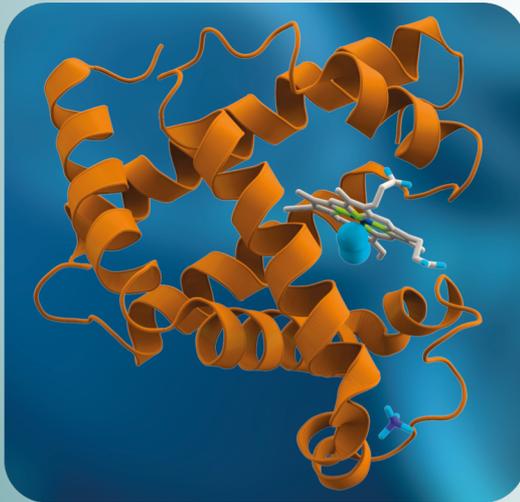


Bioquímica Estructural y Metabólica

TEMA 3: LÍPIDOS. MEMBRANAS BIOLÓGICAS Y TRANSPORTE



Magdalena María Foltman

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA MOLECULAR

Este material se publica bajo la siguiente licencia:

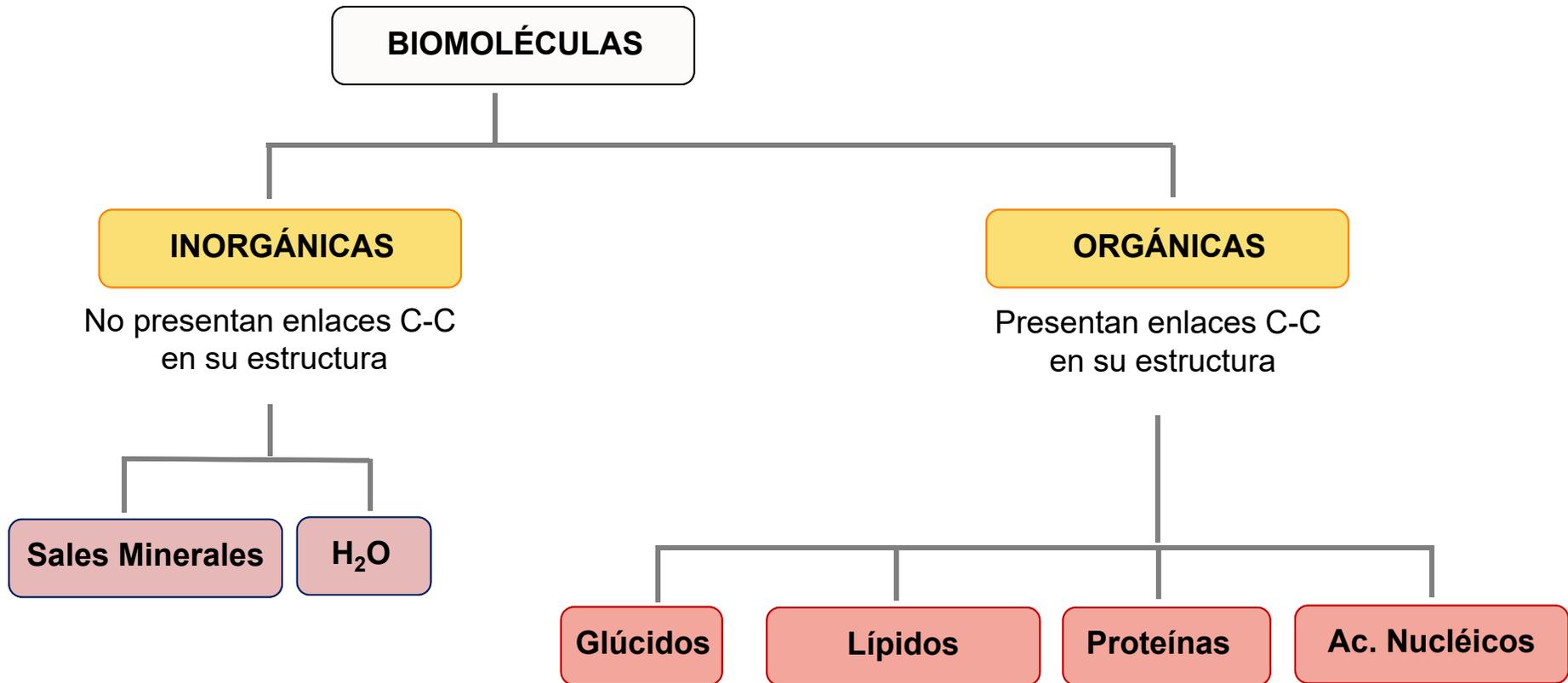
[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



TEMA 3. Lípidos. Membranas biológicas y transporte.

Funciones biológicas. Lípidos de almacenamiento: ácidos grasos, triacilgliceroles. Lípidos de membranas: fosfolípidos, esfingolípidos, colesterol. Lípidos con actividades biológicas específicas: eicosanoides, esteroides, vitaminas liposolubles. Constituyentes de las membranas biológicas. La bicapa lipídica. Proteínas y glúcidos de membrana. Transporte de soluto a través de las membranas.

BIOMOLÉCULAS



LÍPIDOS. CONCEPTO

LÍPIDOS = GRASAS

Los lípidos son un **grupo muy heterogéneo de biomoléculas** desde el punto de vista químico y estructural.

Estas moléculas, de naturaleza química diversa, **se agrupan en función de una de sus propiedades físicas, su comportamiento frente al agua (solubilidad):**

Su solubilidad en solventes orgánicos **no polares** y su insolubilidad en H₂O.

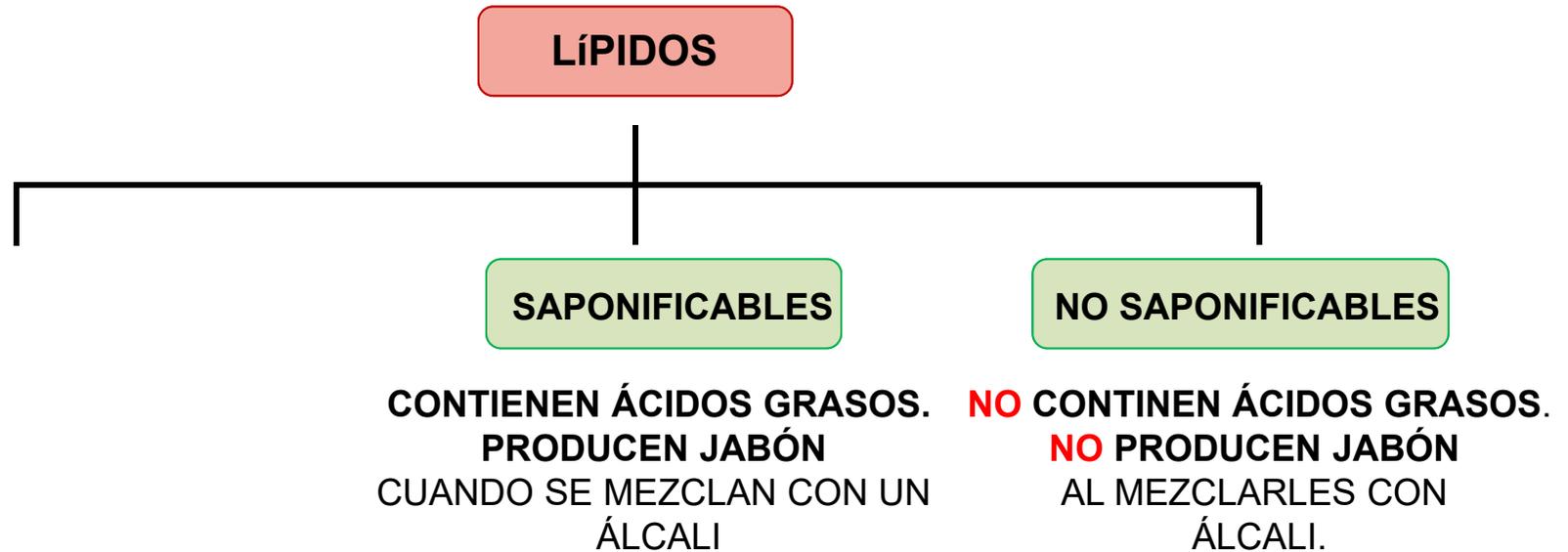
Son moléculas hidrófobas y lipófilas, al menos en parte (lípidos anfipáticos).

Aunque tienen un peso molecular relativamente **bajo se suelen incluir en el grupo de las macromoléculas.**

IMPORTANCIA DE LOS LÍPIDOS. FUNCIONES BIOLÓGICAS

- **IMPORTANTES ELEMENTOS ESTRUCTURALES.** Componentes esenciales de las membranas biológicas (fosfolípidos-bicapa lipídica, esfingolípidos y colesterol). Función ligada directamente al carácter anfipático de muchos lípidos.
- **ALMACENES DE ENERGÍA (GRASAS Y ACEITES).** Son Biomoléculas muy energéticas. De sus enlaces se puede obtener mucha energía. **1g Glúcido = 4 kcal, 1g Grasa= 9Kcal.** Importante ahorro de espacio de almacenamiento de energía en comparación con los glúcidos .
- **SOPORTE ESTRUCTURAL** que ayuda a evitar posibles lesiones en los órganos vitales como el corazón, el hígado o los riñones (grasa visceral).
- **AISLANTES TÉRMICOS E IMPERMEABILIZANTES.** Panículo adiposo (grasa subcutánea). Muy importante en los mamíferos marinos.
- **OTRAS FUNCIONES REGULADORAS.** Hormonas, Vitaminas, Sales biliares, Mensajeros intracelulares, etc.

LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN



LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN

LÍPIDOS

ÁCIDOS GRASOS

LÍPIDOS
MÁS SIMPLES
(NO SON COMUNES
EN ESTADO LIBRE).
Unidades monoméricas
constituyentes
de los lípidos saponificables.

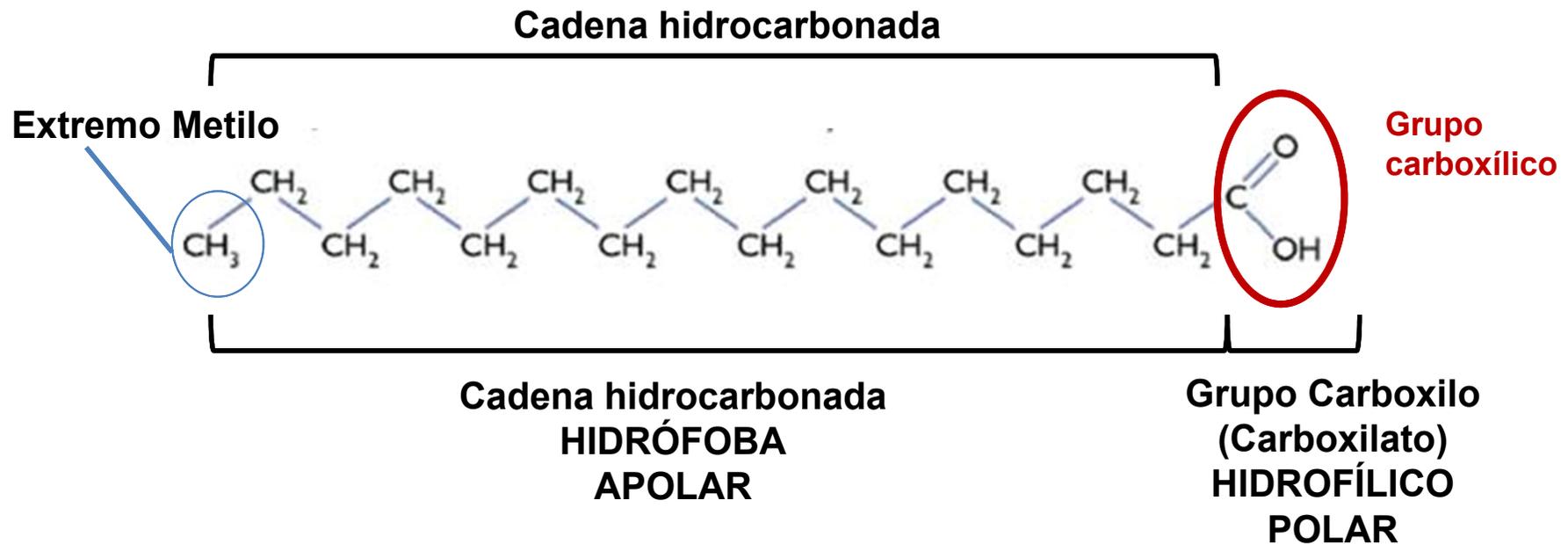
SAPONIFICABLES

**CONTIENEN ÁCIDOS GRASOS.
PRODUCEN JABÓN
CUANDO SE MEZCLA CON UN
ÁLCALI**

NO SAPONIFICABLES

**NO CONTIENEN ÁCIDOS GRASOS.
NO PRODUCEN JABÓN
AL MEZCLARLO CON
ÁLCALI.**

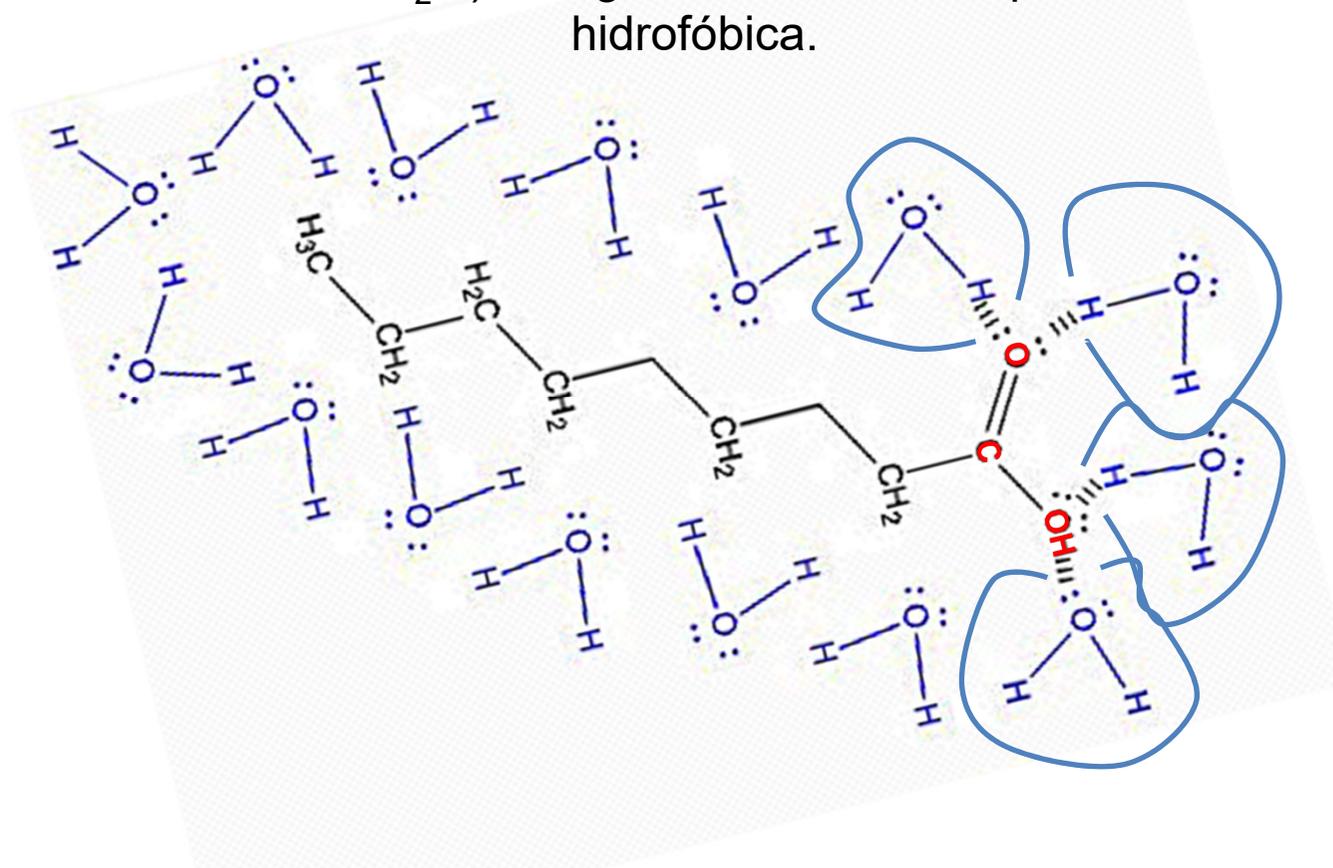
ÁCIDOS GRASOS.



- Ácidos **CARBOXÍLICOS** con una larga cadena hidrocarbonada lineal (4 a 36 C).
- El número de átomos de C de la cadena hidrocarbonada es **GENERALMENTE PAR**.
- Compuestos **MUY REDUCIDOS**. Pueden ser oxidadas para obtener energía.
(Beta-oxidación de los ácidos grasos).
- Poco abundantes en estado libre en la naturaleza.
- Moléculas **ANFIPÁTICAS**.

