

LÍPIDOS

Constituyen una variedad de moléculas bastante heterogénea, tanto desde el punto de vista estructural como por la diversidad de funciones que desempeñan.

Se pueden caracterizar diciendo: son los componentes de los seres vivos insolubles en el agua pero solubles en disolventes orgánicos apolares tales como acetona, éter, metanol, etc.

Papel biológico de los lípidos:

- Son uno de los componentes de la estructura de las membranas biológicas
- Constituyen la principal forma de depósito de combustible metabólico en las células animales. Las moléculas de grasa (acilglicéridos) al ser insolubles en el agua, se almacenan en el interior de las células en forma de gotitas (energía concentrada). Mientras que los gránulos de glucógeno, al contener agua ocupan mucho volumen.
- La degradación metabólica de los lípidos para la obtención de energía en forma de ATP, rinde una mayor cantidad de ATP, que la degradación de glúcidos (1g de grasa produce unas 9,4 Kcal, mientras que un g de glúcido rinde unas 4,1 Kcal.).
- Algunos poseen una intensa actividad biológica. pues algunas vitaminas como: A. D. E. K, y sus precursores, así como algunas hormonas (las esteroideas) y las prostaglandinas tienen carácter lipídico
- Como son malos conductores del calor, las acumulaciones lipídicas que existen bajo la piel de muchos animales actúan como aislantes térmicos
- El carácter hidrofóbico permite a muchos lípidos formar el recubrimiento protector de hojas, pelos, plumas y exoesqueletos

Clasificación

La gran heterogeneidad de los lípidos dificulta cualquier clasificación. Los clasificamos en dos grandes grupos:

Lípidos SAPONIFICABLES

relacionados con ácidos grasos

poseen enlaces éster, producen jabones por hidrólisis alcalina

ACILGLICÉRIDOS

CÉRIDOS

FOFOGLICÉRIDOS

ESFINGOLÍPIDOS

Lípidos INSAPONIFICABLES o no relacionados con ácidos grasos

Carecen de enlaces éster y no producen jabones

TERPENOIDES O ISOPRENOIDES

ESTEROIDES

Ácidos Grasos

Son ácidos orgánicos monocarboxílicos que poseen una cadena hidrocarbonada larga

Según la naturaleza de la cadena hidrocarbonada se clasifican en:

- ❖ **Saturados.** Cuando carecen de dobles enlaces son sólidos a temperatura ambiente. Ponemos como ejemplos: Palmítico, Esteárico
- ❖ **Insaturados o no saturados:** Cuando poseen dobles enlaces. Ejemplos: Oleico, Linoleico y araquidónico

Los más frecuentes en ambos tipos son los de número par de átomos de carbono, los comprendidos entre 14 y 22, entre ellos los de 16 y 18 átomos de carbono.

Se empiezan a numerar a partir del extremo carboxílico

Una nomenclatura abreviada útil para designar los ácidos grasos, es emplear una C mayúscula seguida de números separados por dos puntos que indiquen respectivamente, el número de átomos de carbono y el número de dobles enlaces. La posición de los dobles enlaces se indica con superíndices.

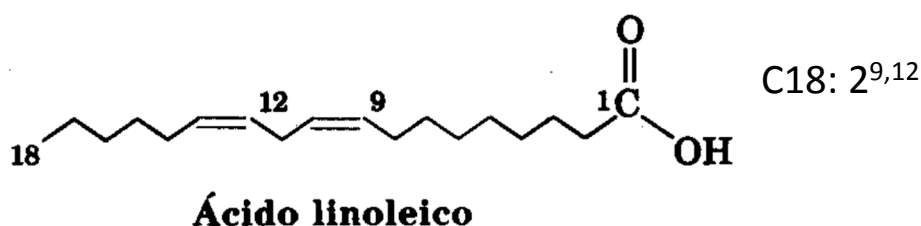
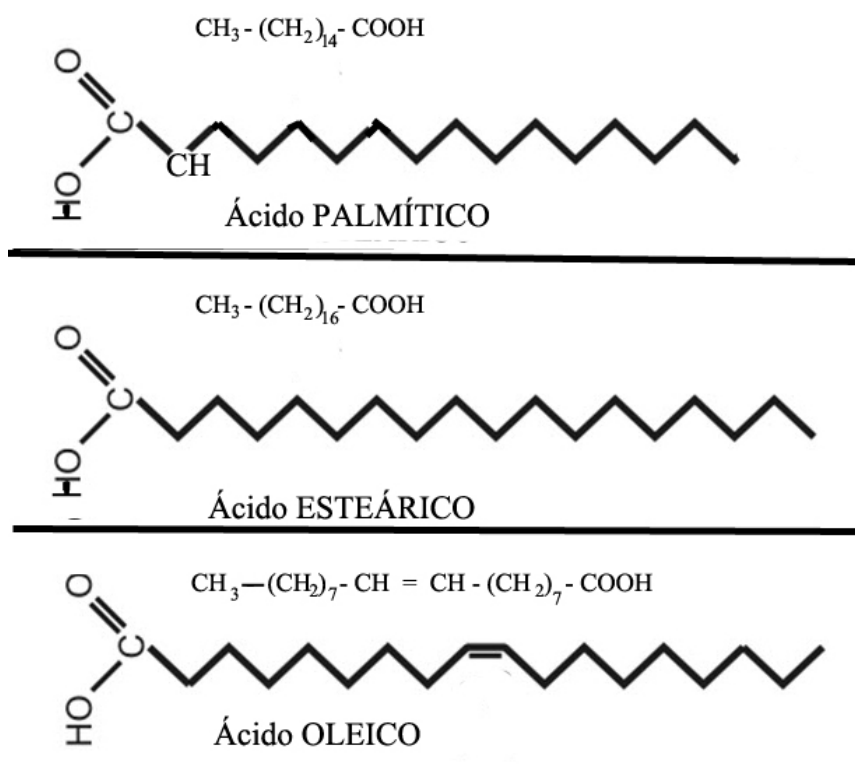
Oleico C: 18: 1⁹

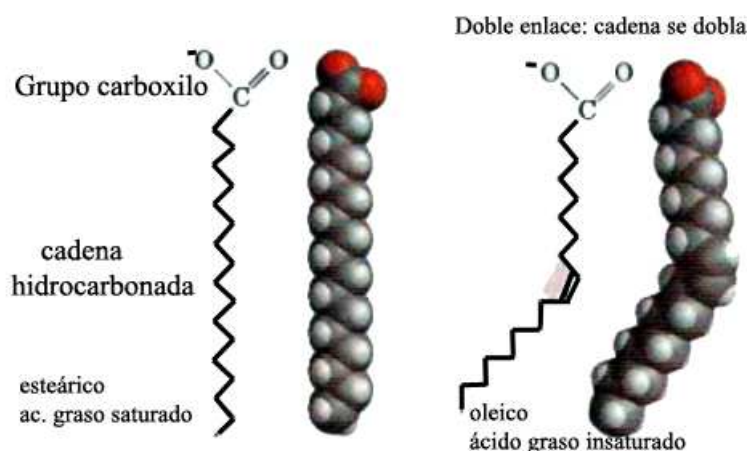
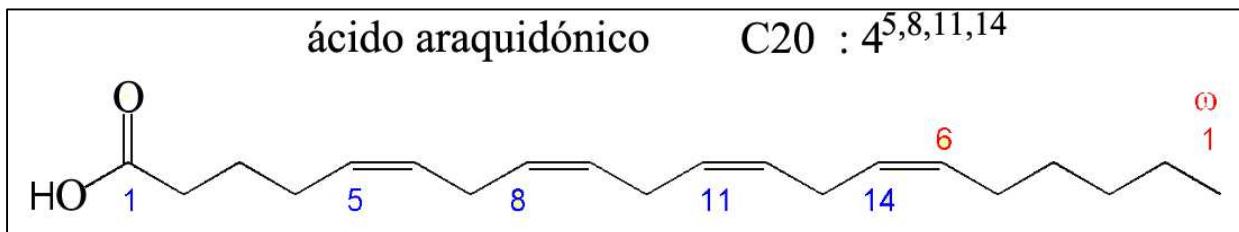
Insaponificables Linoleico C: 18:2^{9,12}

Araquidónico.- C: 20: 4^{5,8,11,14}

Saponificables Palmítico.- C: 16: 0

Esteárico C: 18: 0

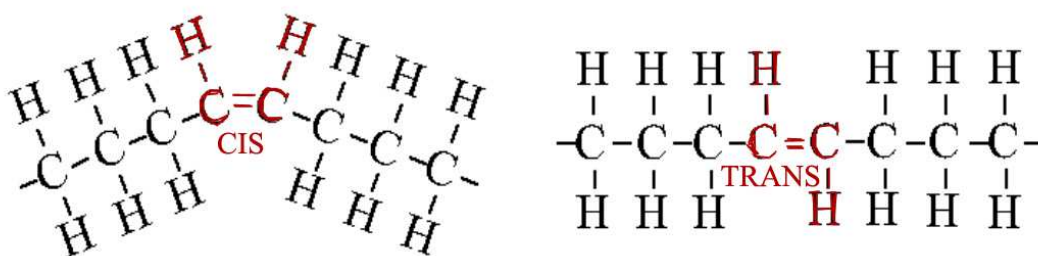




Es de observar como las cadenas de los ácidos grasos insaturados se doblan

Los dobles enlaces entre los átomos de carbono de los ácidos grasos insaturados, pueden tener distintas configuraciones según la orientación espacial de los átomos de H enlazados a estos carbonos. Estas configuraciones son las llamadas **cis** o **trans**. Cuando los átomos de hidrógeno se encuentran en el mismo lado de la cadena, éstos se encuentran en la posición "cis"; cuando se encuentran en el lado opuesto de la cadena están en la posición "trans".

