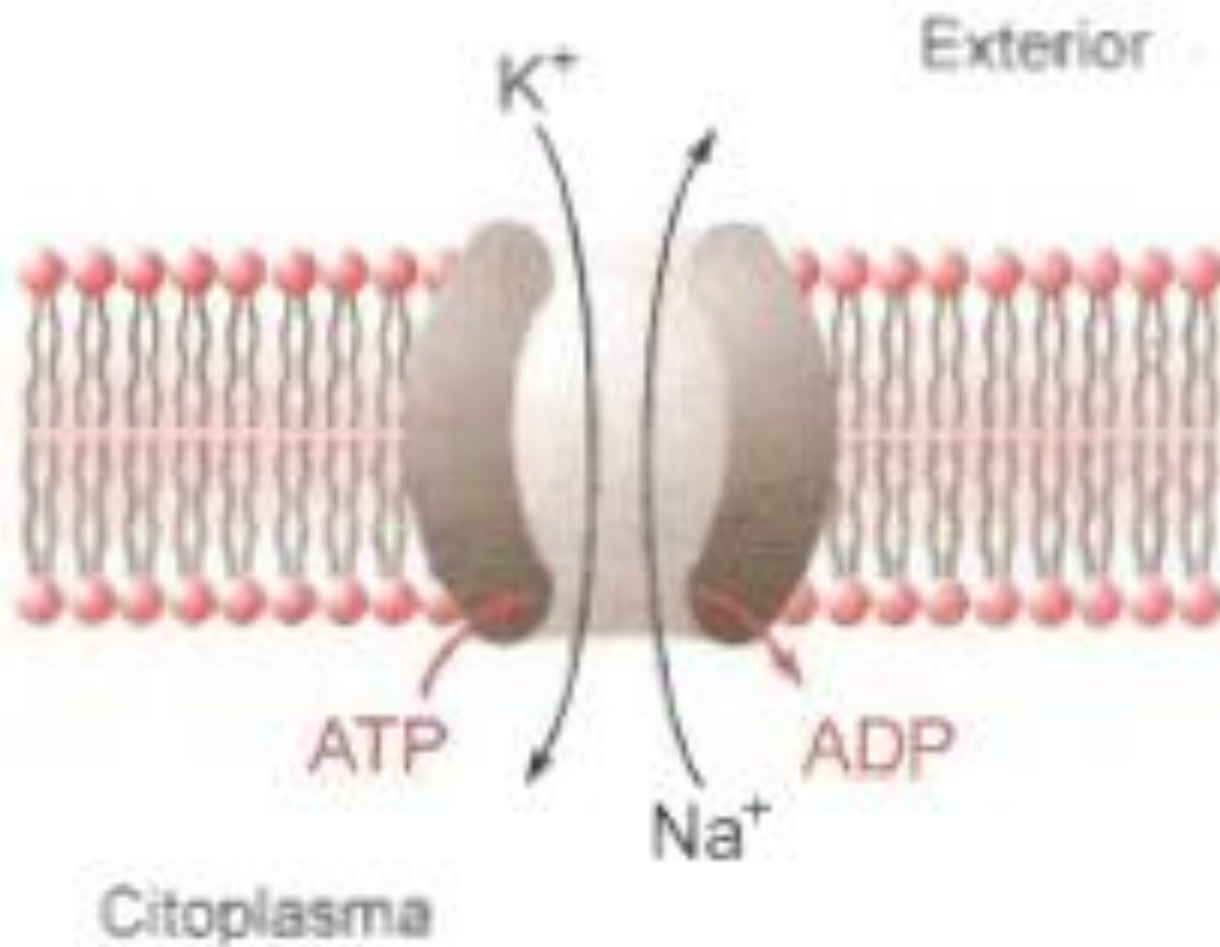
Mediado por **proteínas** de las mismas características de las descritas para difusión facilitada.

Ejemplos de transporte activo: **ATP asas**.