ÁCIDOS GRASOS. PROPIEDADES

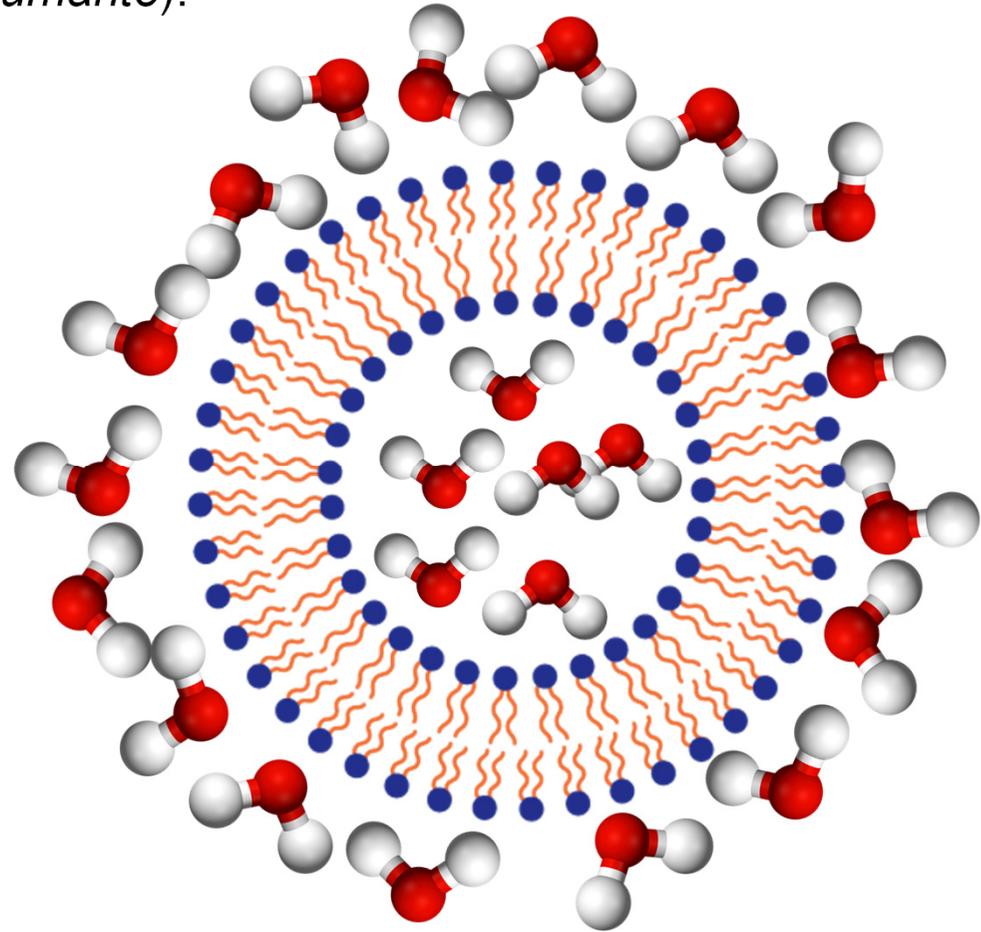
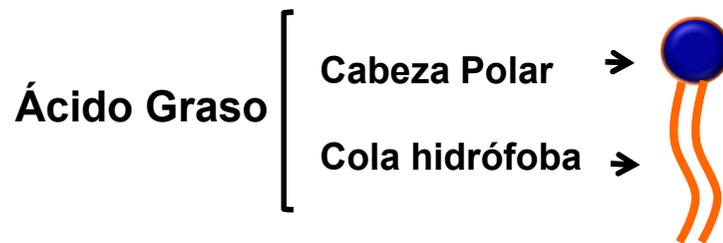
Cuando una molécula de ácido graso se pone en el seno de un líquido polar (H_2O), el grupo carboxilo interaccionará con el agua solventándose (puede interaccionar hasta con cuatro moléculas de H_2O). El agua formará una capa alrededor de la región hidrofóbica.



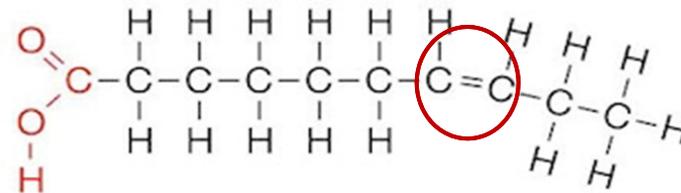
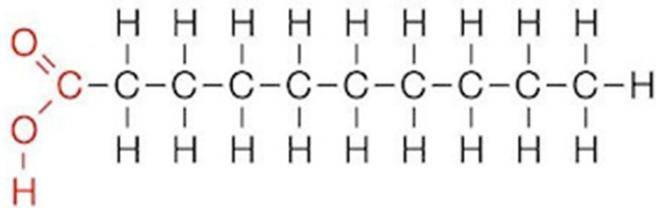
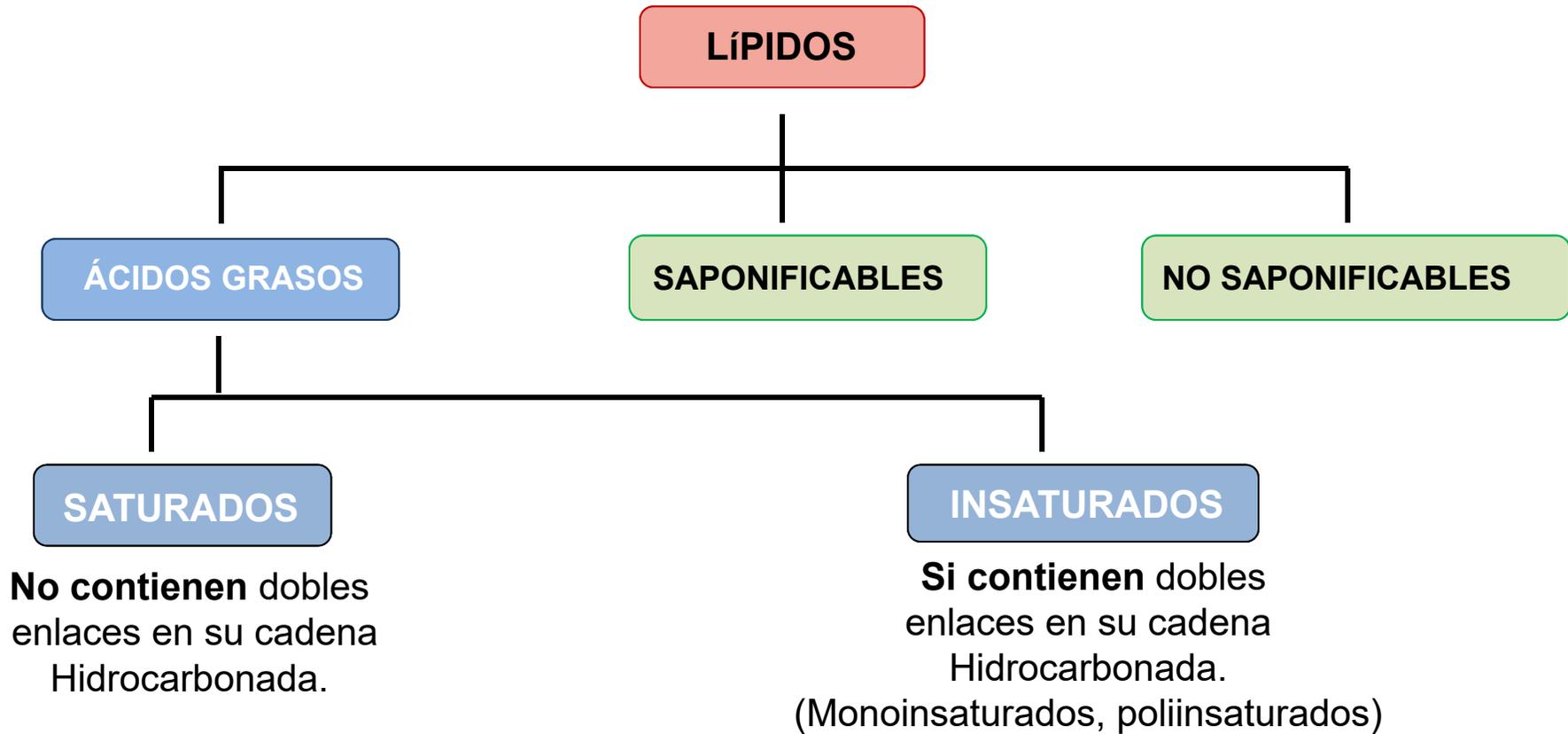
Estructura de CLATRATO (clatratus= rodeado, enrejado)
Sustancia química formada por una molécula que atrapa a otro tipo de molécula.

ÁCIDOS GRASOS. PROPIEDADES. CAPACIDAD DE AUTOESTRUCTURACIÓN.

Cuando hay presentes varias moléculas de ácidos grasos, en presencia de agua (u otro líquido polar) las llamadas colas hidrofóbicas tienden a interactuar entre sí, creando un espacio hidrofóbico del que el agua es excluida y en el que pueden quedar atrapadas otras moléculas (*emulsión*) o simplemente aire (*efecto espumante*).

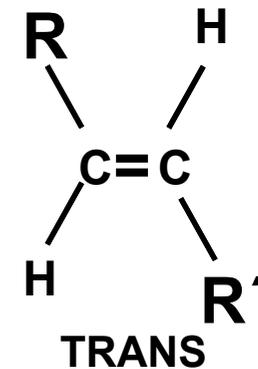
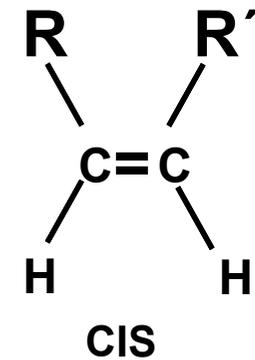
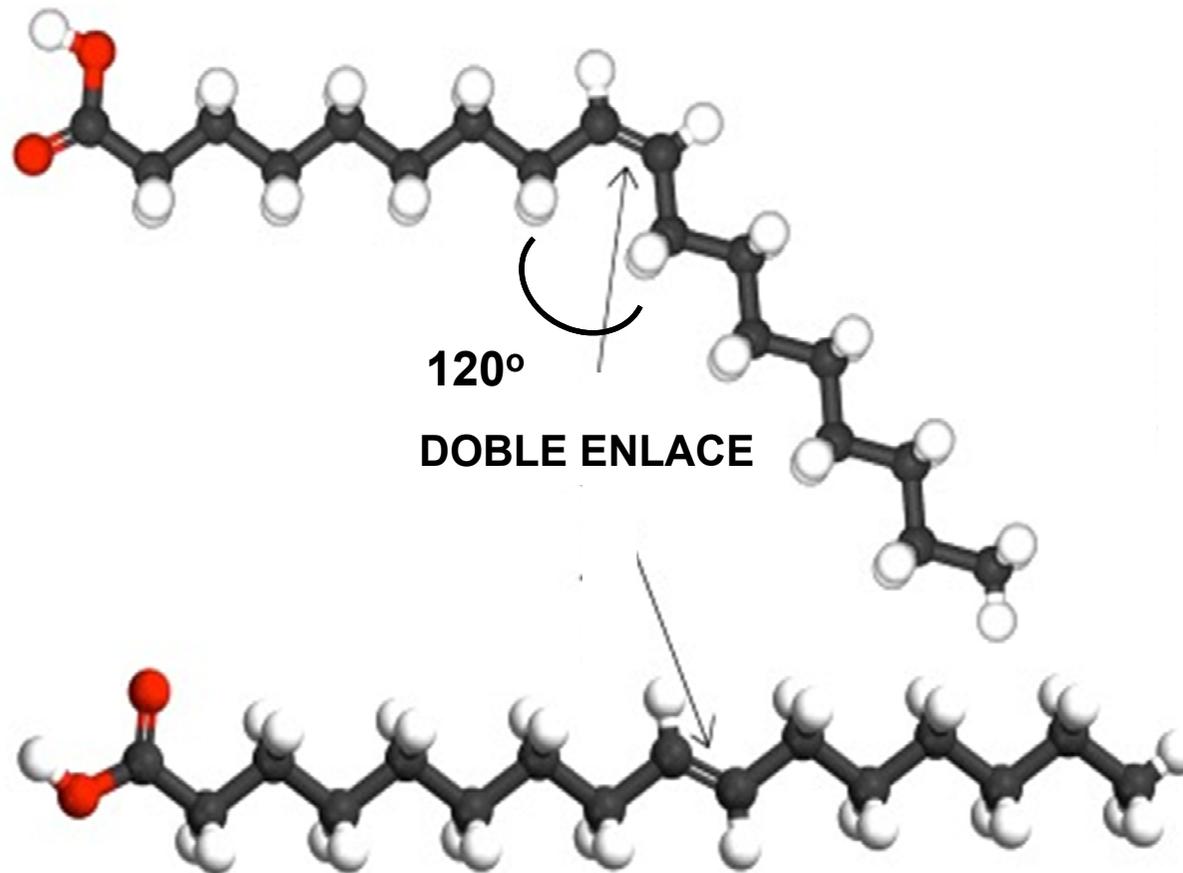


ÁCIDOS GRASOS. CLASIFICACIÓN Y NOMENCLATURA.



ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS. ISÓMEROS GEOMÉTRICOS.

ÁCIDO GRASO INSATURADO (*CIS*) O *CIS*-INSATURADO

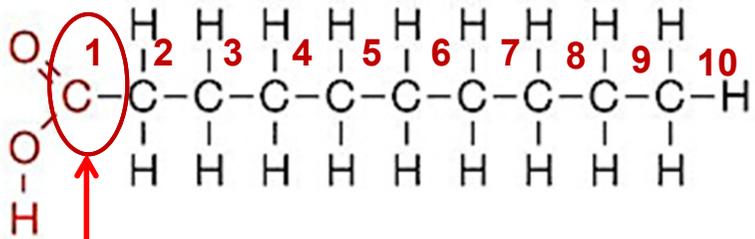


ÁCIDO GRASO INSATURADO (*TRANS*) O *TRANS*-INSATURADO

LOS ÁCIDOS GRASOS ***CIS* MONOINSATURADOS** SON LOS MÁS ABUNDANTES EN LA NATURALEZA

ÁCIDOS GRASOS. NOMENCLATURA CLÁSICA

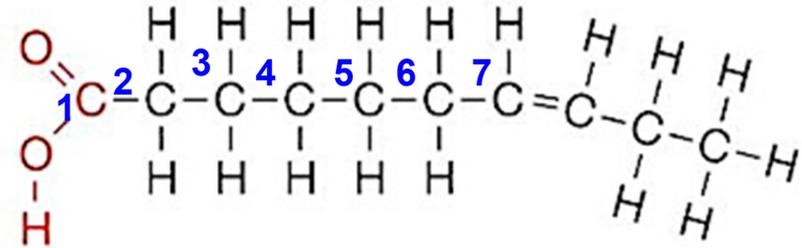
SATURADO



C10:0

EL CARBONO CARBOXÍLICO ES C1

INSATURADO



C10:1(Δ⁷)

NÚMERO DE CARBONOS DE LA CADENA HIDROCARBONADA

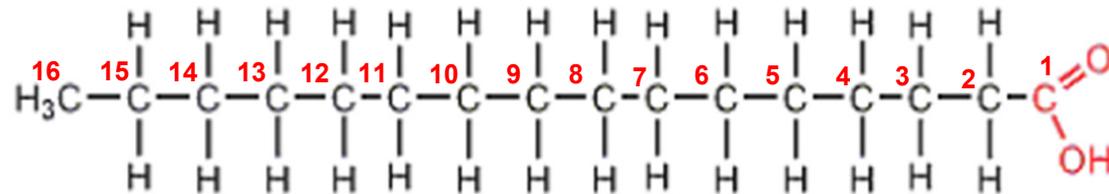
NÚMERO DE DOBLES ENLACES EN LA CADENA CARBONADA (INSATURACIONES)

POSICIÓN DEL DOBLE ENLACE. SI HAY MAS DE UNO, LOS NÚMEROS SE SEPARAN CON COMAS.

ÁCIDOS GRASOS. NOMENCLATURA.