Los ácidos grasos "cis" presentan una estructura doblada mientras que los ácidos grasos "trans" son derechos



La industria modifica los ácidos grasos contenidos en los triacilglicéridos naturales durante los procesos de extracción y purificación de los mismos, como un efecto secundario al proceso. Se producen transformaciones indeseables que alteran las propiedades biológicas y químicas de dichos triacilglicéridos. Una de las más importantes alteraciones es la transformación de los ácidos grasos cis a trans, fenómeno que también ocurre durante el proceso térmico de la elaboración de los alimentos.

En un ácido graso sometido a hidrogenación (hacer más sólida la grasa) se puede originar dos tipos de isomerización:

- ❖ Un doble enlace puede cambiar de configuración cis a trans (isomerización geométrica)
- ❖ El doble enlace puede cambiar de posición dentro de la cadena de átomos de carbono (isomerización posicional).

Propiedades físicas de los ácidos grasos

Las propiedades de los ácidos grasos y las de los lípidos relacionados con ellos, están estrechamente relacionadas con la longitud de la cadena y el grado de insaturación

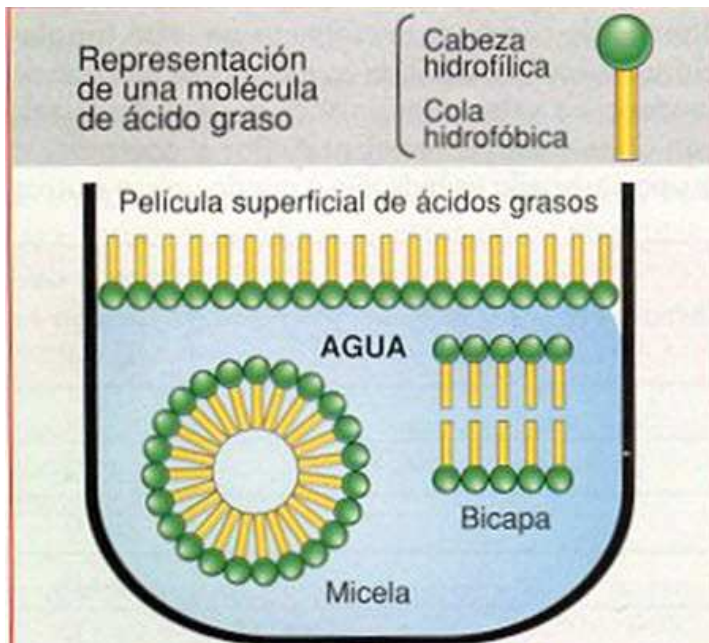
- ❖ **Poseen una clara bipolaridad (comportamiento anfipático)**, ya que presentan simultáneamente una zona hidrófila y una lipófila.

Las cadenas hidrocarbonadas presentan grupos ($-\text{CH}_2$) metileno, capaces de formar enlaces de Van der Waals con otros grupos lipófilos. El grupo carboxilo (COOH), sin embargo, en medio acuoso libera un protón y queda en forma polar (COO^-), lo que permite establecer atracciones de tipo eléctrico con las moléculas de agua u otros grupos polares.

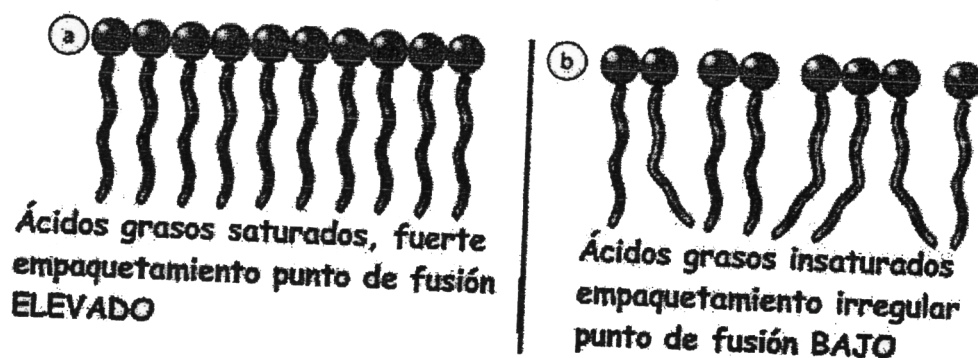
Si sobre la superficie del agua echamos una pequeña cantidad de ácido graso, se extiende sobre el agua formando una capa monomolecular. Se explica porque los grupos carboxílicos se hunden bajo el agua, mientras que las largas cadenas hidrocarbonadas se apartan de ella, y se disponen perpendicularmente a la superficie formando una empalizada.

Si una vez formada la capa monomolecular hay moléculas sobrantes para una segunda capa, ésta se dispone encima de la primera, pero en sentido contrario, ya que ahora tienen que enfrentarse las dos capas por los grupos lipófilos.

Añadiendo mayor cantidad de ácidos grasos, se forman **micelas** en las que las porciones hidrófobas se disponen en el interior para protegerse del contacto con el agua.



- ❖ **El punto de fusión de los ácidos grasos insaturados es menor que el de los saturados.** El punto de fusión desciende en los insaturados, porque los dobles enlaces producen una inclinación en la cadena carbonada que dificulta la formación de enlaces de Van der Waals.



El punto de fusión aumenta con el número de átomos de carbono que posea la molécula. Debido a un incremento de enlaces de Van der Waals que se forman (hay que suministrar mayor cantidad de energía para romperlos).

Esto explica el que en los animales homeotermos (temperatura del cuerpo constante) predominen los compuestos que derivan de ácidos grasos saturados, mientras que en los poiquilotermos (temperatura variable) abundan los insaturados.

El consumo de ácidos grasos saturados (mantecas) presentes sobre todo en los alimentos de origen animal: embutidos, queso, leche entera, hígado, etc. en exceso, puede producir enfermedades cardiovasculares, pues incrementa los niveles de triacilglicéridos y colesterol.

El consumo de alimentos ricos en ácidos grasos poliinsaturados, como son los aceites de semilla y en los pescados azules, ayudan a prevenir dichas enfermedades al rebajar los niveles de colesterol.

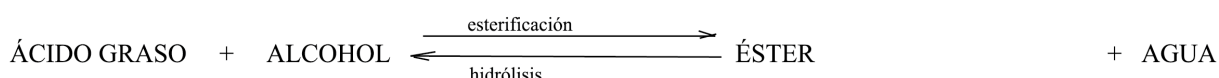
Propiedades químicas de los ácidos grasos

Se comportan como ácidos moderadamente fuertes, lo que les permite realizar dos tipos de reacciones:

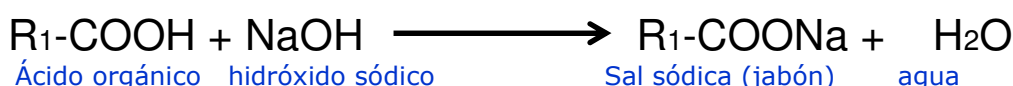
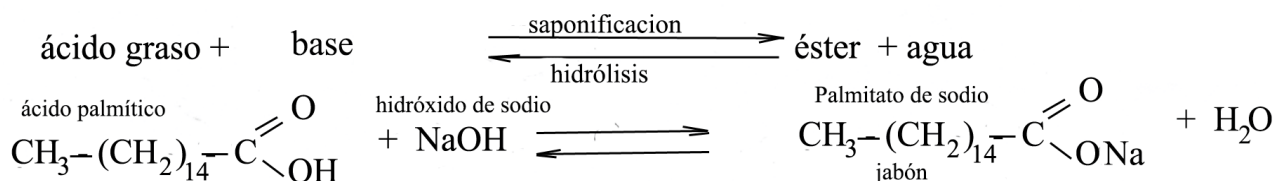
- Esterificación
- Saponificación.

La esterificación consiste en que un ácido graso se une mediante un enlace covalente a un alcohol para formar un éster y se libera una molécula de agua.