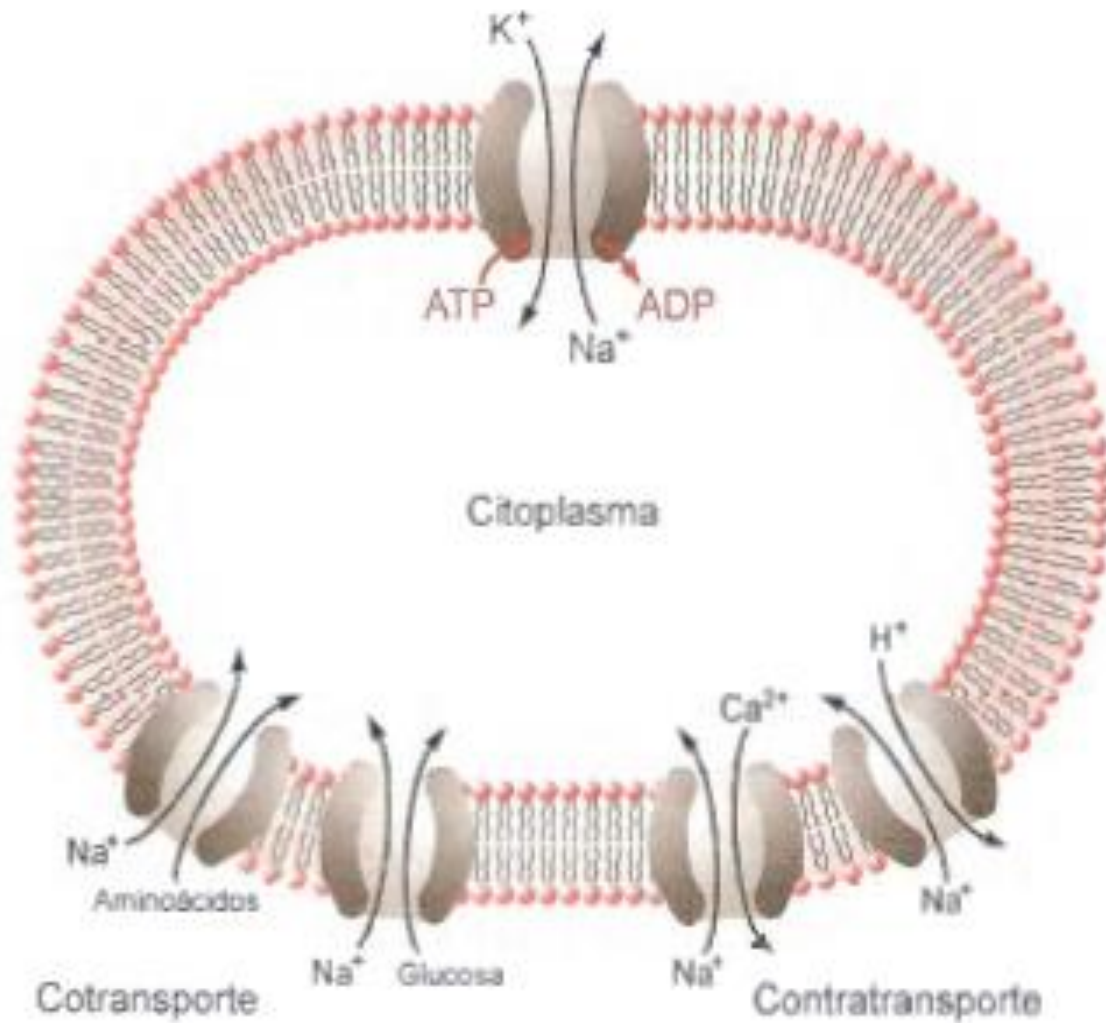
Transportadores responsables de mantener los gradientes de iones a través de la membrana (**bombas de iones**)

Necesitan la energía proveniente de la **hidrólisis del ATP**

Son de este tipo: la $\text{Na}^+ \text{K}^+$ -ATPasa, las Ca^{+2} ATPasa y la $\text{H}^+ \text{K}^+$ -ATPasa.



Acción de la bomba de sodio ($\text{Na}^+\text{K}^+\text{-ATPase}$).



Representación esquemática de un sistema de transporte activo primario (bomba de sodio, arriba) y sistemas de transporte activo secundario (cotransporte Na⁺-aminoácidos y Na⁺-glucosa y contratransporte Na⁺-Ca²⁺ y Na⁺-H⁺, abajo).

Resumen tipos de transporte