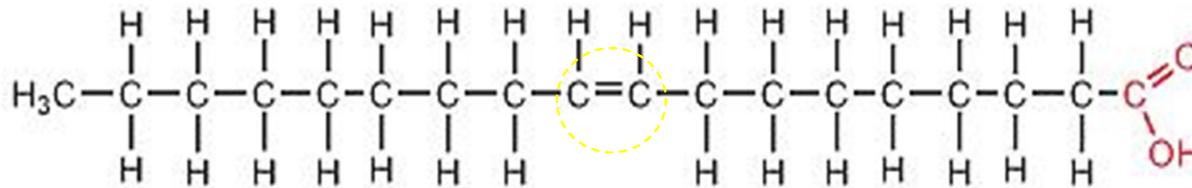
NOMENCLATURA CLÁSICA

ÁCIDO PALMÍTICO



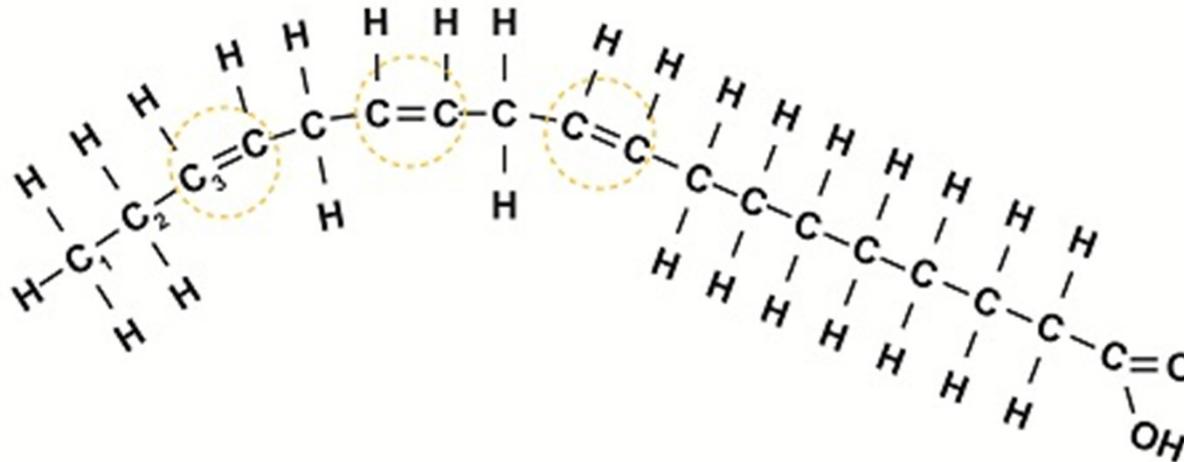
C16:0 Saturado

ÁCIDO OLEICO



**C18:1(Δ⁹)
Monoinsaturado**

ÁCIDO LINOLÉNICO

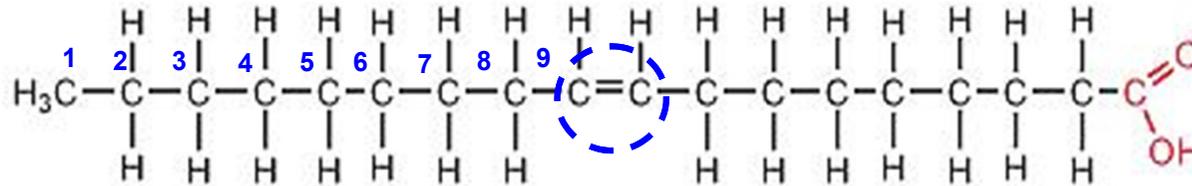


**C18:3(Δ^{9,12,15})
Poli-insaturado**

ÁCIDOS GRASOS. NOMENCLATURA OMEGA.

ÁCIDO OLEICO

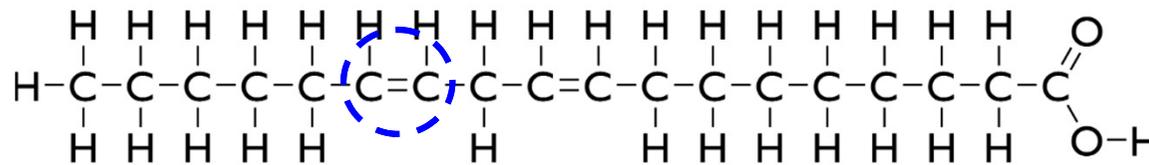
NOMENCLATURA OMEGA



C18:1(Δ⁹)

Monoinsaturado ω₉

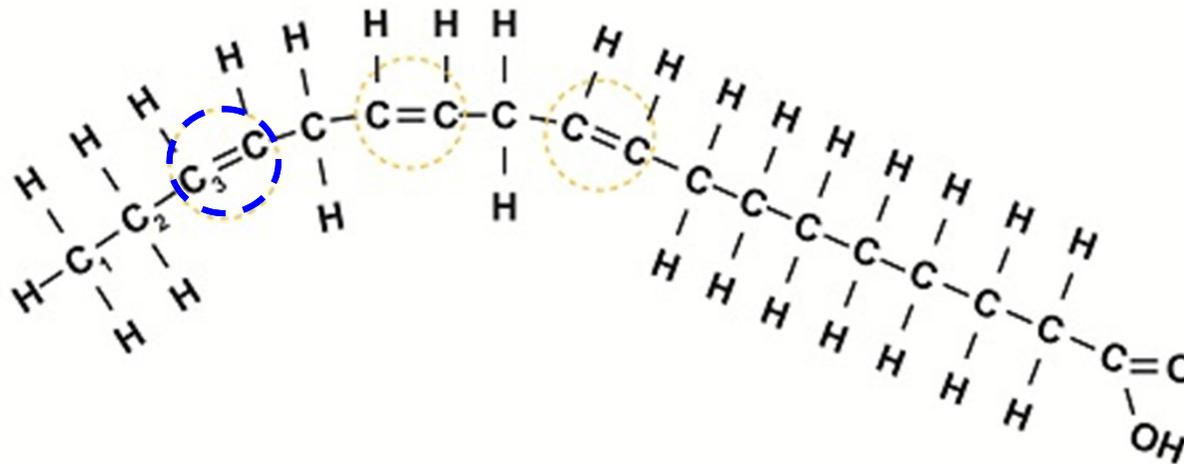
ÁCIDO LINOLEICO



C18:2(Δ^{9,12})

Poli-insaturado ω₆

ÁCIDO LINOLÉNICO



C18:3(Δ^{9,12,15})

Poli-insaturado ω₃

ÁCIDOS GRASOS. ÁCIDOS GRASO ESENCIALES.

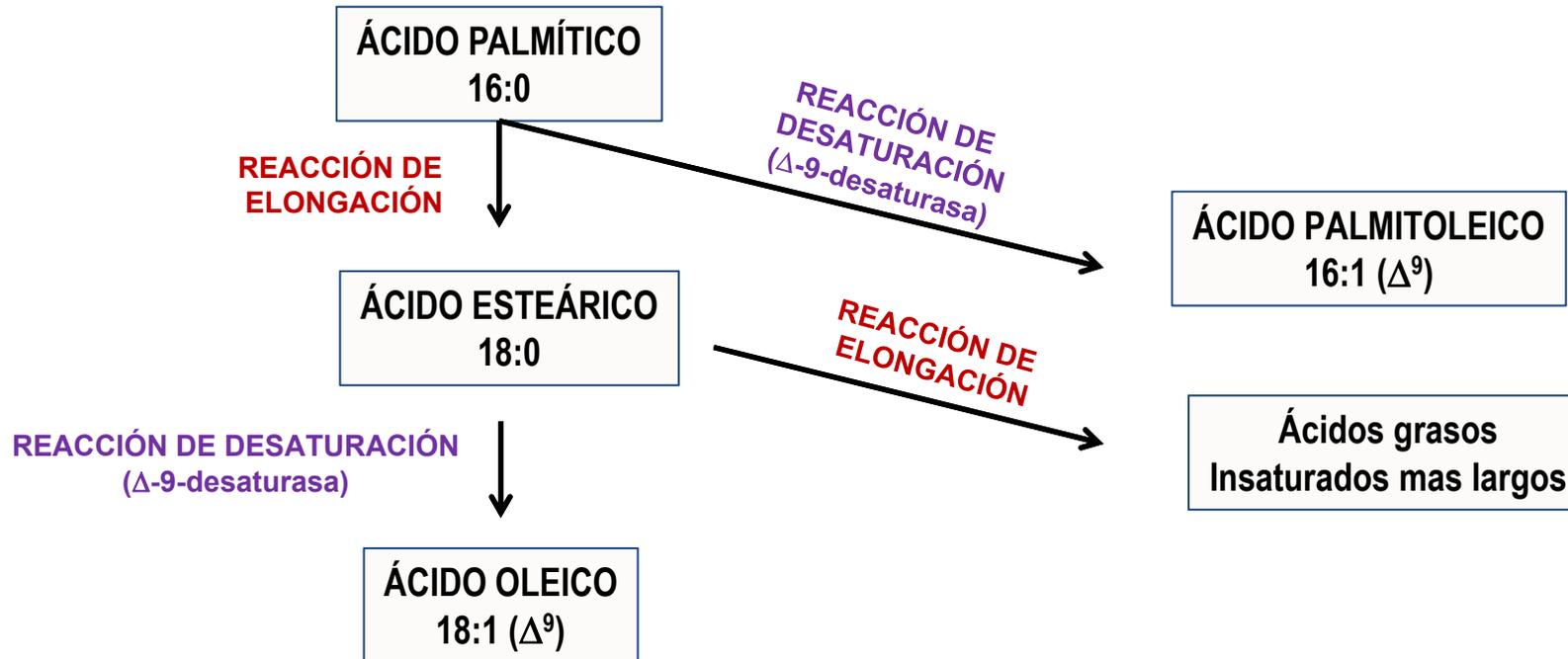
Nombre trivial	Nº de átomos de carbono	Estructura
<i>Ácidos grasos saturados</i>		
Ácido láurico	12	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{10}-\text{COOH}$
Ácido mirístico	14	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{12}-\text{COOH}$
Ácido palmítico	16	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$
Ácido esteárico	18	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$
Ácido araquídico	20	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{18}-\text{COOH}$
Ácido lignocérico	24	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{22}-\text{COOH}$
<i>Ácidos grasos insaturados</i>		
Ácido palmitoleico	16	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
Ácido oleico	18	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
Ácido linoleico	18	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
Ácido linolénico	18	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
Ácido araquidónico	20	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$

Entre los ácidos grasos insaturados **los más abundantes son Monoinsaturados con un único doble enlace entre C9 y C10.**

Los ácidos grasos **poliinsaturados** suelen tener un doble enlace entre los C9 y C10 y los otros doble enlaces situados entre C10 y el extremo metilo terminal.

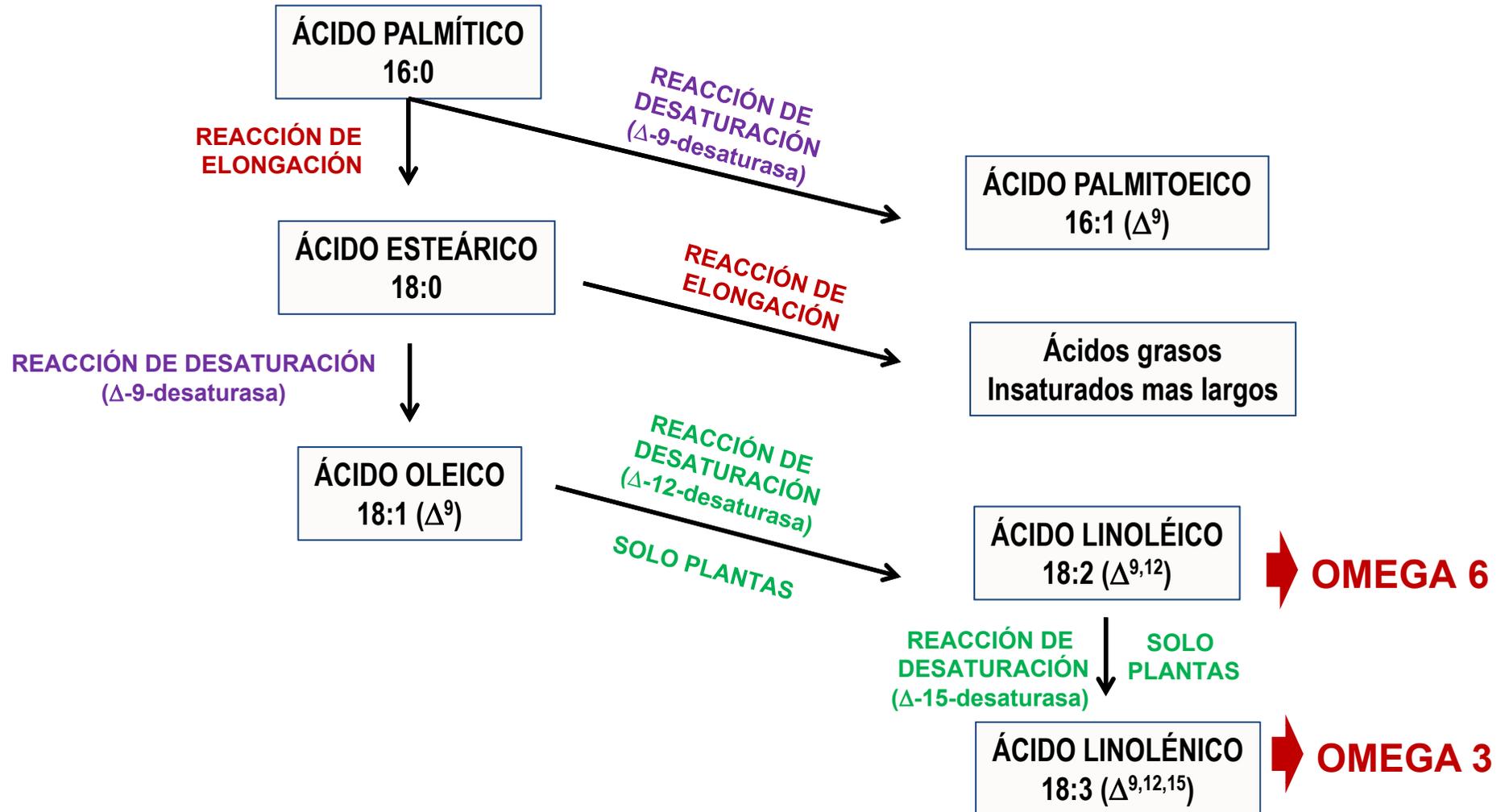
SÍNTESIS DE OTROS ÁCIDOS GRASOS

El ácido palmítico (C16) es el **ácido graso a partir del cual se van a sintetizar el resto de los ácidos grasos** necesarios para nuestro organismo, por ejemplo, el ácido oleico.



SÍNTESIS DE OTROS ÁCIDOS GRASOS

El ácido palmítico (C16) es el ácido graso a partir del cual se van a sintetizar el resto de los ácidos grasos necesarios para nuestro organismo, por ejemplo, el ácido oleico.



ÁCIDOS GRASOS. ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES

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**.

En el ser humano es esencial la ingestión en la dieta los Ácidos grasos precursores de dos series de ácidos grasos, el **ácido linoleico (precursor de la serie ω -6)** y la del **ácido linolénico (precursor de la serie ω -3)**.

También es esencial para nosotros el **ácido araquidónico (serie ω -6)** .

Los ácidos grasos esenciales **se encuentran sobre todo en el pescado azul, las semillas y frutos secos** (como semillas de girasol o las nueces) **y en aceite de oliva.**

ÁCIDOS GRASOS. PROPIEDADES FÍSICAS.

Nombre trivial	Nº de átomos de carbono	Estructura	Punto de fusión °C
<i>Ácidos grasos saturados</i>			°C
Ácido láurico	12	CH ₃ -(CH ₂) ₁₀ -COOH	44,2
Ácido mirístico	14	CH ₃ -(CH ₂) ₁₂ -COOH	54,0
Ácido palmítico	16	CH ₃ -(CH ₂) ₁₄ -COOH	63,0
Ácido esteárico	18	CH ₃ -(CH ₂) ₁₆ -COOH	69,6
Ácido araquídico	20	CH ₃ -(CH ₂) ₁₈ -COOH	76,5
Ácido lignocérico	24	CH ₃ -(CH ₂) ₂₂ -COOH	86,0
<i>Ácidos grasos insaturados</i>			°C
Ácido palmitoleico	16	CH ₃ -(CH ₂) ₅ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH C₉	-0,5
Ácido oleico	18	CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH	13,4
Ácido linoleico	18	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH C₁₂ C₉	-3,0
Ácido linolénico	18	CH ₃ -CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH C₁₅ C₁₂ C₉	-11,0
Ácido araquidónico	20	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-(CH ₂) ₃ -COOH C₁₅ C₁₂ C₉	-49,5