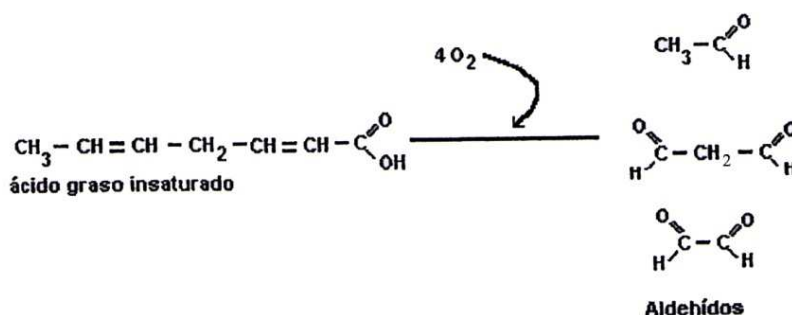
Mediante una hidrólisis (hirviendo con ácidos y álcalis), los ésteres se rompen liberando el alcohol y el ácido graso.



La **saponificación** consiste en la reacción de un ácido graso con un álcali o base, para dar lugar a una sal del ácido graso llamada jabón.



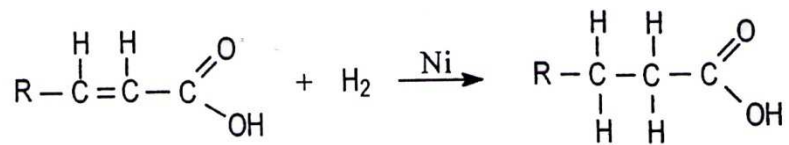
Otra reacción típica de los ácidos grasos es la **autooxidación o enranciamiento** de los ácidos grasos insaturados.



Se debe a la reacción de los dobles enlaces con el oxígeno, de forma que los dobles enlaces se rompen y la molécula de ácido graso se escinde dando lugar a aldehídos

Hidrogenación: Constituye un método general para la conversión de un doble enlace C = C, en un enlace C-C simple. Debido a que esta reacción generalmente es cuantitativa, y además el volumen de hidrógeno consumido puede ser fácilmente medido, es usada frecuentemente como una

herramienta analítica que puede informarnos además acerca del número de dobles enlaces presentes en la grasa.



Los ácidos grasos esenciales son aquellos ácidos grasos que el organismo no puede sintetizar, por lo que deben obtenerse por medio de la dieta. Se trata de ácidos grasos poliinsaturados con todos los dobles enlaces en posición cis. Son ejemplos

- ácido linolénico (grupo omega-3)
- ácidos linoleico y araquidónico (grupo omega-6)

Derivados del ácido araquidónico Eicosanoides

Los eicosanoides son derivados de ácidos grasos con una diversidad de acciones de tipo hormonal. A diferencia de las hormonas no son transportados entre tejidos por la sangre, sino que actúan sobre el tejido en el que se producen.

Hay 3 clases de eicosanoides:

- **Prostaglandinas,**
- **Tromboxanos**
- **Leucotrienos.**

Prostaglandinas: Se sabe actualmente que las prostaglandinas actúan en muchos tejidos regulando la síntesis de la molécula mensajera intracelular AMPc. Debido a que el AMPc media en la acción de muchas hormonas (2° mensajero), las prostaglandinas afectan a muchas funciones celulares y tisulares.

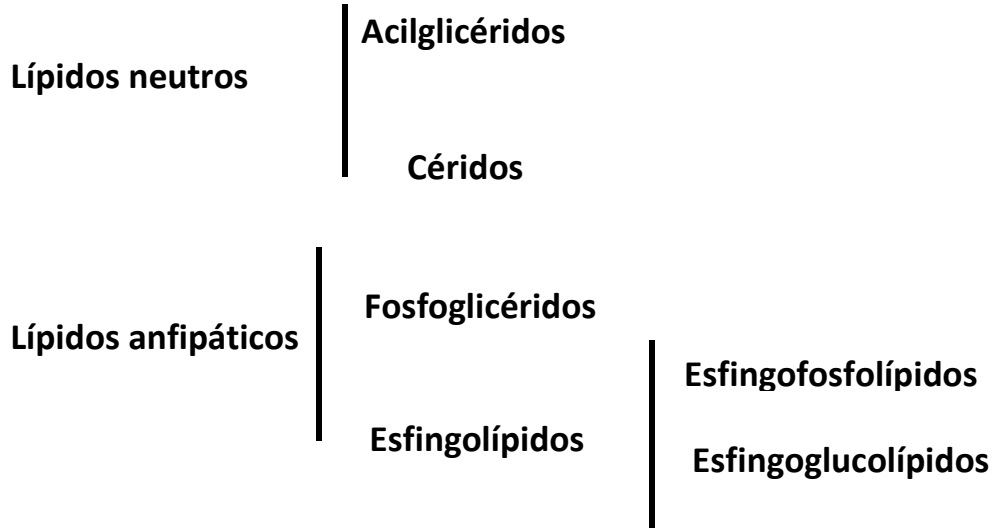
Algunas prostaglandinas estimulan la contracción del músculo liso del útero durante el parto o en la menstruación; otras afectan el flujo sanguíneo a órganos específicos, al ciclo sueño-vigilia, y a la capacidad de respuesta de ciertos tejidos a hormonas tales como la adrenalina y el glucagón.; otro tipo de elevan la temperatura corporal (fiebre), produciendo inflamación y dolor

Los tromboxanos se aislaron por primera vez de las plaquetas de la sangre (también llamados trombocitos). Actúan en la formación de coágulos sanguíneos y en la reducción del flujo sanguíneo hacia el sitio del coagulo.

La síntesis de las prostaglandinas y leucotrienos se ve afectada por la aspirina, ibuprofeno, etc.

Los leucotrienos, encontrados por primera vez en los leucocitos, inducen la contracción del músculo que recubre las vías aéreas del pulmón. Su sobreproducción produce ataques asmáticos.; la fuerte contracción de los músculos lisos del pulmón que tienen lugar en el shock anafiláctico, es parte de la reacción alérgica, potencialmente fatal, en individuos hipersensibles a las picaduras de abeja, penicilina, y otros agentes.

LIPIDOS SAPONIFICABLES



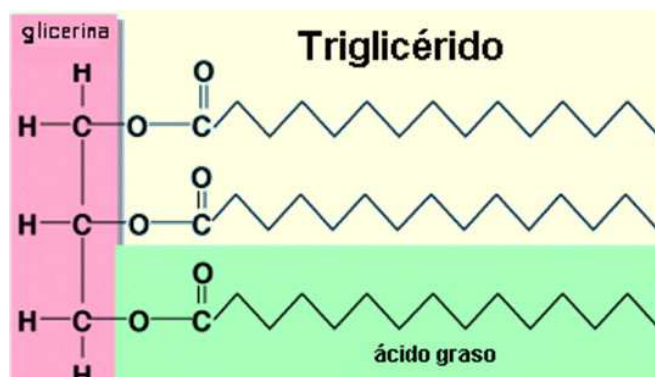
Acilglicéridos

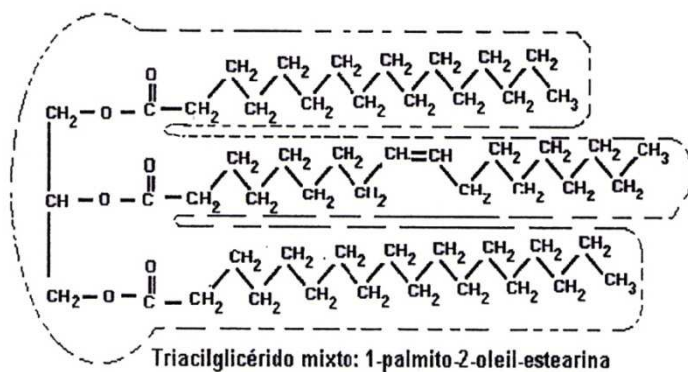
Resultan de la esterificación de una molécula de glicerol, con una, dos a tres moléculas de ácido graso, para dar lugar respectivamente a los monoacilglicéridos, diacilglicéridos y triacilglicéridos, llamados también triglicéridos o grasas neutras.

Los triacilglicéridos constituyen la mayor parte de las grasas neutras naturales, la **principal forma de almacenamiento de energía de las células animales**

Cuando los tres ácidos grasos que lo componen son iguales se llama triacilglicérido sencillo. (Tripalmitilglicérido, triestearilglicérido, trioleilglicérido).

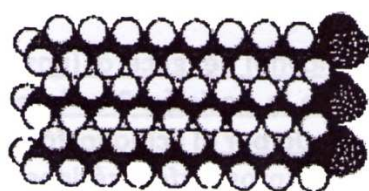
Cuando contienen dos o más ácidos grasos diferentes reciben el nombre de triacilglicéridos mixtos: 1- palmitoildestearilglicérido, 2-estearildipalmitoilglicérido, etc.