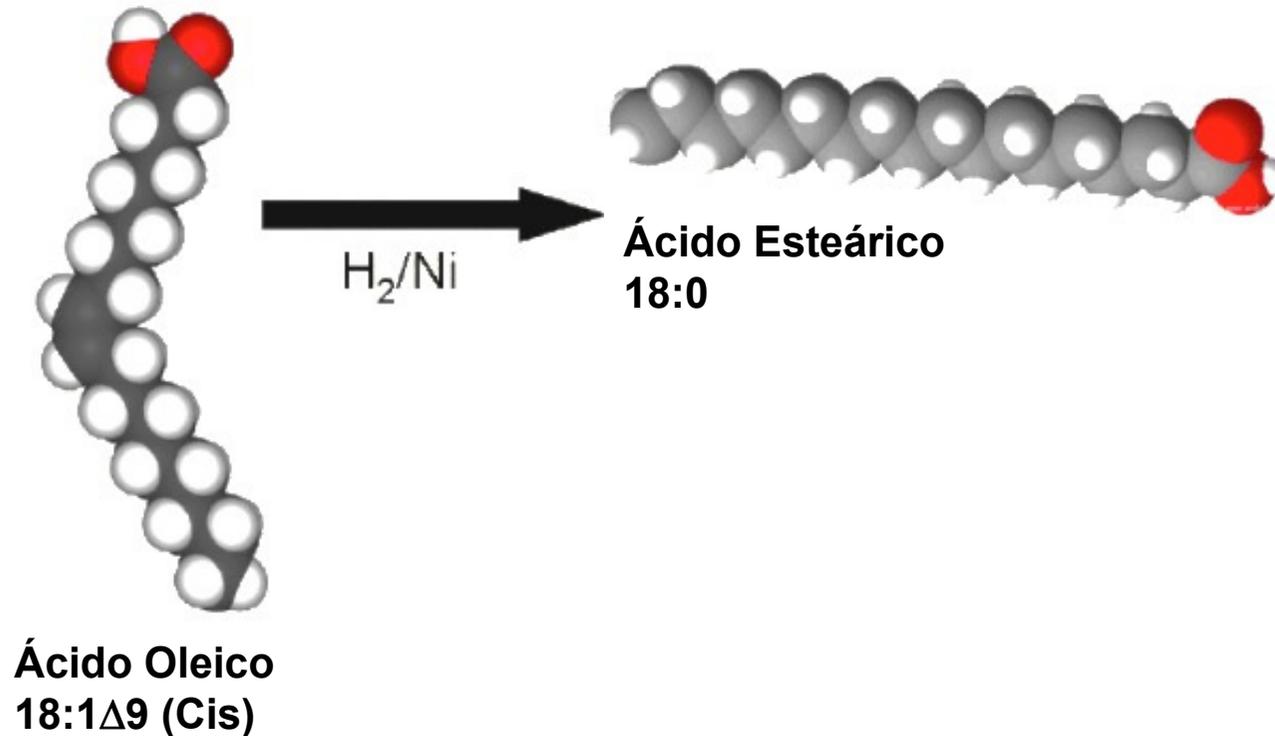
GRASAS o SEBOS

ACEITES

ÁCIDOS GRASOS. ENLACES CIS Y TRANS. HIDROGENACIÓN

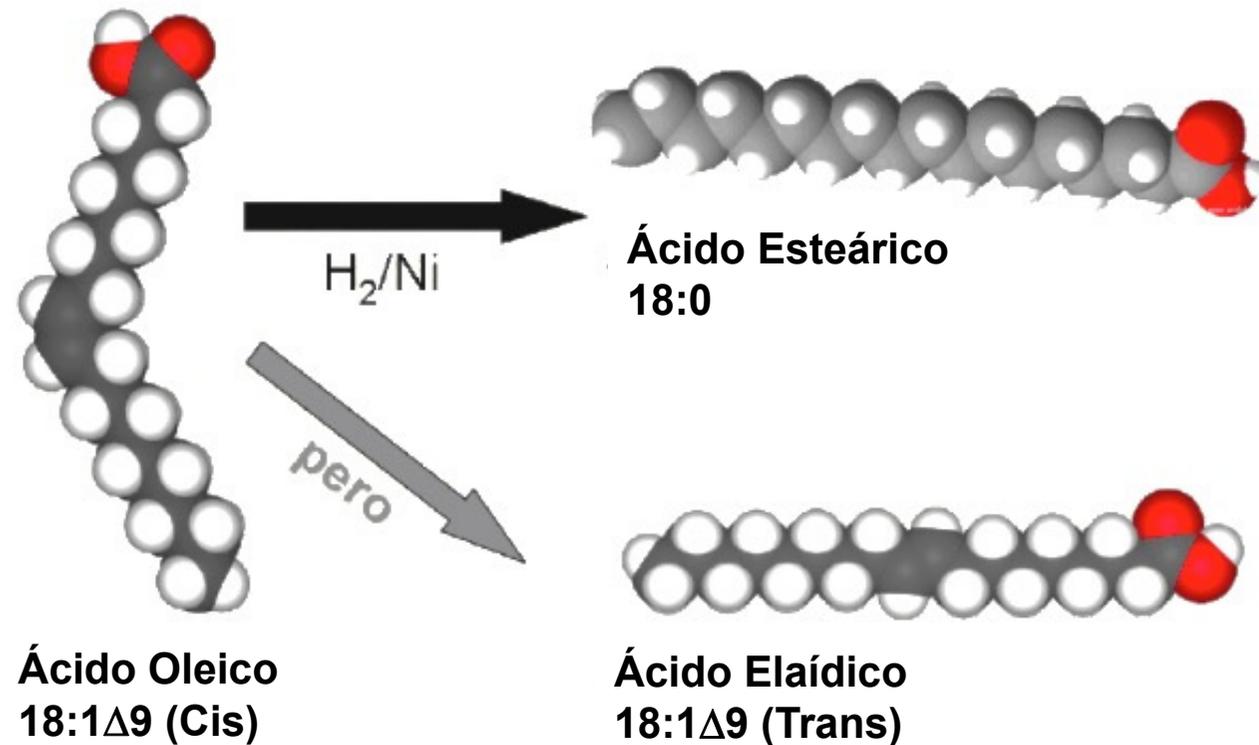
HIDROGENACIÓN (o ENDURECIMIENTO de ACEITES)

Para hacer un sustituto de la mantequilla a partir de aceites vegetales (**margarina**) se **hidrogenan** los dobles enlaces de los aceites, formados por ácidos grasos insaturados, para convertir esos ácidos grasos en saturados y obtener un producto sólido.



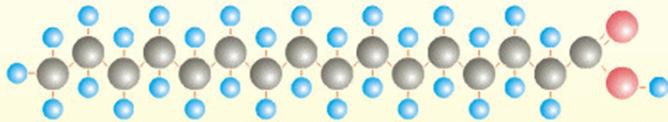
ÁCIDOS GRASOS. ENLACES CIS Y TRANS. HIDROGENACIÓN

En el proceso de hidrogenación algunos enlaces en “cis” rotan a “trans” produciendo grasas trans’saturadas, de efectos nocivos para la salud.

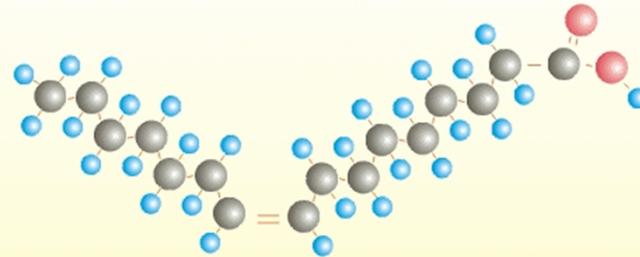


ÁCIDOS GRASOS. PROPIEDADES FÍSICAS. PUNTO DE FUSIÓN.

Ácido graso saturado



Ácido graso insaturado



ÁCIDOS GRASOS SATURADOS:

Presentan, al empaquetarse con otros ácidos graso saturados, enlaces intermoleculares entre cadenas **(Fuerzas de Van der Waals) débiles**, aunque muy numerosos.

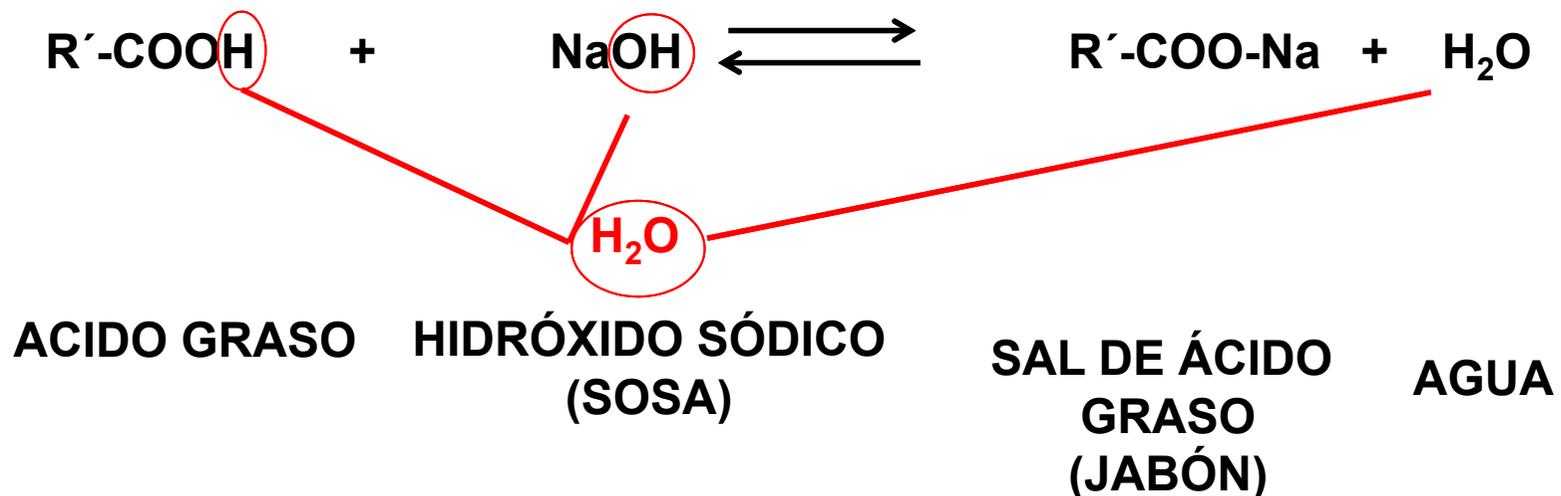
ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS:

Debido a la conformación de la molécula (no recta) los ácidos grasos insaturados forman entre ellos menos enlaces **(Fuerzas de Van der Waals)**.

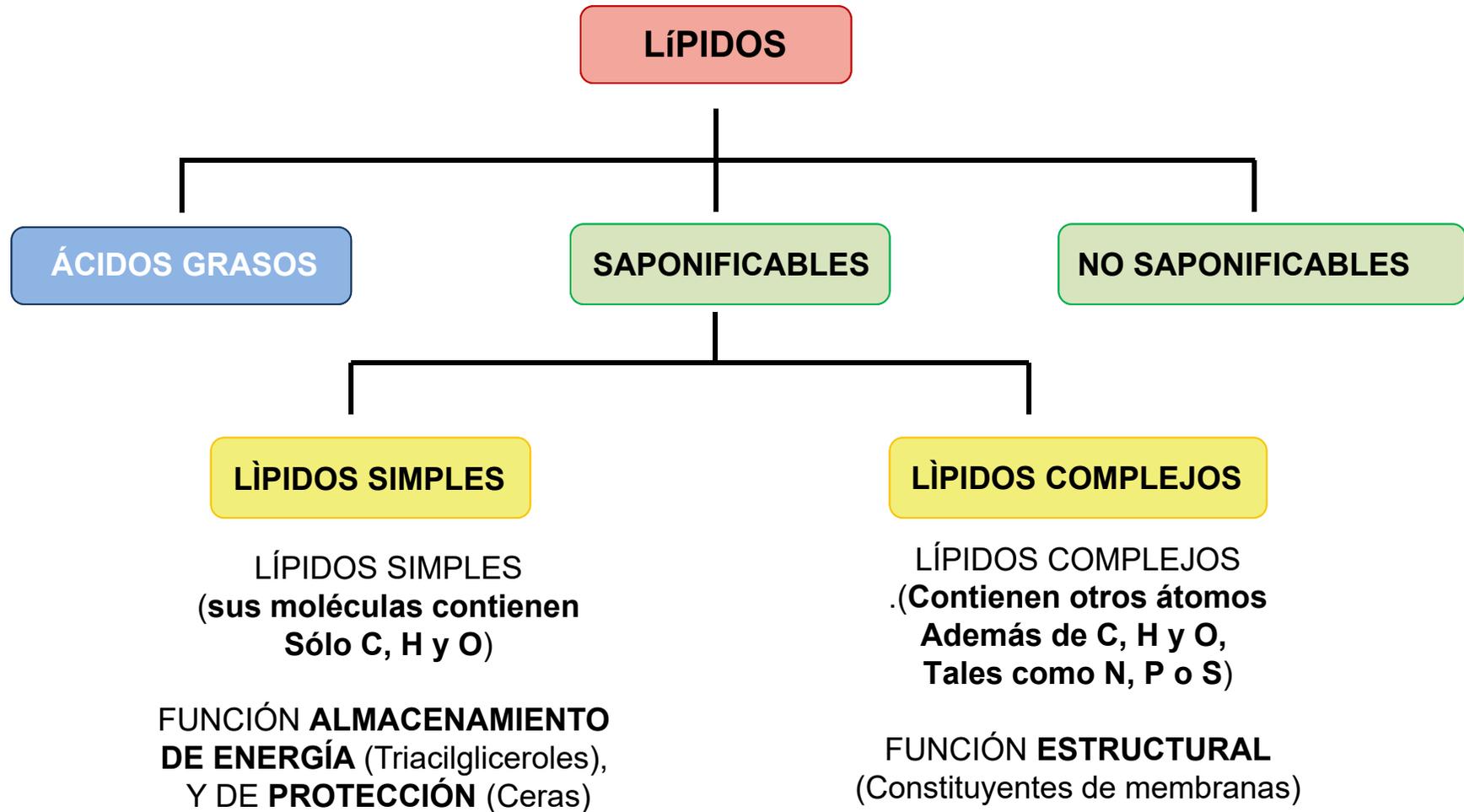
ÁCIDOS GRASOS. PROPIEDADES QUÍMICAS.

LOS ÁCIDOS GRASOS SE COMPORTAN COMO ÁCIDOS MODERADAMENTE FUERTES, LO QUE LES PERMITE REALIZAR REACCIONES DE **ESTERIFICACIÓN** Y **SAPONIFICACIÓN**.

La **saponificación** es una reacción típica de los ácidos grasos, en la cual reaccionan con bases (NaOH o KOH) y dan lugar a una sal de ácido graso, que se denomina comúnmente jabón.



LÍPIDOS SAPONIFICABLES.

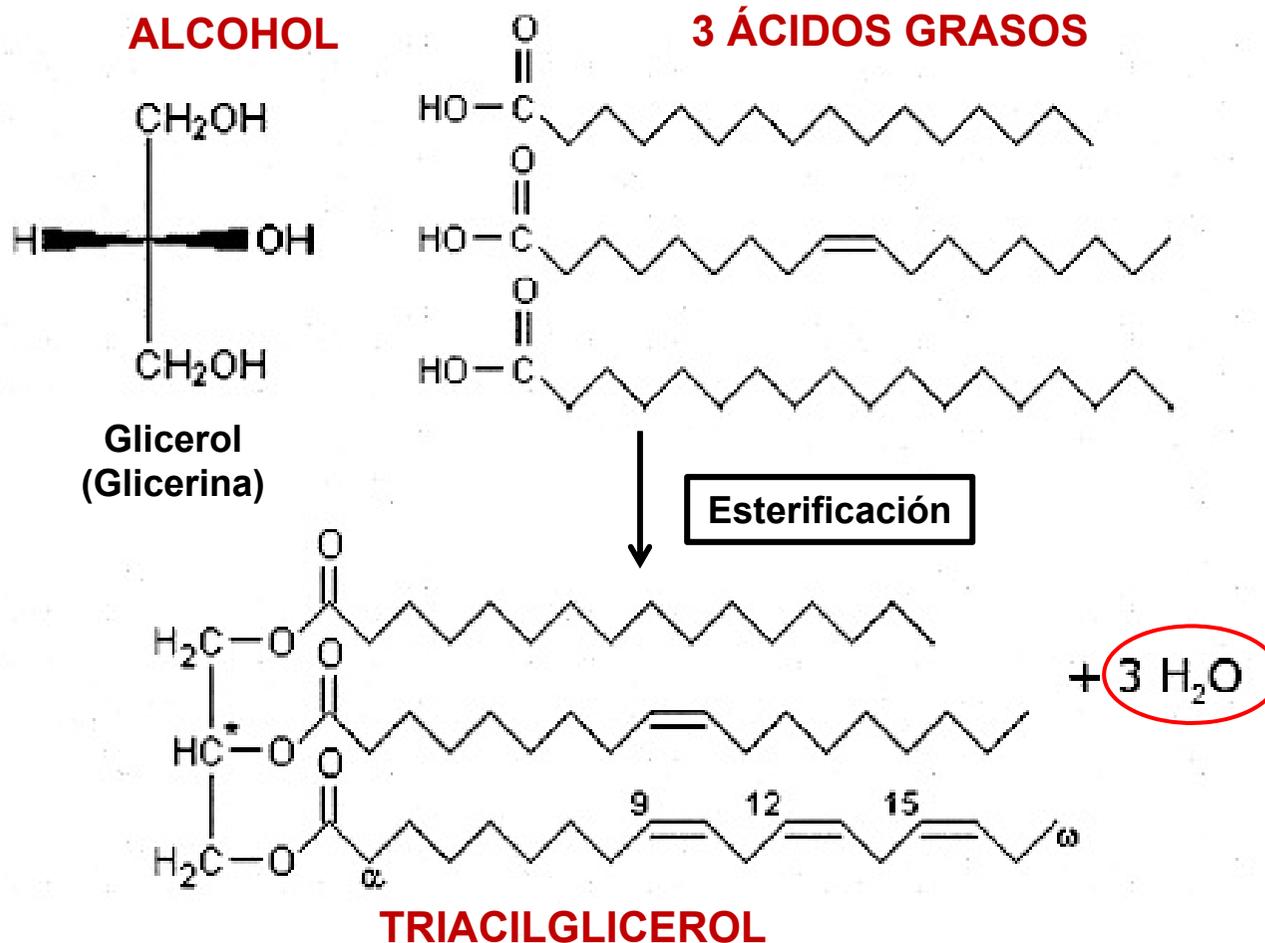


ÁCIDOS GRASOS/TAGs COMO ALMACEN DE ENERGÍA

- Los Triacilgliceroles (TAGs) y los ácidos grasos que contienen, constituyen la **principal reserva de energía del organismo**. El 98% de los lípidos ingeridos con la dieta son TAGs.
- Poseen **una alta densidad energética**. La oxidación de un gramo de grasa produce 9 Kcal mientras que la oxidación de un gramo de carbohidratos produce 4 Kcal.
- Los ácidos grasos **se almacenan sin hidratar** (DE FORMA ANHIDRA), al contrario que el glucógeno.

LÍPIDOS SAPONIFICABLES. ACILGLICÉROLES

Los **ACILGLICÉROLES** están formados por la esterificación de ácidos grasos con el glicerol. Todos los grupos OH del glicerol pueden intervenir en una reacción de esterificación y así tendremos Monoacilglicérols, diacilglicérols y triacilglicérols.



LÍPIDOS. LÍPIDOS SAPONIFICABLES. ACILGLICEROLES

Aunque los grupos hidroxilo de la glicerina y los grupos carboxilo de los ácidos grasos son polares, **esta polaridad desaparece al formarse el enlace tipo éster.**

Los triacilgliceroles carecen de polaridad, (también se denominan **grasas neutras**).

Tienen un carácter fundamentalmente hidrófobo.

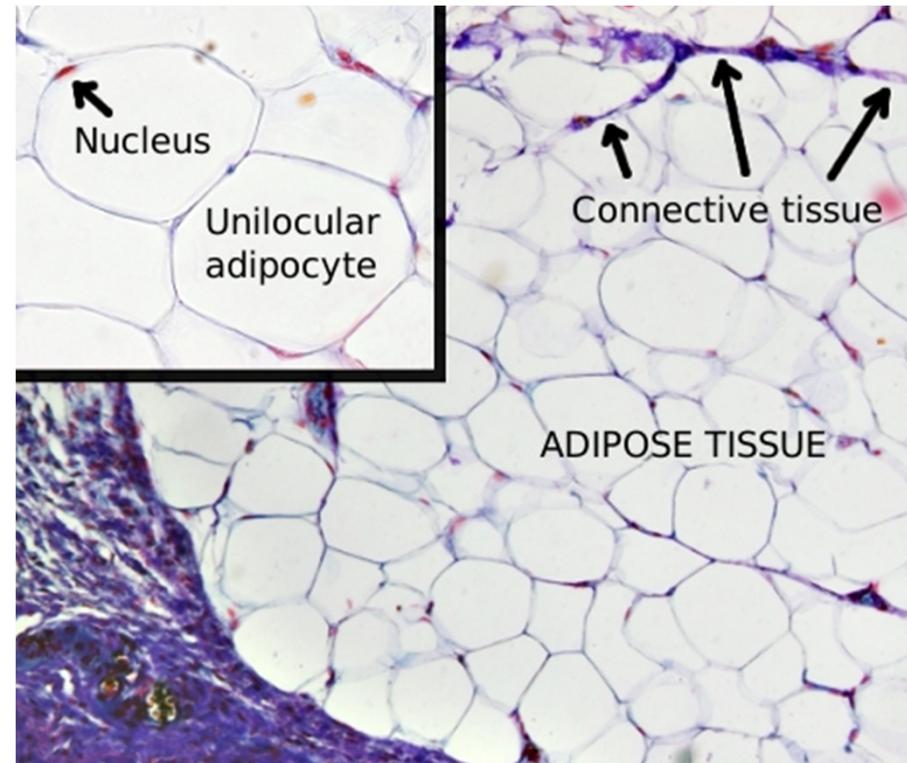
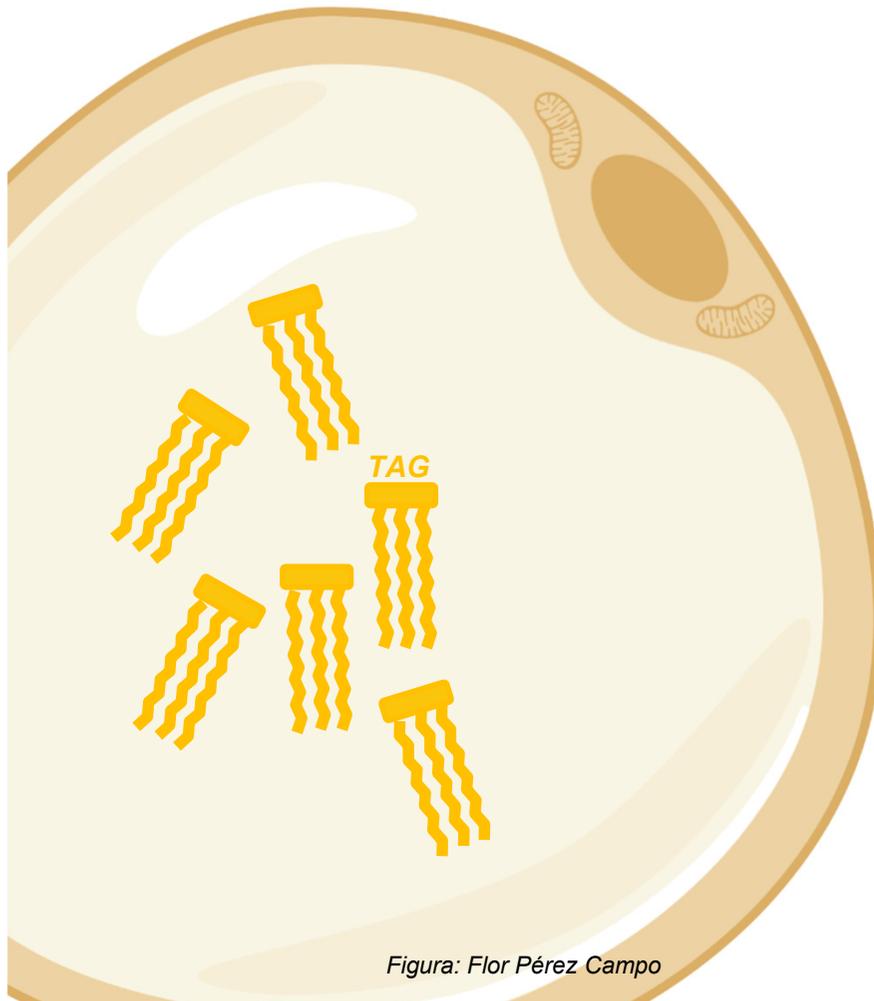
Sólo los monoacilglicéroles y los diacilgliceroles poseen una débil polaridad debida a los radicales hidroxilos que se dejan libres en la glicerina.

Los mono y diacilgliceroles sólo existen en la naturaleza como productos intermedarios en la formación y degradación de los triacilgliceroles.

LÍPIDOS SAPONIFICABLES. ACILGLICEROLES

LOS TAGs SE ALMACENAN EN EL CITOPLASMA DE **LAS CÉLULAS ADIPOSAS (ADIPOCITOS)**.

Las grandes cantidades de TAGs almacenadas en estas células forman una gota de grasa que prácticamente ocupa todo el citoplasma de la célula.



LÍPIDOS SAPONIFICABLES. ACILGLICEROLES

En periodos de ayuno, los TAGs van a ser movilizados gracias a la acción de LIPASAS

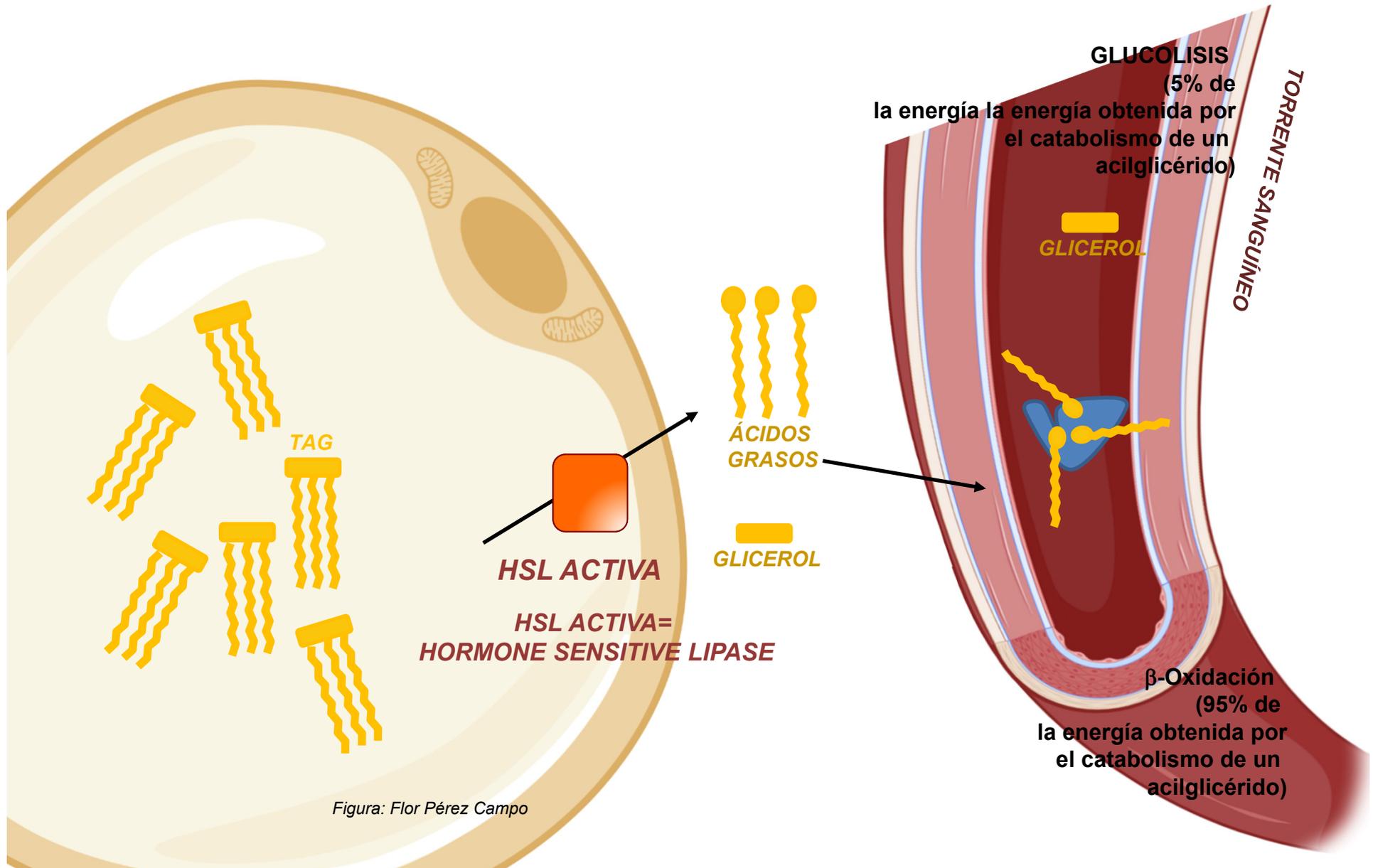
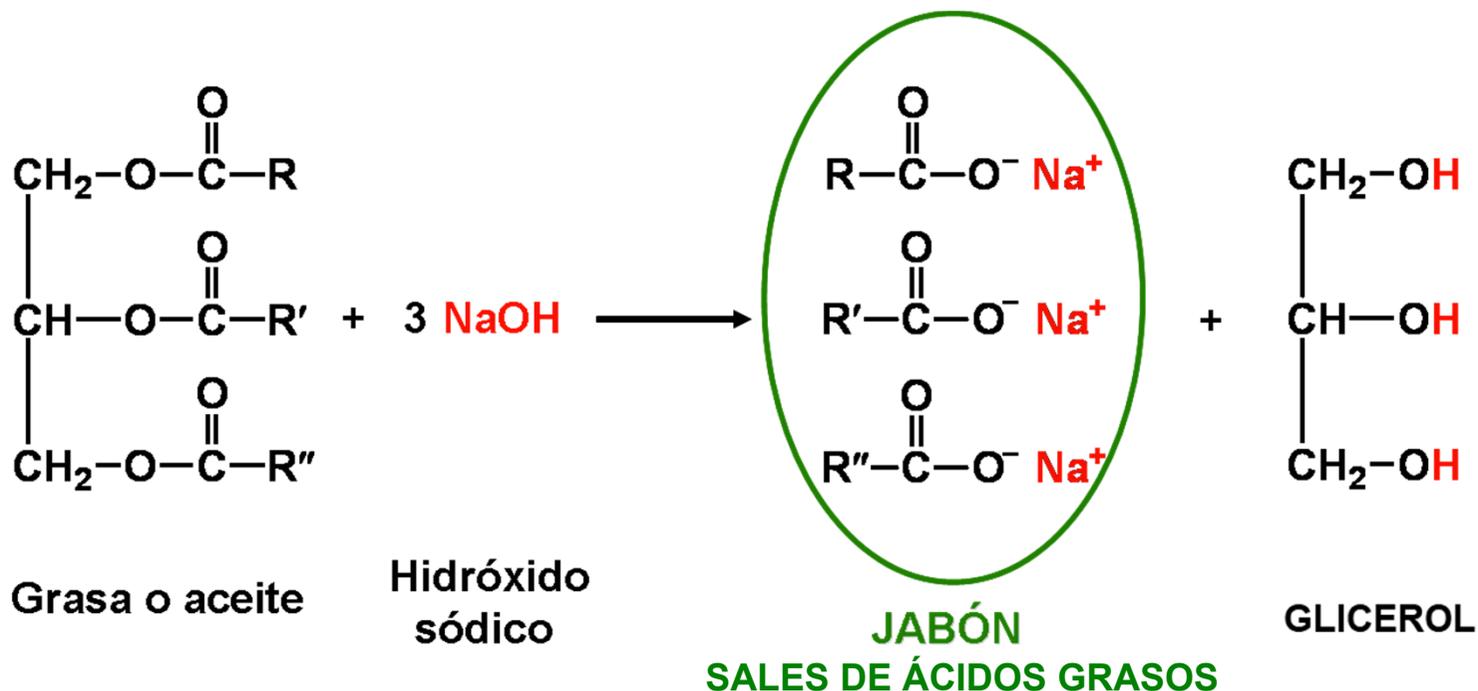


Figura: Flor Pérez Campo

LÍPIDOS SAPONIFICABLES. SIMPLES. ACILGLICEROL

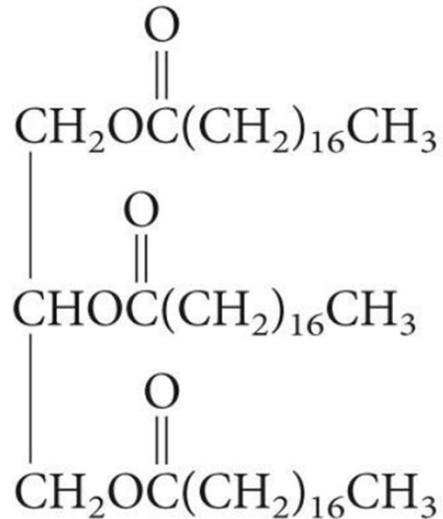
Los triacilglicéridos pueden sufrir **SAPONIFICACIÓN** cuando reaccionan con álcalis como el hidróxido sódico para dar lugar a la glicerina y a las correspondientes sales sódicas de ácidos grasos (jabones).

HIDRÓLISIS QUÍMICA (HIDRÓLISIS ALCALINA)



LÍPIDOS. LÍPIDOS SAPONIFICABLES. ACILGLICEROLES

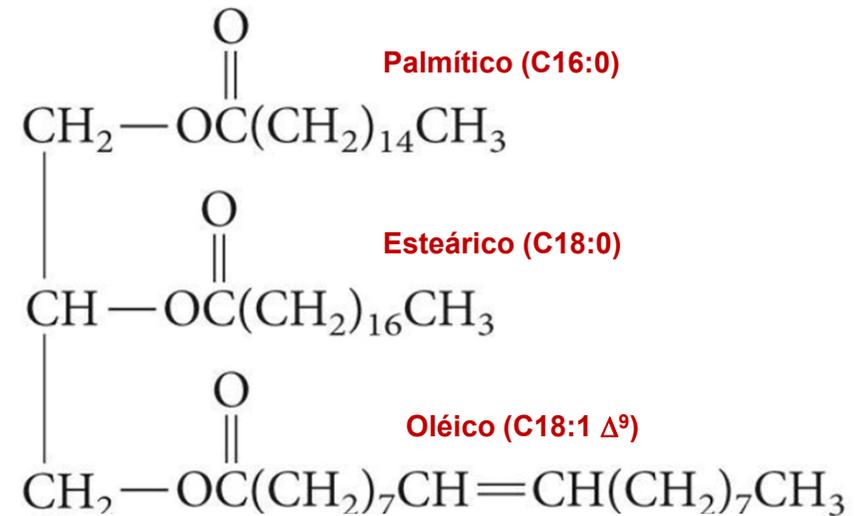
TRIACILGLICEROLES SIMPLES



Contiene tres moléculas
de ácido esteárico esterificadas
con el glicerol

**Gliceril triestearato
(Triestearina)**

TRIACILGLICEROLES MIXTOS



Palmítico (C16:0)

Estéarico (C18:0)

Oléico (C18:1 Δ^9)

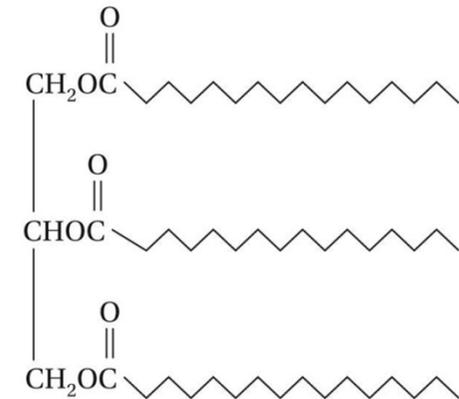
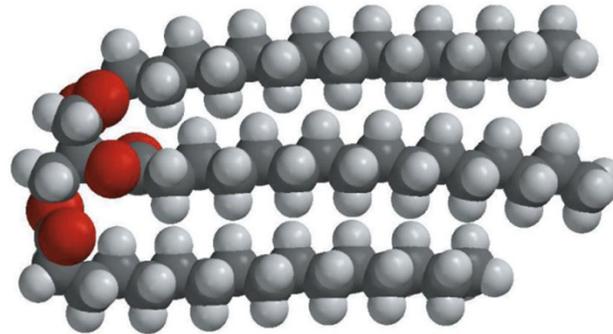
Contiene tres moléculas
de ácidos grasos diferentes:
Ácido palmítico, Ácido esteárico
y Ácido Oléico.