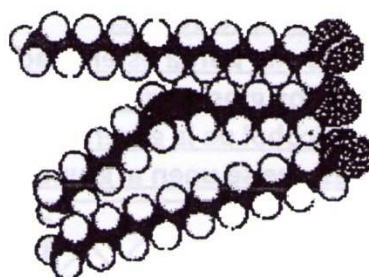


triacilglicérido

1-estearil-2-oleilestearina



triestearina



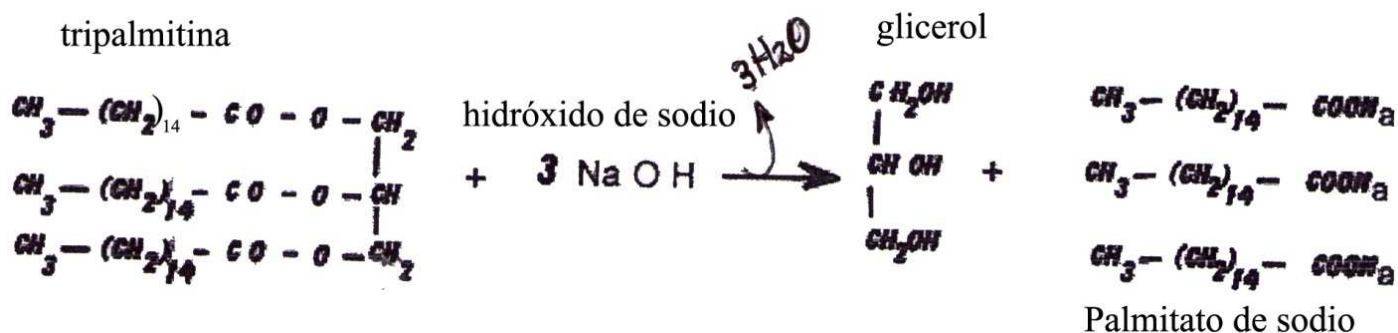
la presencia de dobles enlaces perturba el empaquetamiento de los ácidos grasos

Propiedades de los acilglicéridos

- Los animales utilizan los acilglicéridos como elementos de reserva metabólica, sobre todo al no requerir agua para su almacenamiento, y **además por que liberan mayor cantidad de energía que la misma cantidad de glúcido**. Un gramo de grasa produce 9'4 kilocalorías en las reacciones metabólicas de oxidación, mientras que proteínas y glúcidos sólo producen 4'1 kilocaloría/gr. Si utilizásemos solamente glúcidos como sustancias de reserva, nuestro peso aumentaría considerablemente, lo que dificultaría la movilidad. Los vegetales no tienen este problema pues almacenan la energía en su mayor parte como almidón. En los animales hay unas células especializadas en la acumulación de grasas llamadas adipocitos.
- Los triacilglicéridos al carecer de polaridad se llaman grasas neutras. Los diacilglicéridos y monoacilglicéridos tienen una cierta polaridad debido a sus grupos hidroxilo libre.
- Si los ácidos grasos que componen un acilglicérido son insaturados, el acilglicérido adopta forma líquida y se llama aceite. Si los ácidos grasos son saturados, el acilglicérido es sólido y se llama sebo. Son grasas sólidas la grasa de buey, carnero y cabra que tienen un alto contenido en ácidos grasos saturados y de cadena larga.
- Por hidrogenación los ácidos grasos insaturados de los aceites pierden sus dobles enlaces y pasan a estado semisólido (manteca), como la grasa de cerdo. Los cerdos alimentados con bellotas ingieren mayor cantidad de grasas insaturadas y general grasas más fluidas que son muy apreciadas por los consumidores.
- Los triacilglicéridos son insolubles en el agua, en donde forman una película. Al agitar originan una emulsión (desintegración de la grasa en pequeñas gotitas inestables), al cesar la agitación se vuelve a la situación original. Pero se hace estable en presencia de jabón o bilis

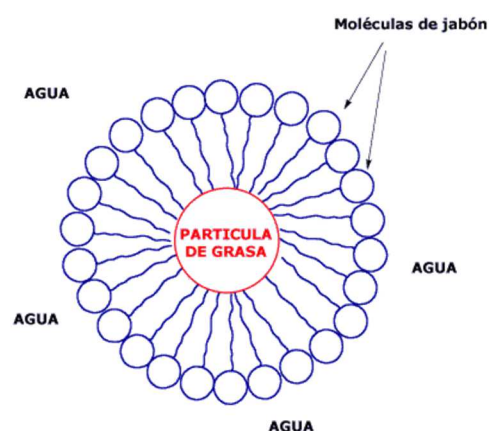
Hidrólisis química (Saponificación)

Se lleva a cabo en la industria, mediante tratamiento con álcalis (NaOH ó KOH), sobre las grasas. Se obtienen las sales sódicas o potásicas de los ácidos grasos que se conocen como jabones



Aparte de la hidrólisis química citada anteriormente, los glicéridos pueden sufrir hidrólisis enzimática mediante los enzimas llamados **lipasas**, presentes en los seres vivos. (Recuerden la digestión a nivel del intestino)

La acción detergente de los jabones se debe a su tendencia a formar micelas. En la superficie, en contacto con el agua, quedan los extremos iónicos de la sal, grupos carboxilo ionizados, mientras las cadenas hidrofóbicas apolares se orientan hacia el centro, atrapando partículas insolubles, como restos de suciedad o gotas de grasa.



Función de los acilglicéridos

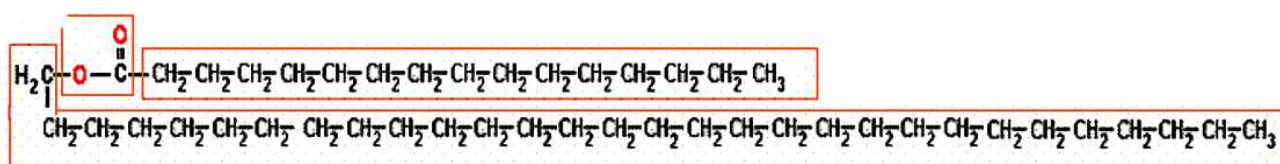
- Son depósitos de energía química (metabólica), muy concentrada
- Proporcionan aislamiento térmico y físico, en algunos animales de sangre caliente, las grasas depositadas debajo de la piel sirven como aislamiento para las bajas temperaturas. Las grasas depositadas junto a órganos delicados como el corazón, los riñones, etc., pueden servir de protección frente a traumatismos.

Ceras

Se encuentran como recubrimiento protector de pelos, plumas, cutícula de insectos.

Hojas y frutos de plantas a las que les da el aspecto brillante y al ser las ceras hidrofóbicas, carácter impermeabilizante.

Una de las ceras más conocidas es la que segrega la abeja y que se utiliza para la construcción del panal. Son ejemplos también: la lanoína o grasa de la lana de oveja, el aceite de espermaceti producido por el cachalote, la cera de carnauba e traída de una palmera brasileña, cerumen de los oídos, etc.

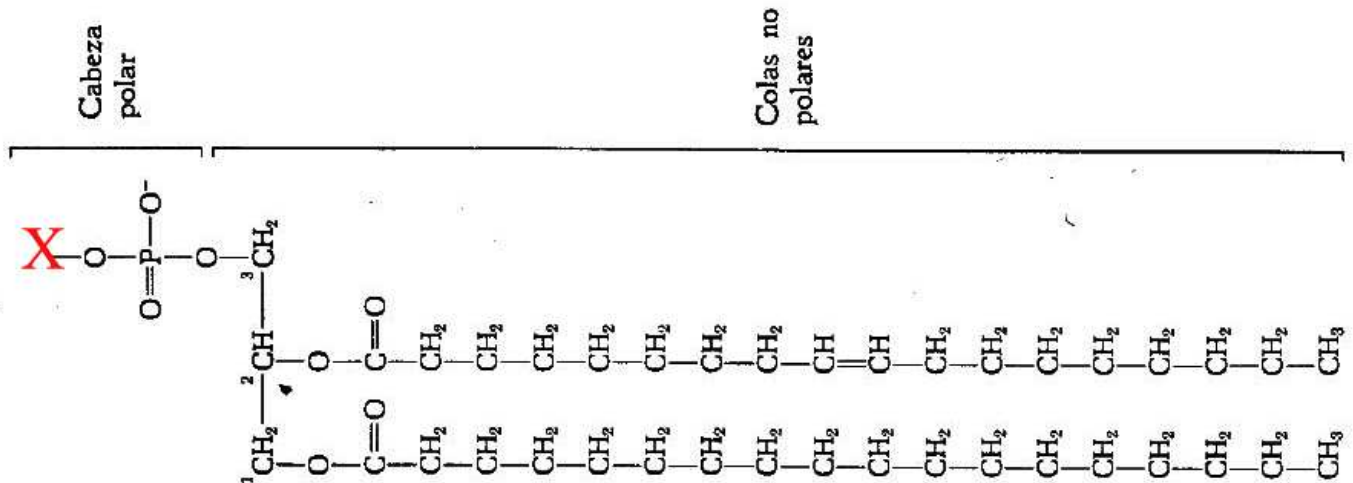


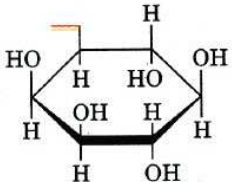
Palmitato de miricilo (cera de abeja)

Fosfoglicéridos o glicerofosfolípidos

Todos ellos derivan del ácido fosfatídico

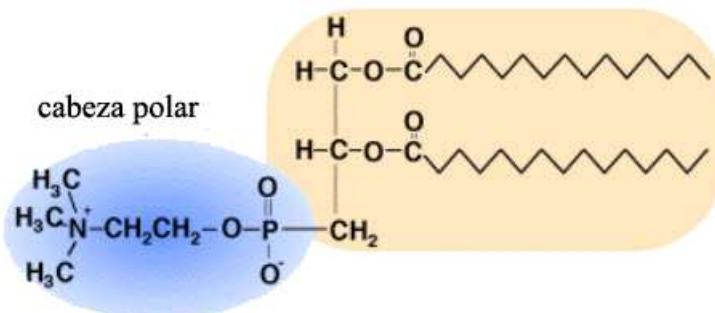
El ácido fosfatídico se forma por la esterificación de dos grupos alcohol del glicerol (posición 1 y 2) con dos moléculas de ácidos grasos (generalmente el ácido graso de la posición 2 es insaturado mientras que el tercer grupo alcohol de la glicerina se encuentra esterificado por el ácido fosfórico. Según los sustituyentes que se unen al grupo fosfato tendremos distintos fosfoglicéridos



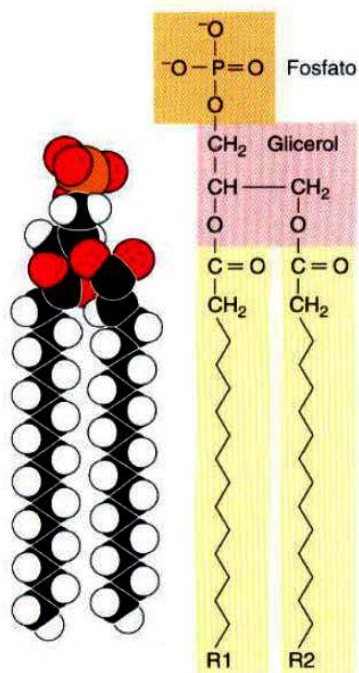
Nombre de X-OH	Fórmula de -X	Nombre del fosfolípido
Agua	— H	Ácido fosfatídico
Etanolamina	— CH ₂ CH ₂ NH ₃ ⁺	Fosfatidiletanolamina
Colina	— CH ₂ CH ₂ N(CH ₃) ₃ ⁺	Fosfatidilcolina (lecitina)
Serina	— CH ₂ CH(NH ₃ ⁺)COO ⁻	Fosfatidilserina
<i>mio</i> -Inositol		Fosfatidilinositol
Glicerol	— CH ₂ CH(OH)CH ₂ OH	Fosfatidilglicerol

fosfatidilcolina

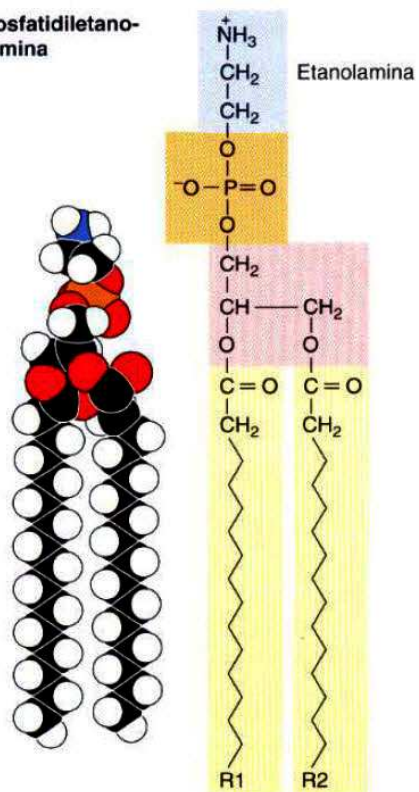
cola no polar



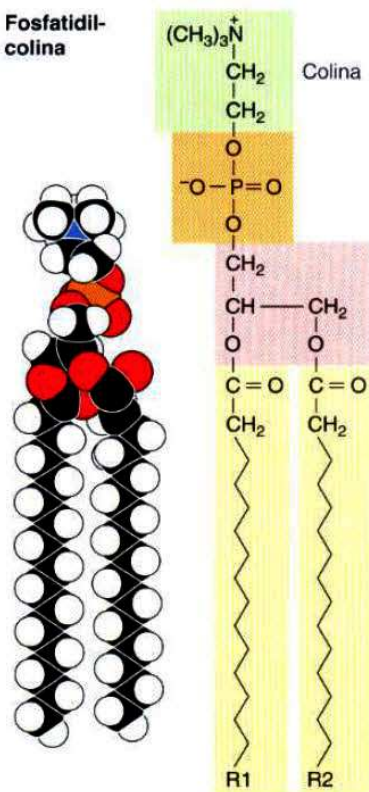
Ácido fosfatídico



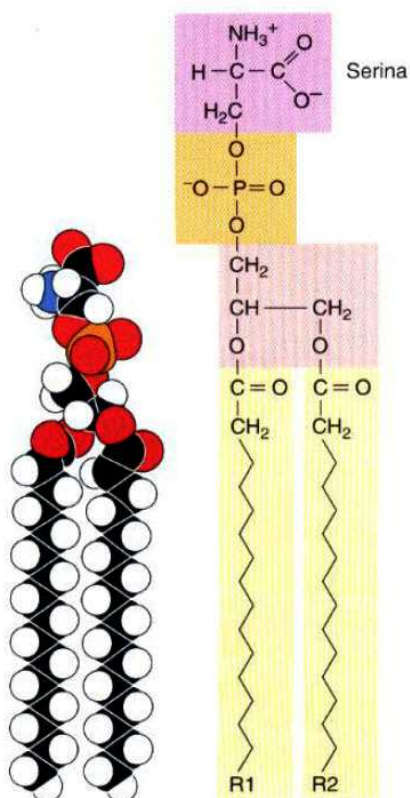
Fosfatidiletanolamina



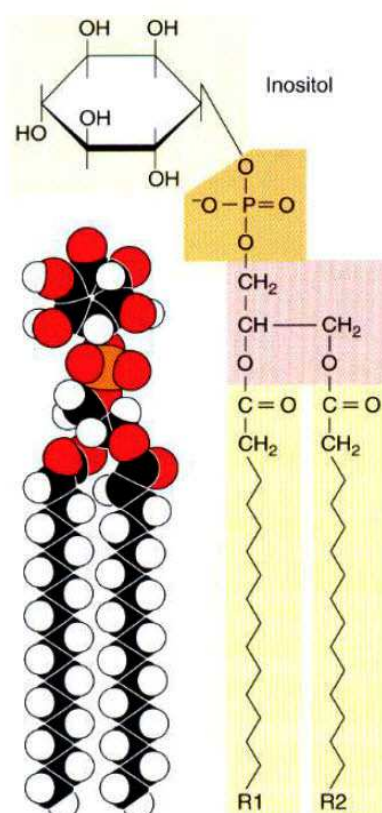
Fosfatidilcolina



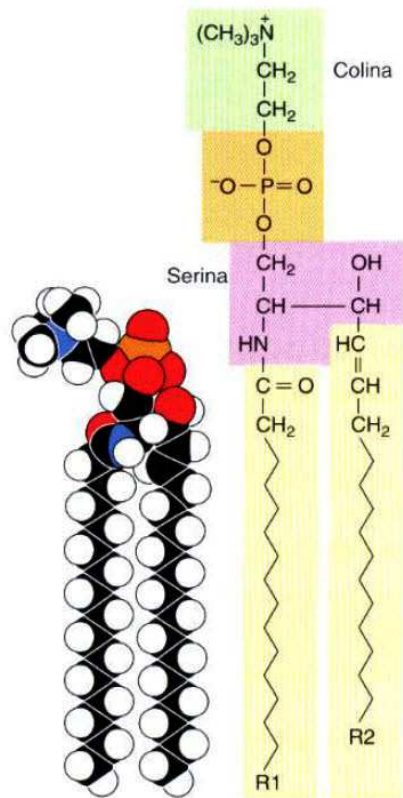
Fosfatidilserina



Fosfatidilinositol

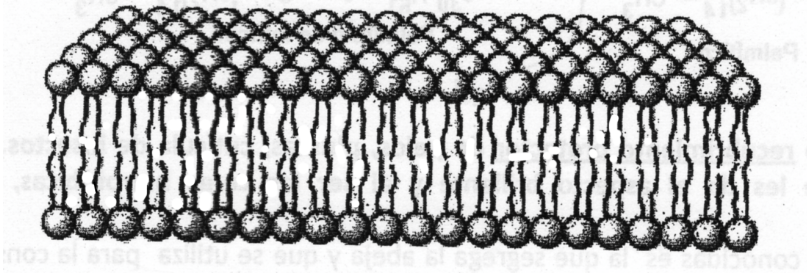


Esfingomielina



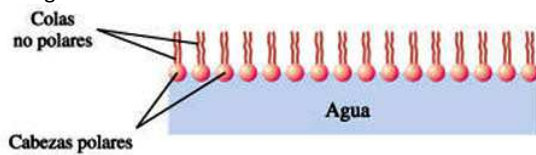
Propiedades de los fosfoglicéridos

- Son componentes de las membranas celulares, donde forman bicapas, de forma que las cabezas polares quedan mirando al exterior y al medio intracelular (ambos acuosos), mientras que las colas hidrocarbonadas apolares quedan enfrentadas entre sí en el interior de la membrana