Gliceril palmitoestearooleato

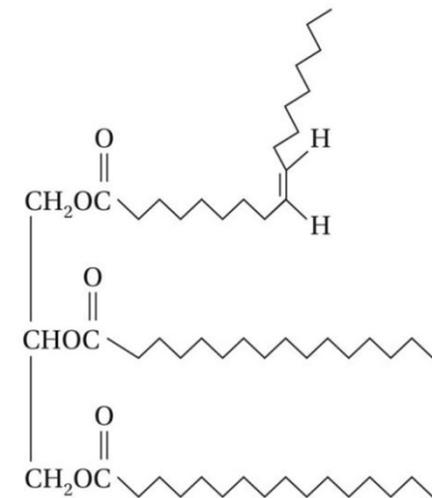
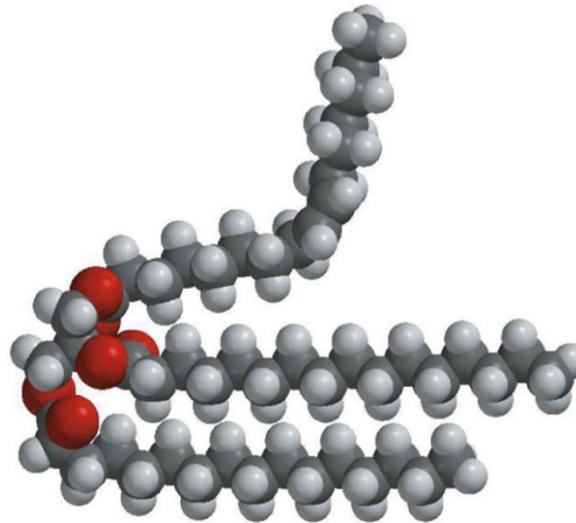
LÍPIDOS. LÍPIDOS SAPONIFICABLES. ACILGLICEROLES

LOS TRIACILGLICEROLES CON ÁCIDOS GRASOS SATURADOS TIENEN PUNTOS DE FUSIÓN MÁS ALTOS .

Si todos los ácidos grasos del triacilglicerol son saturados, el triacilglicerol es sólido a temperatura ambiente y recibe el nombre de **sebo**.

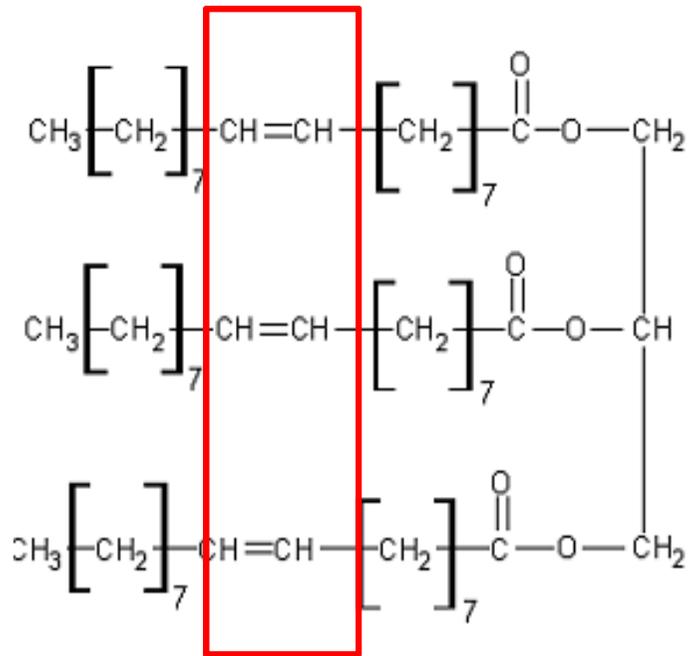


Si un triacilglicerol presenta ácidos grasos insaturados, es líquido y recibe el nombre de **aceite** (el aceite de oliva es un éster de tres ácidos oleicos con un glicerol).



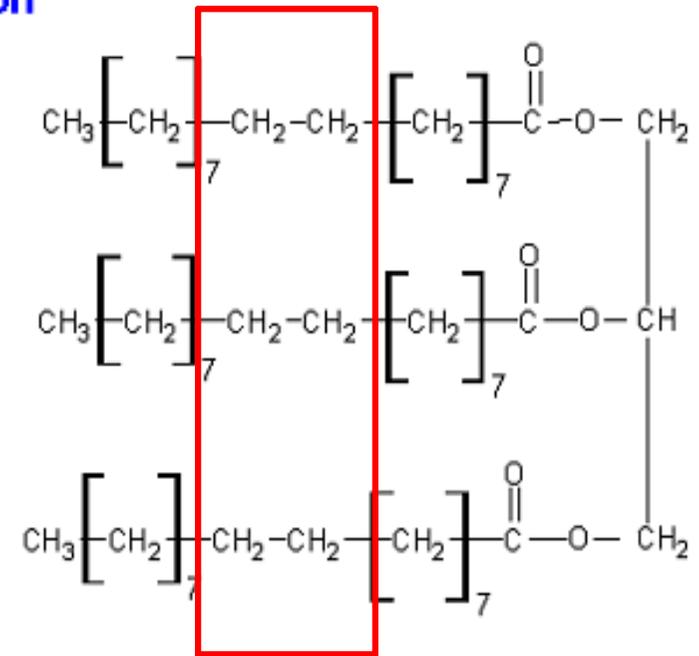
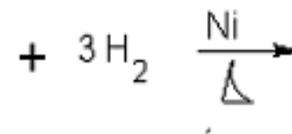
LÍPIDOS. LÍPIDOS SAPONIFICABLES. SIMPLES. ACILGLICEROL

Hidrogenación



TRIACILGLICEROL

(**ACEITE**, Ac. Grasos insaturados)

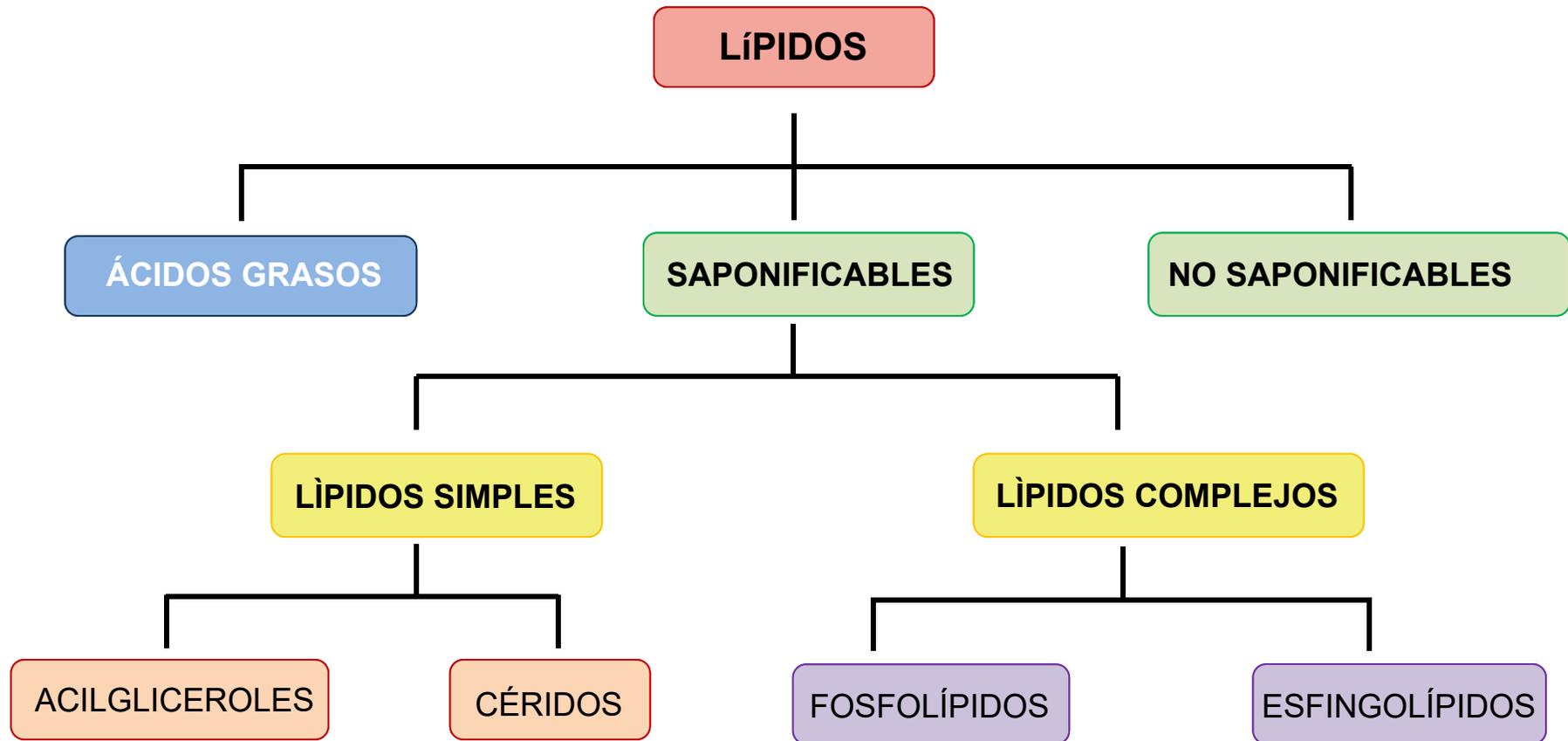


TRIACILGLICEROL

(**MARGARINA**, Ac. Grasos saturados)

Adición de H \Rightarrow endurecimiento de las grasas (aceite \rightarrow margarina).

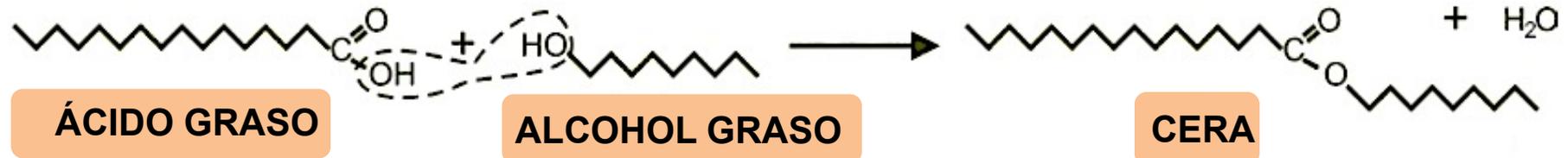
LÍPIDOS SAPONIFICABLES



LÍPIDOS SAPONIFICABLES. SIMPLES. CÉRIDOS

LOS CÉRIDOS SON ÉSTERES DE LOS ÁCIDOS GRASOS CON ALCOHOLES DE CADENA LARGA (16-30 átomos de C) También llamados **ALCOHOLES GRASOS**.

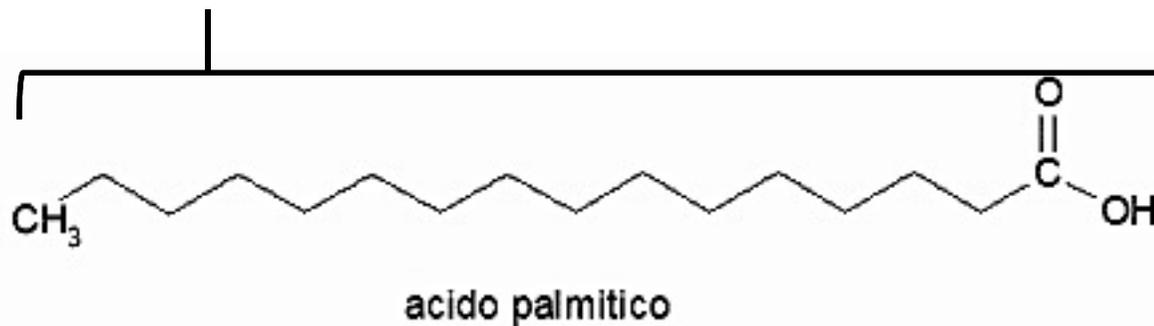
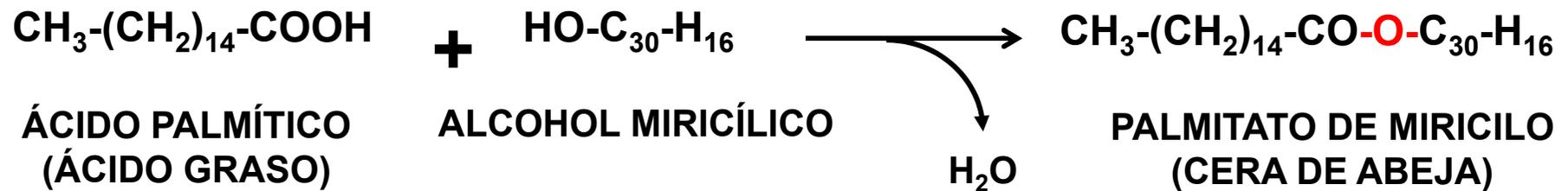
Las ceras tienen una función fundamentalmente protectora frente al agua, tanto en el reino vegetal (ceras de las hojas o frutos: cutina y suberina), como en el reino animal (protección de las plumas en las aves acuáticas)



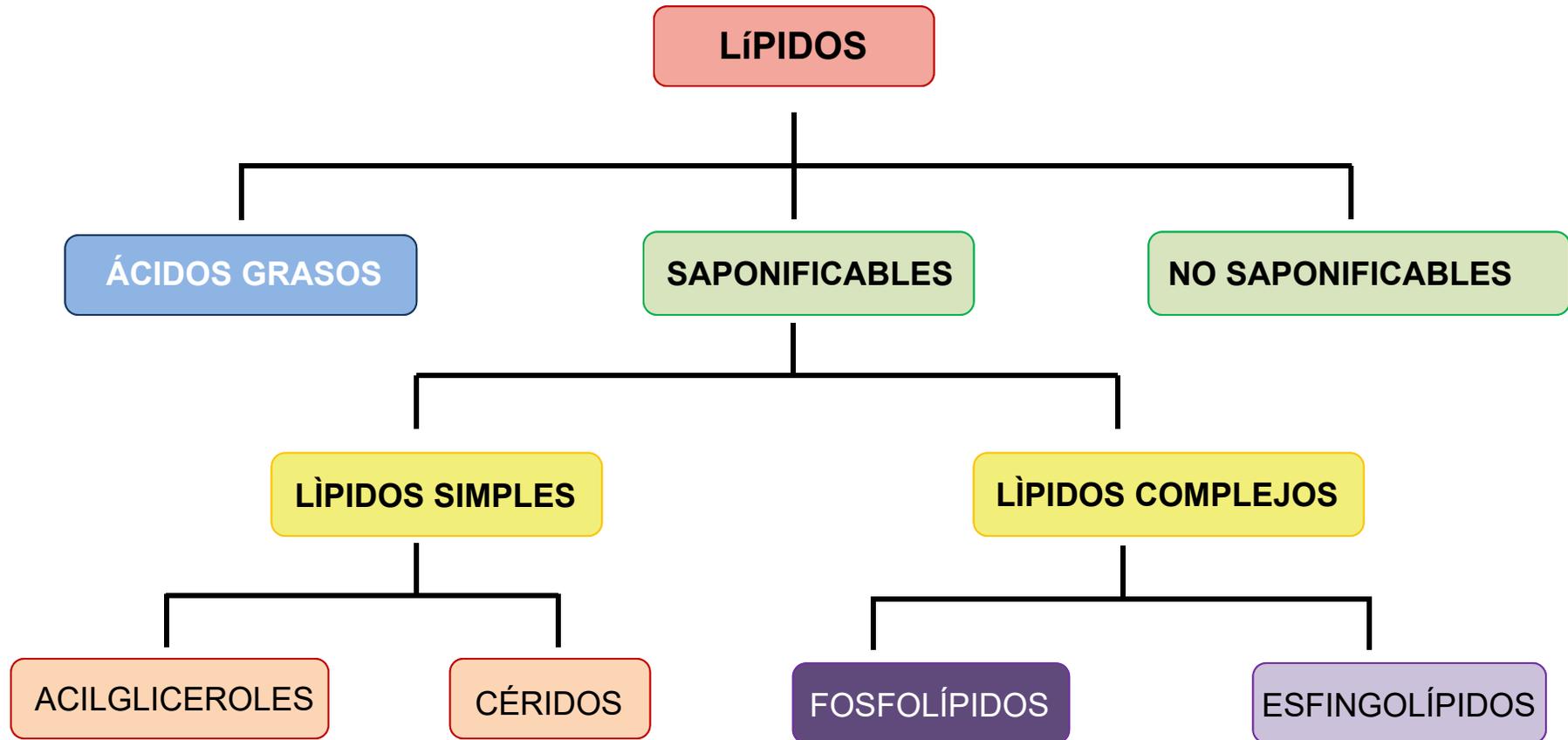
LA UNIÓN DEL ÁCIDO GRASO CON EL ALCOHOL GRASO SE PRODUCE A TRAVÉS DE LA FORMACIÓN DE UN **ENLACE TIPO ESTER**