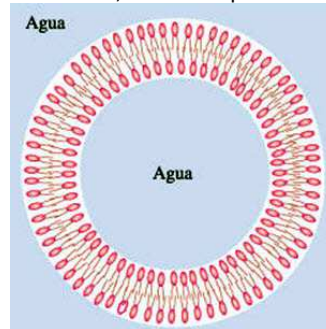


- Son compuestos claramente **anfipáticos**. Tienen una cabeza polar que corresponde a molécula que se une al ácido fosfórico, y colas hidrocarbonadas apolares o lipófilas.

Dado que los fosfolípidos tienen cabezas solubles en agua y colas insolubles en ella, tienden a formar una película delgada en una superficie acuosa, con sus colas extendidas por encima del agua.



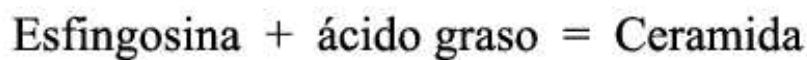
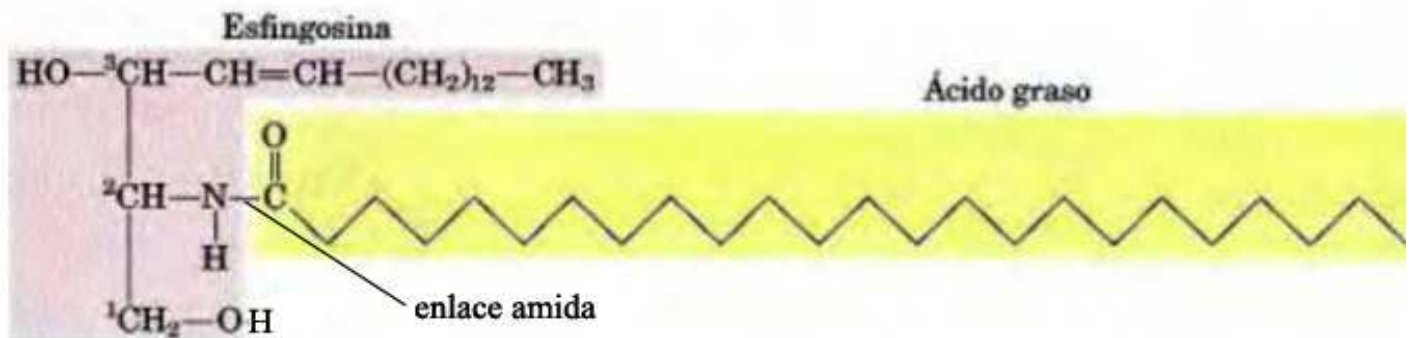
Rodeados de agua, se distribuyen espontáneamente en dos capas, con sus cabezas hidrofílicas extendidas hacia afuera y sus colas hidrofóbicas hacia adentro. Al formar una bicapa, los componentes hidrofóbicos de los fosfolípidos quedan "protegidos" del agua, excepto en los bordes, en donde quedan expuestos. Esta ordenación da una cierta inestabilidad a esa membrana, haciendo que ésta se pliegue sobre sí misma y forme vesículas.



- Los Fosfoglicéridos son hidrolizados mediante fosfolipasas específicas: La clase A (**halladas en algunos venenos de serpiente**) hidroliza específicamente el ácido graso de carbono 2. La clase B es específica para la separación del otro ácido graso, la fosforilasa C hidroliza el enlace éster entre el ácido fosfórico y la glicerina y finalmente la fosforilasa D separa el grupo R y libera el ácido fosfatídico.

Esfingolípidos

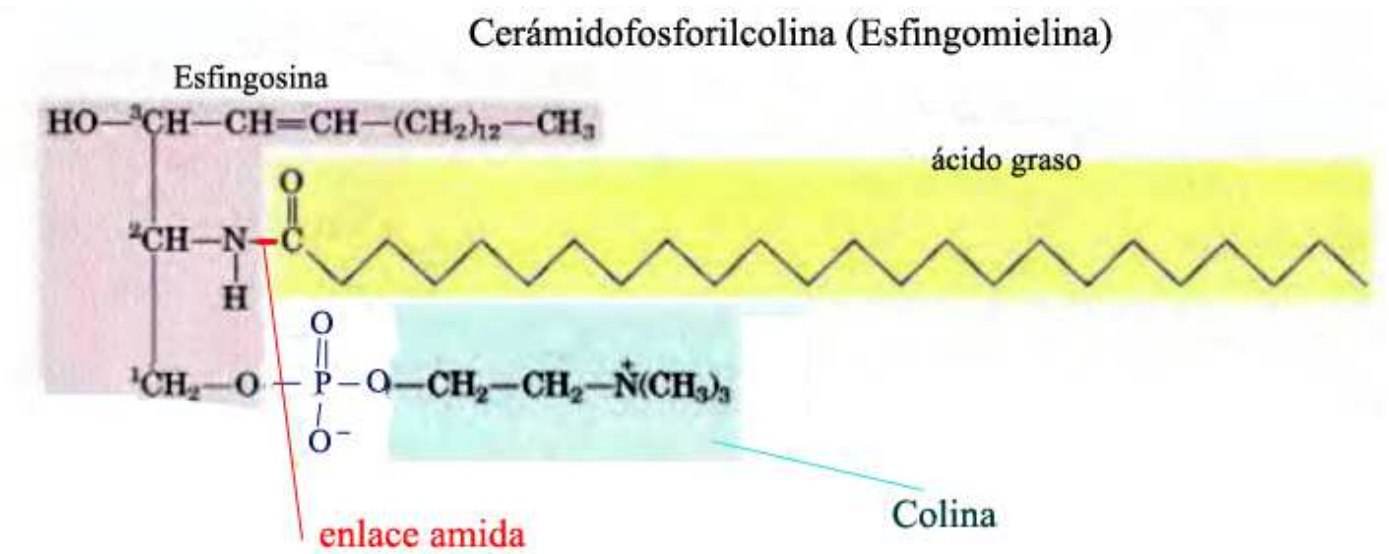
Uno de sus componentes es la esfingosina o esfingogenina que se une a un ácido graso mediante un enlace amida, dando lugar a una cerámida



Según el tipo radical que se une a la ceramida tendríamos:

- ✚ **ESFINGOFOSFOLÍPIDOS**
- ✚ **ESFINGOGLUCOLÍPIDOS**

Esfingofosfolípidos



Las esfingomielinas son muy abundantes en el tejido nervioso como componente de las vainas de mielina que recubren los axones de muchas neuronas

Esfingoglucolípidos

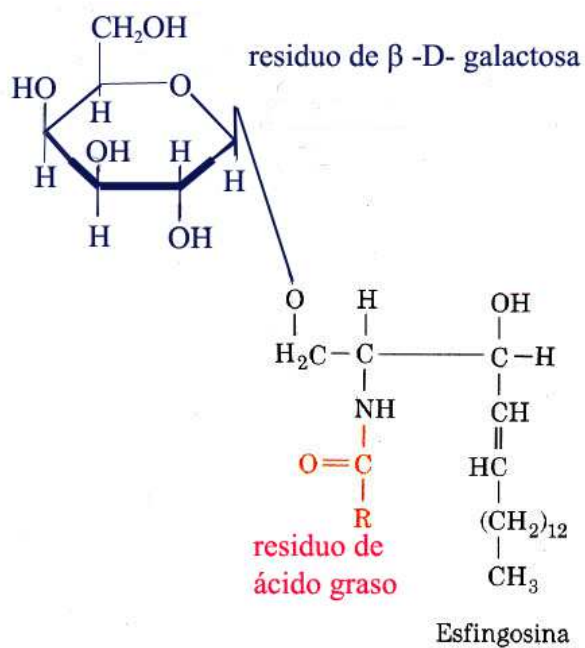
Ceramida + monosacárido u oligosacárido

Dos grupos:

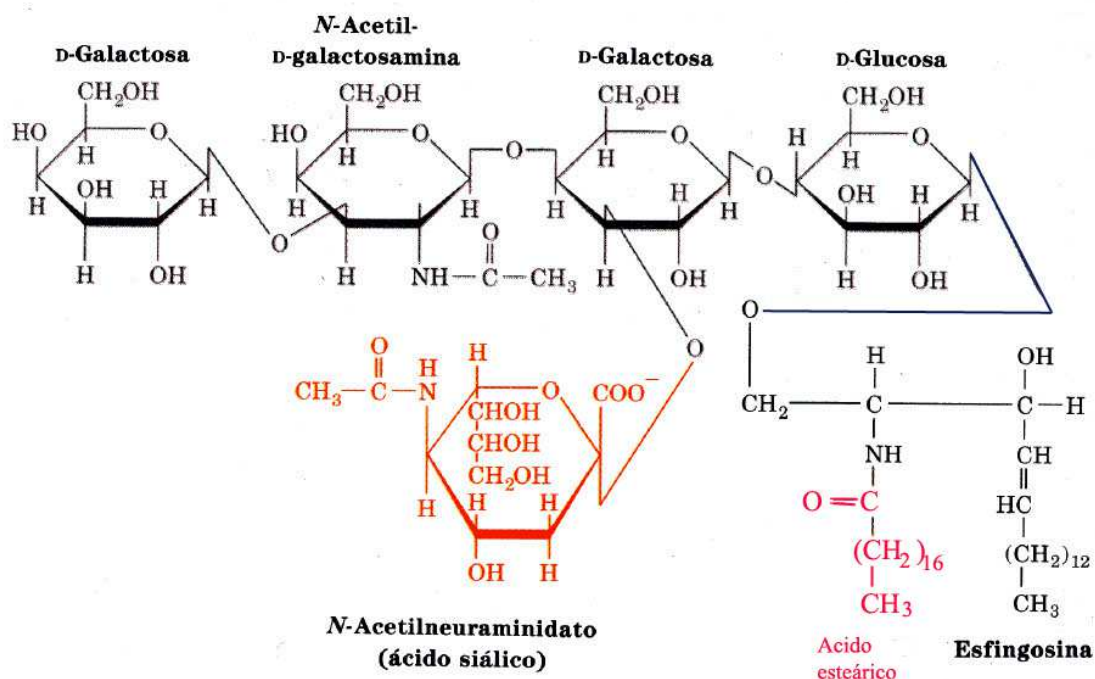
Cerebrósidos- unida a la cerámida llevan un monosacárido (glucosa o galactosa)

Gangliósidos: unida a la ceramida llevan un oligosacárido

CEREBROSIDO



GANGLIOSIDO



Recuerden que estos compuestos componen el glucocáliz

Lípidos insaponificables o no relacionados con ácidos grasos

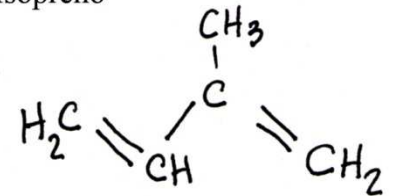
Dos grupos

Terpenoides o isoprenoides Esteroides

Terpenoides o isoprenoides

Se forman por la unión de moléculas de Isopreno. Las estructuras que originan pueden ser lineales o cíclicas. En este tipo de moléculas aparecen dobles enlaces conjugados que a algunas moléculas les permite la recepción de estímulos lumínicos o químicos

Isopreno

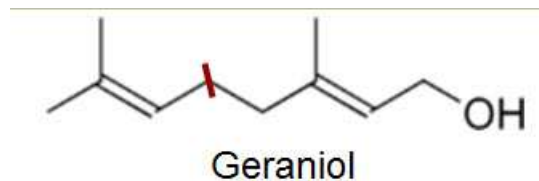
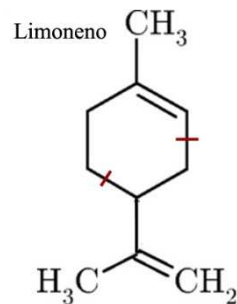


Según el número de monómeros de Isopreno que forman la molécula tendríamos

Monoterpenos: formados por dos moléculas de isopreno

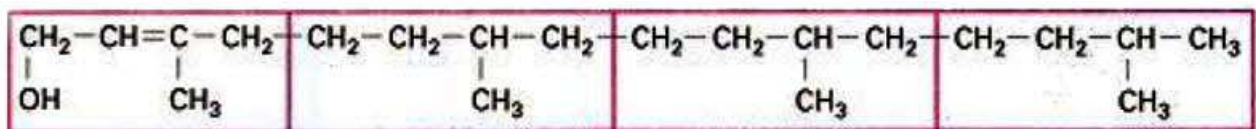
Parece que cumplen una misión reguladora de la temperatura pues recubren las hojas, son muy volátiles y al evaporarse provocan una disminución de la temperatura alrededor de la planta (confieren a las plantas olor y sabor)

Limoneno, mentol y geraniol

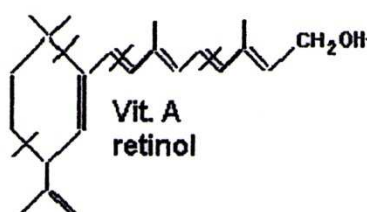


Diterpenos: Cuatro monómeros de isopreno

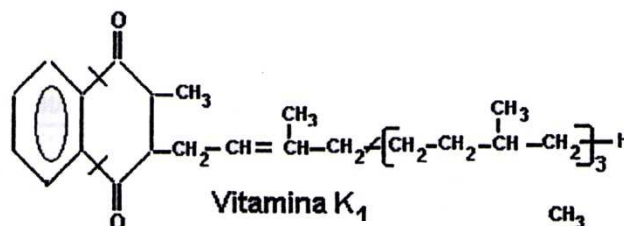
Fitol, Vitaminas A (Retinol), D (colecalfiferol), E (α-tocoferol), K (filoquinona)



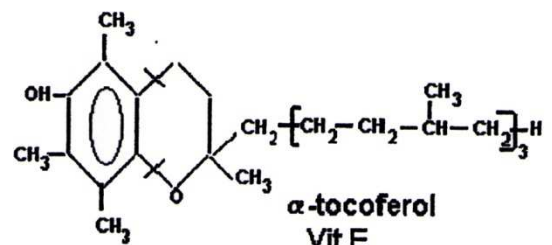
Fitol



Vit. A
retinol



Vitamina K₁
Filoquinona



α-tocoferol
Vit E

Politerpenos: En las plantas existen muchas sustancias derivadas de los terpenos entre las que se encuentran:

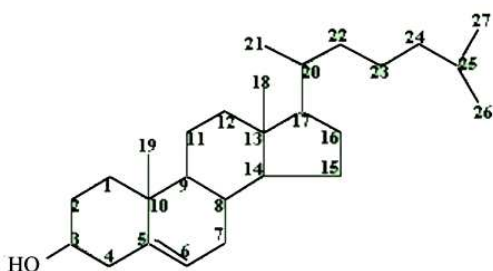
Las resinas y el látex. Las resinas son mezclas complejas de sustancias insolubles en el agua. Son ejemplos las resinas de las Coníferas y el bálsamo de Canadá que se utiliza para montar preparaciones para su observación al microscopio. El látex es una mezcla en la que hay sustancias solubles en el agua, por lo que cuando se practican incisiones en una planta que lo posee, fluyen al exterior en donde se polimerizan (caucho).

Nombre	nº de isoprenos	Función	Ejemplo
Monoterpenos	2	Aromas y esencias	geraniol, mentol
Sesquiterpenos	3	Intermediarios en la síntesis de colesterol	farnesol
Diterpenos	4	Pigmentos y vitaminas liposolubles	Fito1, vit. A , D, E , K
Triterpenos	6	intermediario en la síntesis de colesterol	escualeno
tetraterpenos	6	pigmentos vegetales	carotenos, xantofilas
politerpenos	n	aislantes	látex, caucho

Esteroides

Son compuestos policíclicos caracterizados por una estructura de cuatro anillos (A, B, C, D) que constituyen el compuesto llamado ciclopentanoperhidrofenantreno o esterano.

Según los grupos funcionales y el número y posición de los dobles enlaces que se unan al ciclo se forman los distintos esteroides.