LÍPIDOS SAPONIFICABLES. SIMPLES. CÉRIDOS

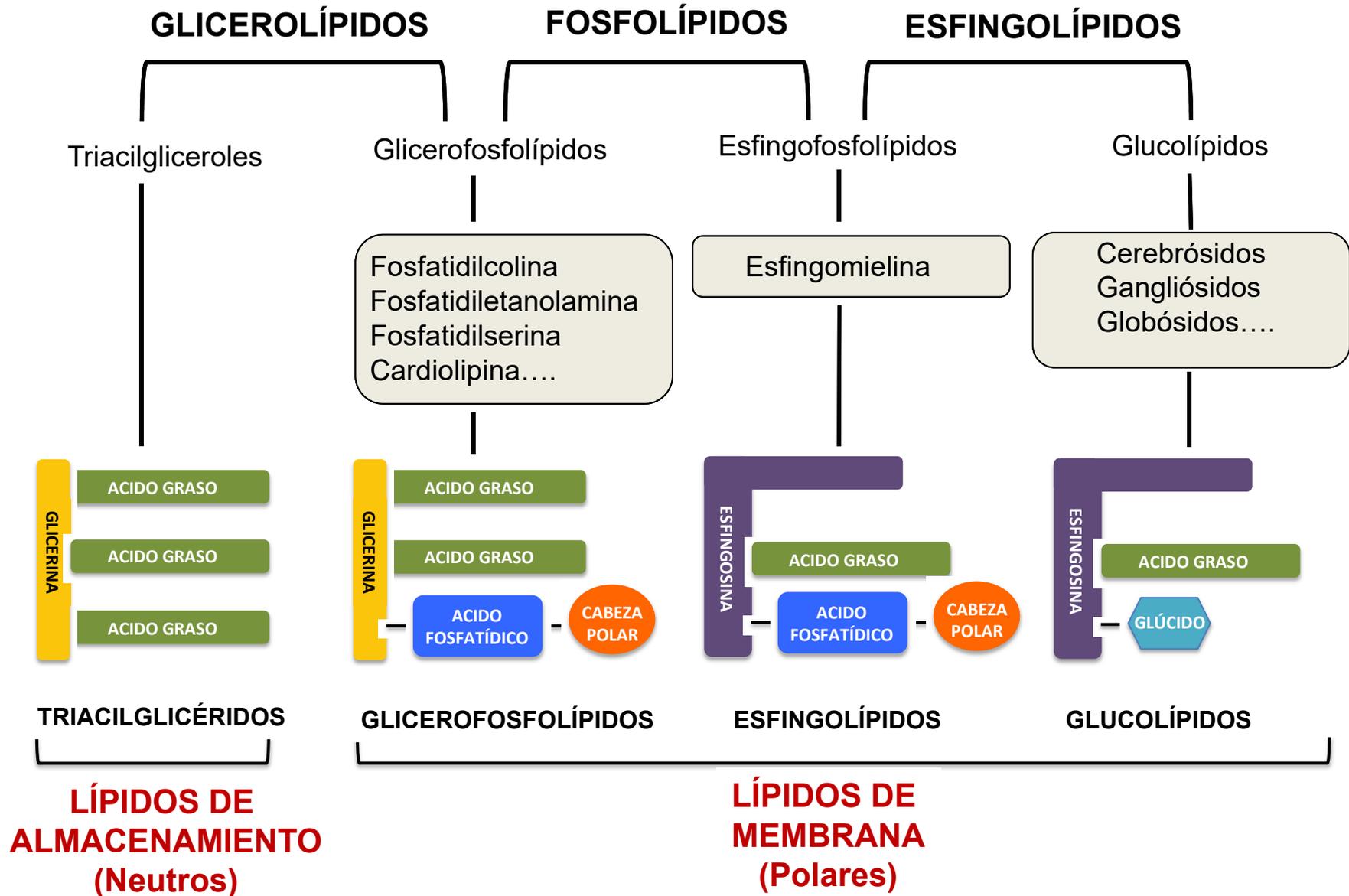
Un ejemplo de céridos es palmitato de miricilo, que se forma por la esterificación del ácido palmítico saturado de 16 átomos de carbono, con el alcohol miricílico, que tiene 30 átomos de carbono.



LÍPIDOS SAPONIFICABLES.

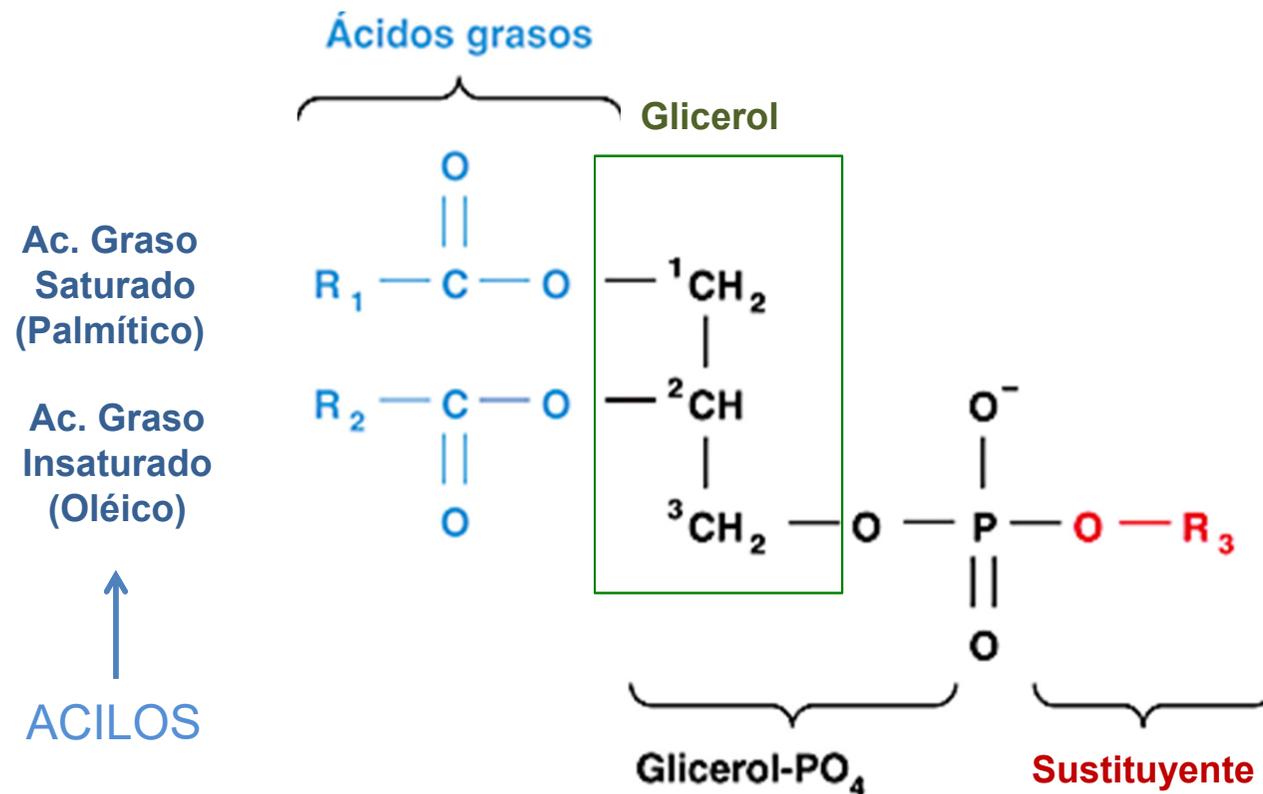


LÍPIDOS SAPONIFICABLES. CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL.



LÍPIDOS SAPONIFICABLES COMPLEJOS. GLICEROFOSFOLÍPIDOS

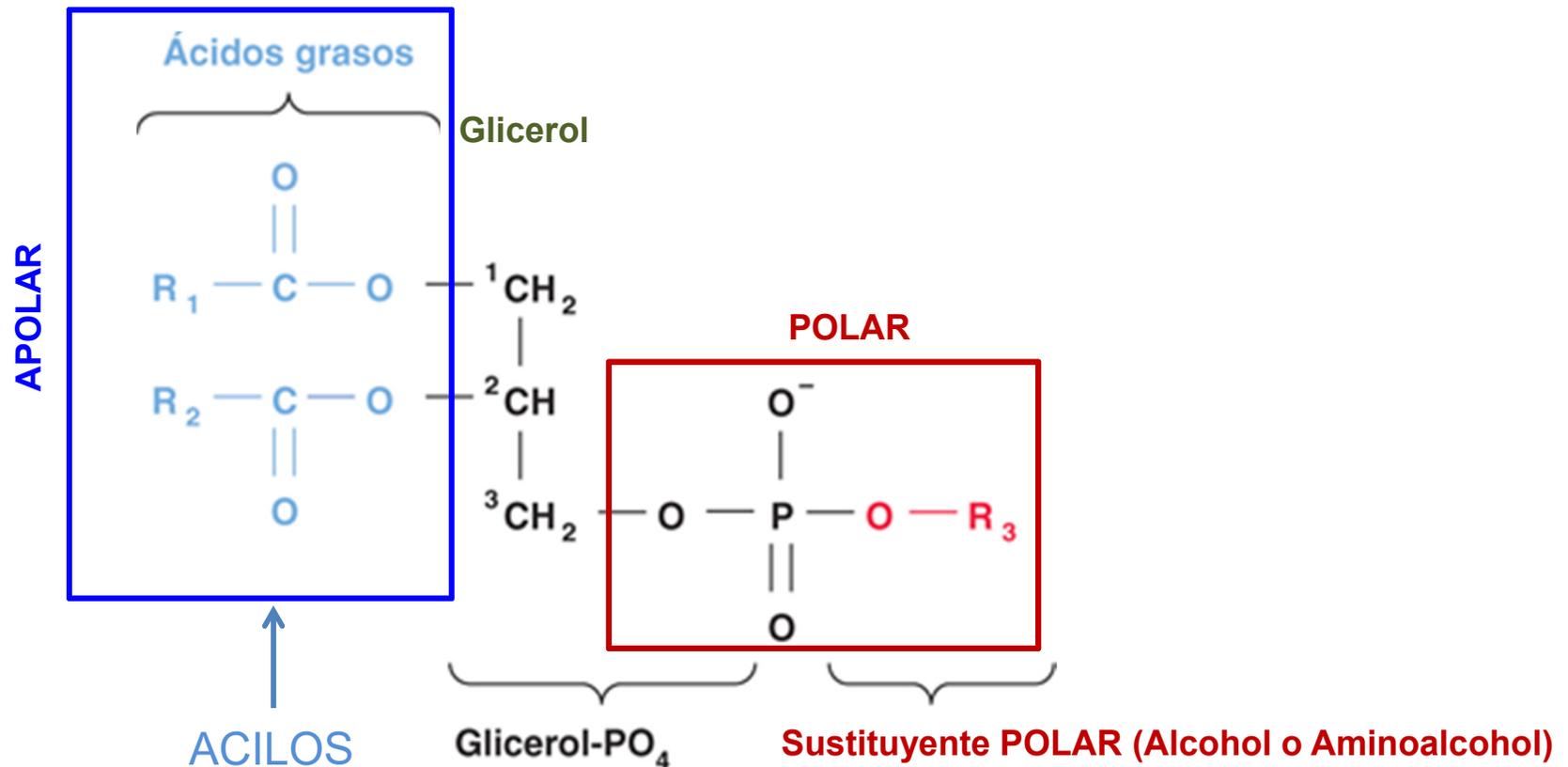
Los GLICEROFOSFOLÍPIDOS SON **DERIVADOS DEL ÁCIDO FOSFÁTICO** (DIACILGLICEROL-3-FOSFATO). El ácido fosfatídico no se encuentra libre en la naturaleza.



Fuente: Víctor W. Rodwell, David A. Bender, Kathleen M. Botham, Peter J. Kennelly, P. Anthony Weil: *Harper. Bioquímica ilustrada*, 30e: www.accessmedicina.com
Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.

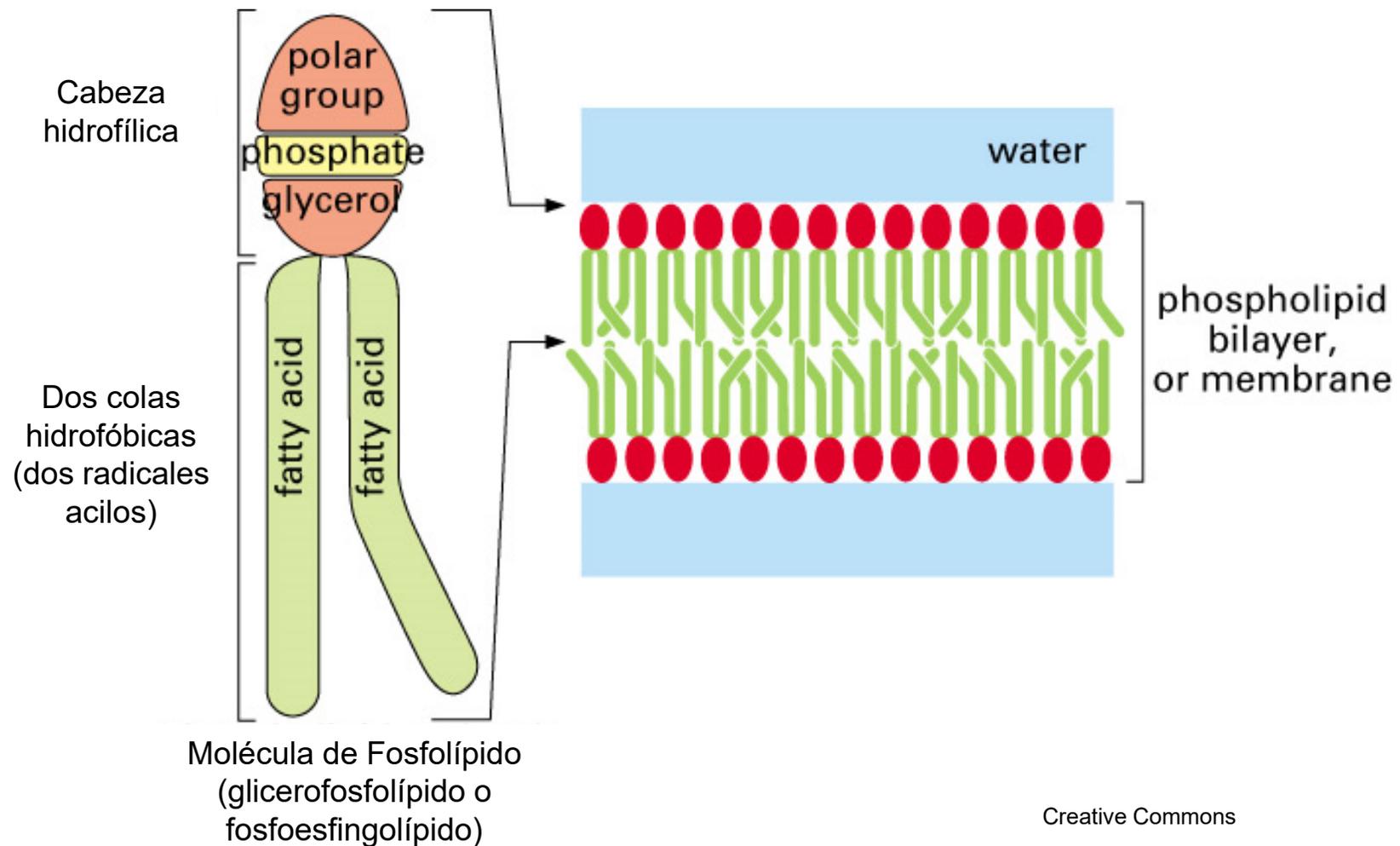
LÍPIDOS SAPONIFICABLES COMPLEJOS. GLICEROFOSFOLÍPIDOS

EL CARACTER DE LOS GLICEROFOSFOLÍPIDOS ES ACUSADAMENTE ANFIPÁTICO.