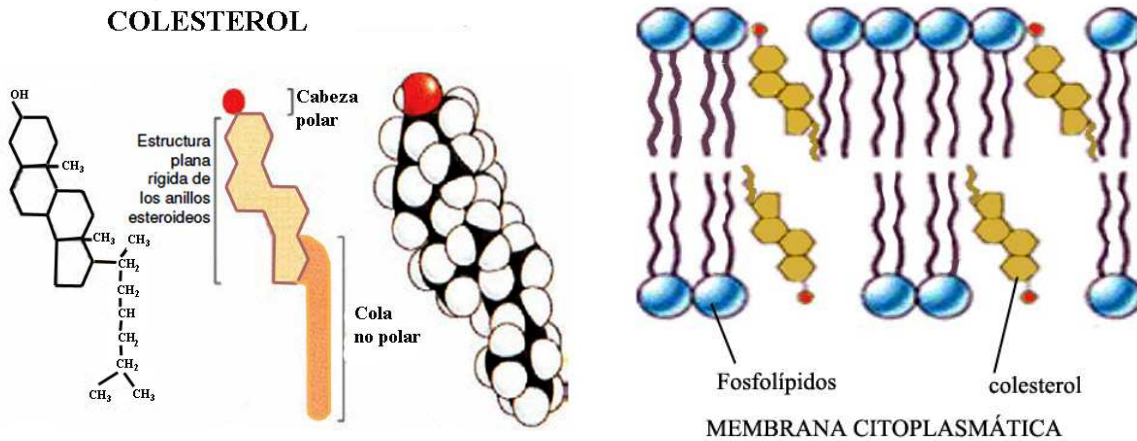
Consideramos tres grupos:

- **Esteroles**
- **Ácidos y sales biliares**
- **Hormonas esteroideas**

Esteroles

Se caracterizan por poseer un **grupo hidroxilo en el carbono 3.**

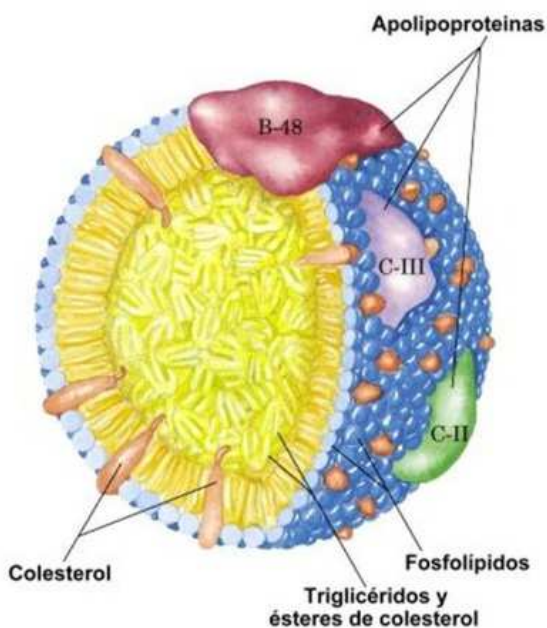
Colesterol.



Se encuentra como componente de las membranas citoplasmáticas de las células animales, a las que **confiere fluidez**. Contiene un grupo OH polar que le da carácter anfipático y un núcleo de anillos fusionados que le confiere mayor rigidez que otros lípidos de membrana.

Es la molécula base para metabólicamente dar lugar a la síntesis de la mayoría de los esteroides: Vit D, ácidos y sales biliares, hormonas esteroideas

El colesterol es una molécula hidrofóbica que circula permanentemente en el cuerpo humano entre el hígado, donde se secreta y almacena, y los demás tejidos del organismo; sin embargo, como no se disuelve en soluciones acuosas (como el suero), para ser transportado necesita integrarse a otras sustancias solubles, las lipoproteínas



Las lipoproteínas son partículas esféricas que están constituidas por dos porciones: un núcleo interno (que contiene ésteres de colesterol y triacilglicéridos) y una capa externa formada por fosfolípidos, colesterol libre y apoproteínas

Las lipoproteínas se clasifican en diferentes grupos según su densidad, a mayor densidad menor contenido en lípidos:

- **Quilomicrones**
- **Lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL)**
- **Lipoproteínas de densidad intermedia (IDL)**
- **Lipoproteínas de baja densidad (LDL)**
- **Lipoproteínas de alta densidad (HDL)**

Colesterol exógeno

Cuando una persona come un alimento que contiene colesterol las células de su intestino absorben y lo empaquetan, junto con otras grasas del alimento (los triacilglicéridos), en pequeñas gotitas que se

llaman **quilomicrones**. Estos son las lipoproteínas menos densas, las que más flotan porque contienen más grasas, pero también las de mayor tamaño.

Los quilomicrones pasan a los canales linfáticos del intestino y después a la circulación sanguínea. Mientras circulan van descargando sus triacilglicéridos en los músculos (a los que aportan energía) o en los tejidos adiposos (donde se almacenan como reserva). Los quilomicrones, después de descargar sus triacilglicéridos llegan al hígado. Parte del colesterol que la célula no utiliza es excretado en forma de ácidos biliares o de colesterol libre, el cual puede ser reabsorbido por el intestino, reiniciándose así el ciclo. En cada vuelta de este ciclo el organismo pierde algo de colesterol por las heces. Así, el colesterol de origen alimentario que entra al organismo sigue un circuito entre el hígado y el intestino.

Colesterol endógeno

Las células del hígado producen y secretan a la sangre lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL). Estas transportan, además de colesterol, gran cantidad de triacilglicéridos producidos por el organismo, principalmente en el hígado. Las VLDL son transportadas en la sangre hacia los tejidos muscular y adiposo donde, al igual que los quilomicrones, descargan parte de sus triacilglicéridos.

Las lipoproteínas de muy baja densidad se van transformando sucesivamente en lipoproteínas de densidad intermedia (IDL), baja (LDL) o alta (HDL) a medida que descargan lípidos y proteínas en su trayecto; al ir perdiendo lípidos la densidad de las lipoproteínas va aumentando.

Las lipoproteínas de baja densidad (LDL) ya sólo contienen ésteres de colesterol y un solo tipo de apoproteína. Ellas se encargan de transportar la mayor parte del colesterol en la sangre, casi las tres cuartas partes. Las LDL permanecen en la circulación durante varios días; su función es llevar colesterol a los tejidos periféricos. Pueden ser captadas por las células del hígado o por cualquier otra célula del organismo gracias a los receptores específicos que se encuentran en la membrana celular. El 60-80% de los receptores de LDL se encuentra en el hígado. La cantidad de receptores en una célula depende de la cantidad de colesterol intracelular, cuanto más colesterol hay en el interior de la célula, menos receptores hay en su superficie. El número de receptores es regulado genéticamente por la misma célula. **Las LDL son las más nocivas de las lipoproteínas.** Estudios epidemiológicos han demostrado que el riesgo de infarto de miocardio se relaciona íntima y directamente con los niveles de LDL en la sangre. **Por eso, al colesterol transportado por las LDL se le conoce popularmente como *colesterol malo*.**

Las lipoproteínas del tipo HDL (de alta densidad) se encargan de transportar el colesterol desde los tejidos periféricos hacia el hígado; concentran el colesterol libre circulante (producto de la rotura de las células y lo transportan hacia el hígado para su excreción); esto sería el transporte en sentido contrario del colesterol.

Las HDL se producen en el hígado y en el intestino. Se ha demostrado que niveles altos de HDL se relacionan con la disminución de la incidencia de infarto cardiaco. Las HDL que produce el hígado son reconocidas como factor protector contra la aterosclerosis, por eso al colesterol transportado por las HDL se le reconoce popularmente como *colesterol bueno*

Los calciferoles (vitaminas D) son esteroides implicados en la absorción de calcio fósforo por parte del intestino de los animales superiores. Su deficiencia provoca el raquitismo, una enfermedad en la cual el calcio ingerido en la dieta no es absorbido por el intestino, lo que provoca que los huesos liberen calcio al plasma sanguíneo, alterando el proceso normal de osificación

Ácidos y sales biliares

El ácido biliar más importante es el ácido cólico, también se conocen el ác. desoxicólico y el litocólico. Las sales biliares son las sales correspondientes a los ácidos biliares. Los ácidos biliares al combinarse con los aminoácidos glicina y taurina, forman los ácidos glicocólicos y taurocólicos, sus

correspondientes sales (sódicas, potásicas, etc.) son las sales biliares encargadas de la emulsión de las grasas en el proceso de digestión, para facilitar la posterior absorción en el intestino

Hormonas esteroideas

- Progestágenos o progestinas.- (Elaboradas por el cuerpo lúteo)

Progesterona: Es una hormona femenina que actúa en el ciclo menstrual y adquiere gran importancia durante el embarazo.

- Las hormonas adrenocorticales:

Mineralcorticoides (Elaboradas por la corteza suprarrenal)

Aldosterona: incrementa la resorción de iones sodio, cloruro e hidrogenocarbonato en los riñones.

- Glucocorticoides (Elaboradas por la corteza suprarrenal)

Cortisol: estimula la síntesis de glucosa y glucógeno movilizándolo las grasas y proteínas para la obtención de energía.

- Las hormonas sexuales:

Andrógenas (Elaboradas por los testículos)

Testosterona: responsable de la aparición de los caracteres sexuales masculinos

Estrógenos (Elaboradas por los ovarios)

Estradiol necesaria para el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios en la mujer.