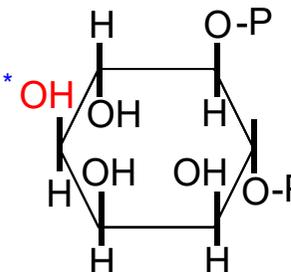


LÍPIDOS SAPONIFICABLES COMPLEJOS. GLICEROFOSFOLÍPIDOS

El carácter anfipático de los fosfoglicéridos constituye la base físico-química de su Principal función biológica, ser **COMPONENTES ESENCIALES DE LAS MEMBRANAS CELULARES.**



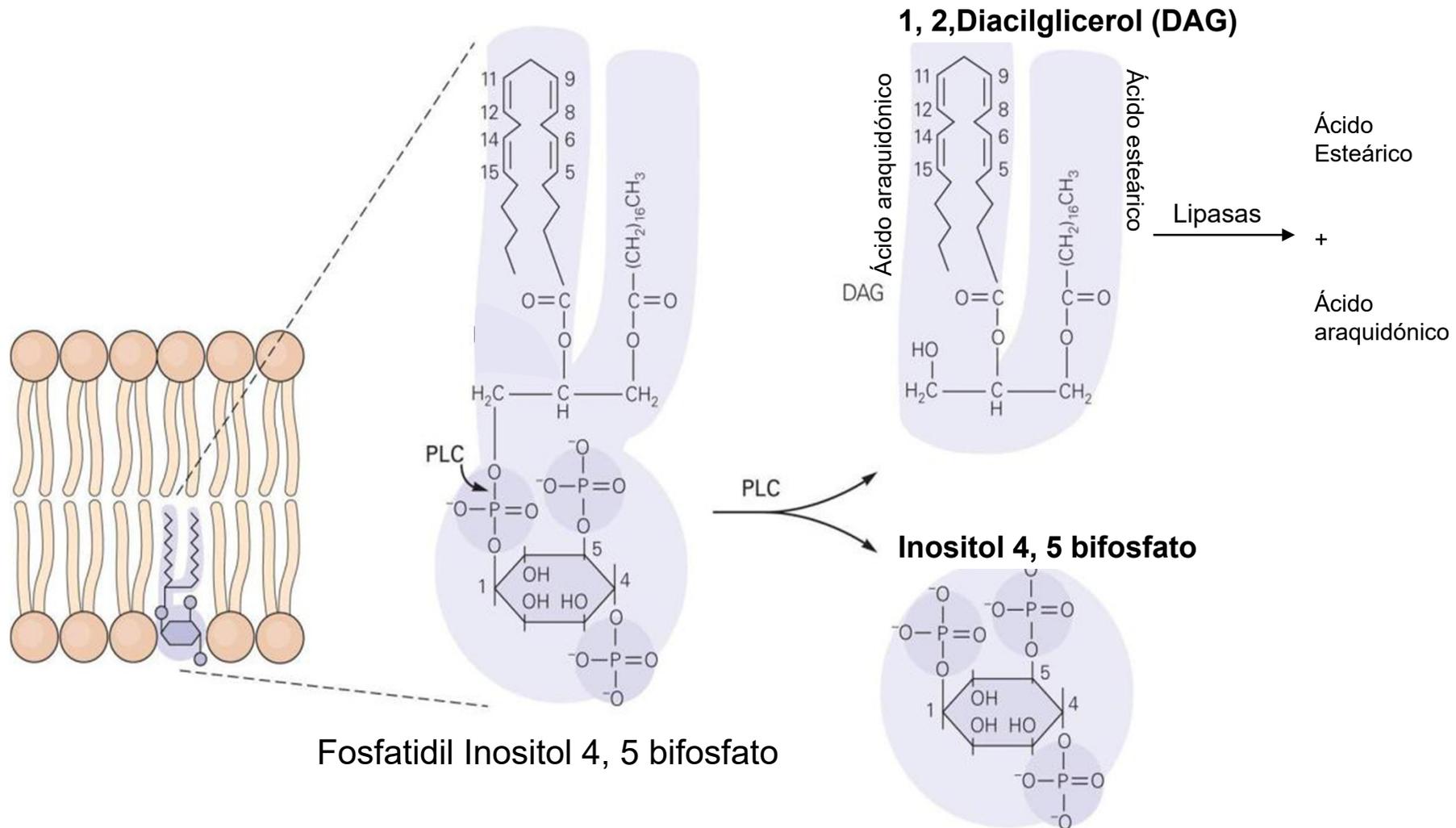
GRUPOS POLARES PRESENTES EN LOS FOSFOLÍPIDOS

	NOMBRE DEL FOSFOLÍPIDO	NOMBRE DEL SUSTITUYENTE (R)	FÓRMULA DEL SUSTITUYENTE POLAR
ALTA PRESENCIA EN LA MEMBRANA CELULAR	FOSFATIDILETANOL-AMINA (CEFALINA)	Etanolamina	$^*OH-CH_2-CH_2-NH_3^+$
	FOSFATIDILCOLINA (LECITINA) Fuente de Ácido Araquidónico. Surfactante Pulmonar Componente de los ác. Biliares	Colina	$^*OH-CH_2-CH_2-N^+(CH_3)_2$
	FOSFATIDILSERINA Señalización de muerte Celular (apoptosis)	Serina	$^*OH-CH(NH_3^+)COO^-$
	FOSFATIDILGLICEROL	Glicerol	$^*OH-CH_2-CH_2-OH$
ALTA PRESENCIA EN LA MEMBRANA MITOCONDRIAL INTERNA	FOSFATIDILINOSITOL 4,5-BIFOSFATO Principal fuente de Ácido araquidónico.	Inositol 4,5-bifosfato	
	CARDIOLIPINA Interviene en la Fosforilación oxidativa (Generación de ATP).	Fosfatidilglicerol	$^*OH-CH_2-CH(OH)-CH_2-O-P-O-CH_2-CH(O-C(=O)-R_1)-CH_2-O-C(=O)-R_2$

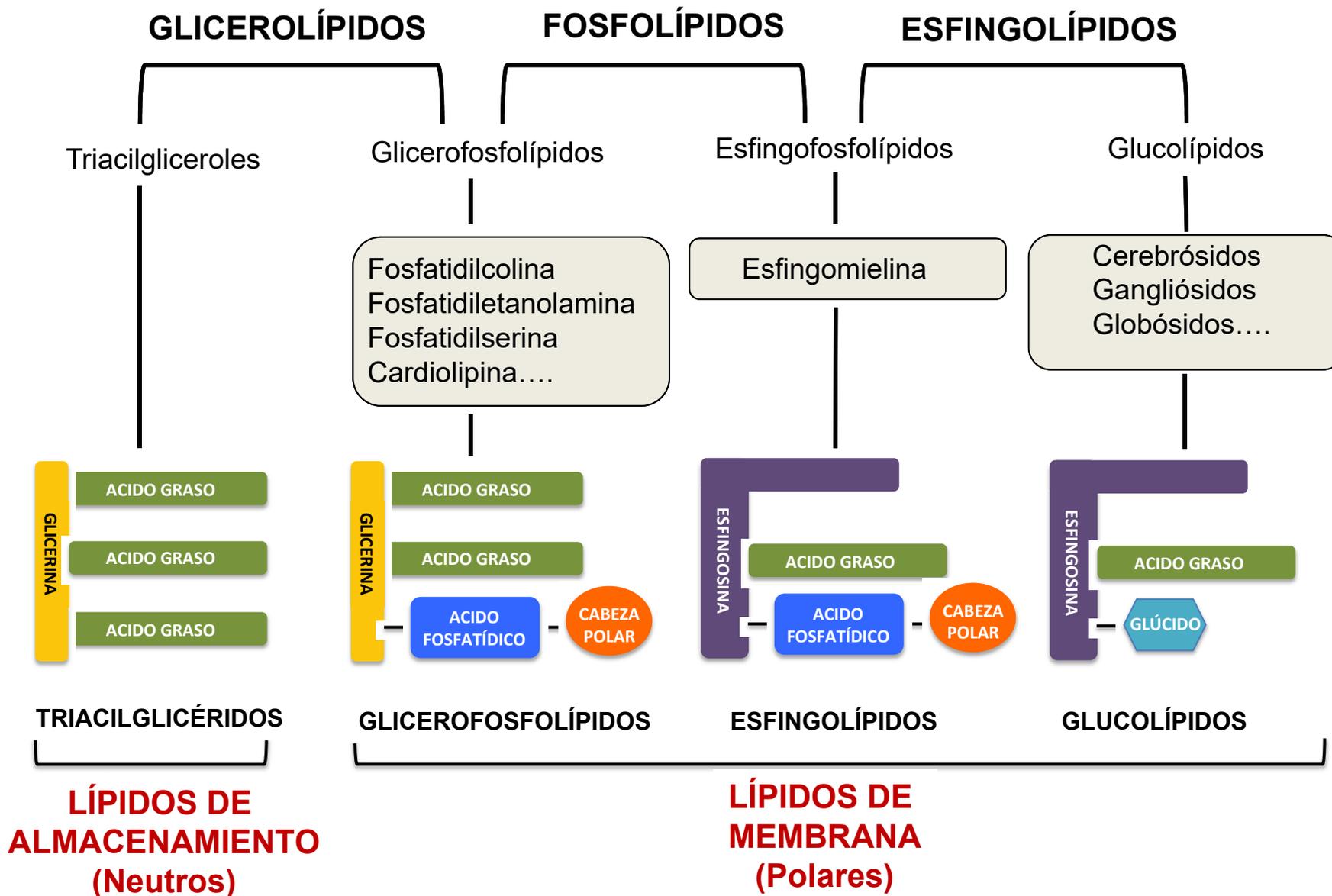
*El grupo OH marcado en rojo se pierde al esterificarse con el grupo fosfato del ác. Fosfátido.

FOSFATIDIL-INOSITOL COMO FUENTE DE ACIDO ARAQUIDÓNICO

El fosfatidil inositol es una fuente de ácido araquidónico. Este ácido graso es escindido de la membrana plasmática por la acción de la **Fosfolipasa C (PLC)** (enzima que rompe fosfolípidos).



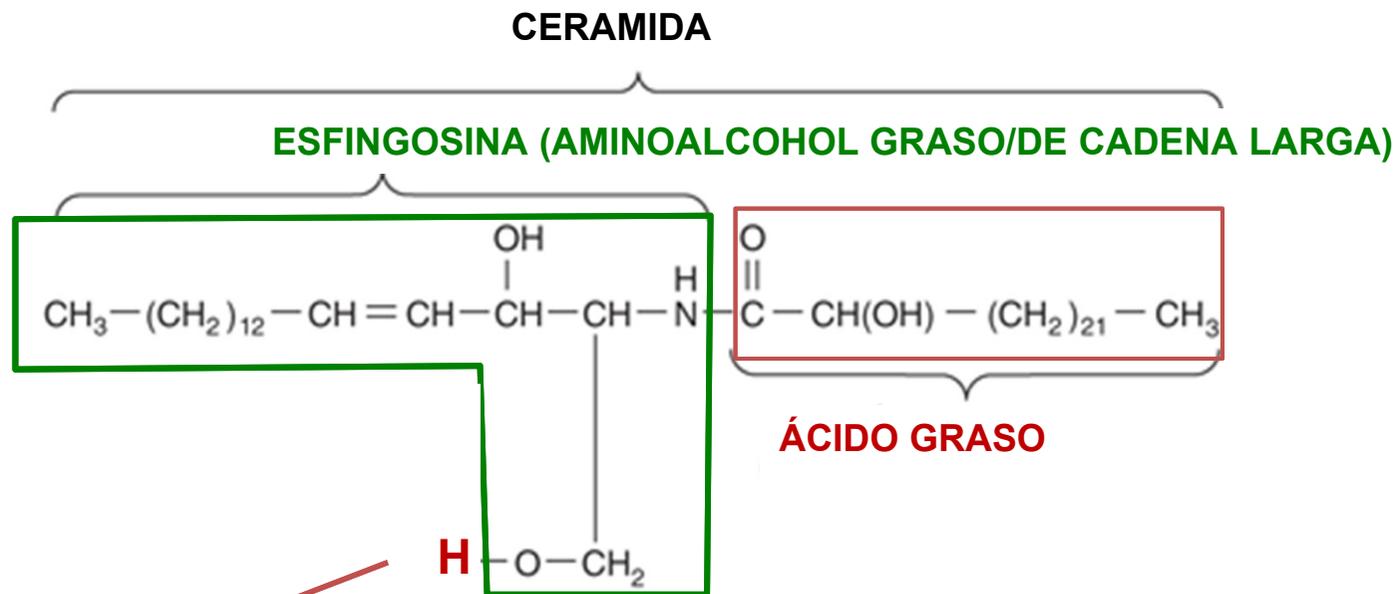
LÍPIDOS SAPONIFICABLES. CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL.



LÍPIDOS SAPONIFICABLES COMPLEJOS. ESFINGOLÍPIDOS.

CONTIENEN EN SU ESTRUCTURA UNA MOLÉCULA DE CERAMIDA (formada por esfingosina y un ácido graso).

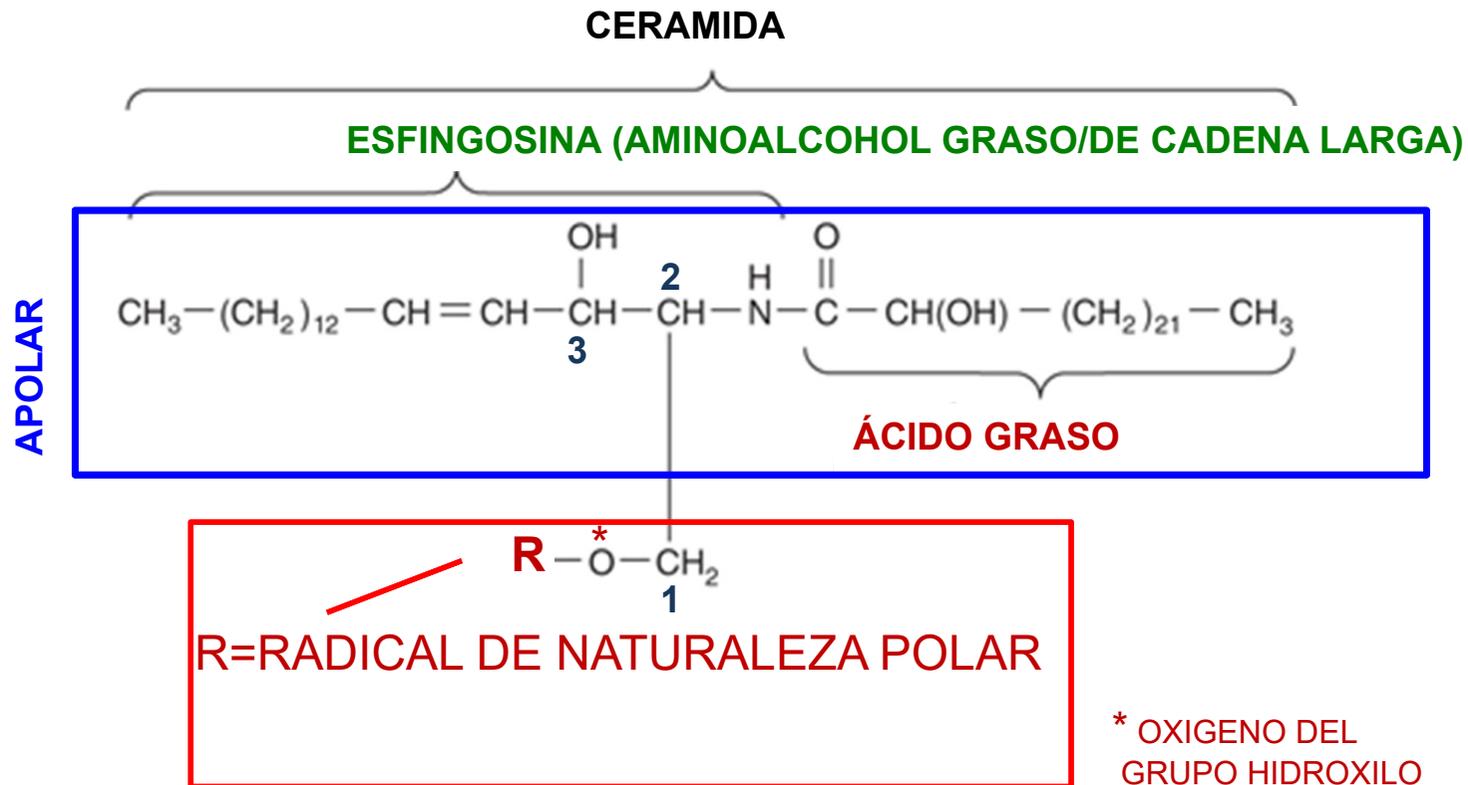
LA CERAMIDA es la base estructural de todos los ESFINGOLÍPIDOS.



El hidrógeno se sustituirá por un RADICAL DE NATURALEZA POLAR

LÍPIDOS SAPONIFICABLES COMPLEJOS. ESFINGOLÍPIDOS.

EL CARACTER DE LOS ESFINGOLÍPIDOS ES ACUSADAMENTE ANFIPÁTICO



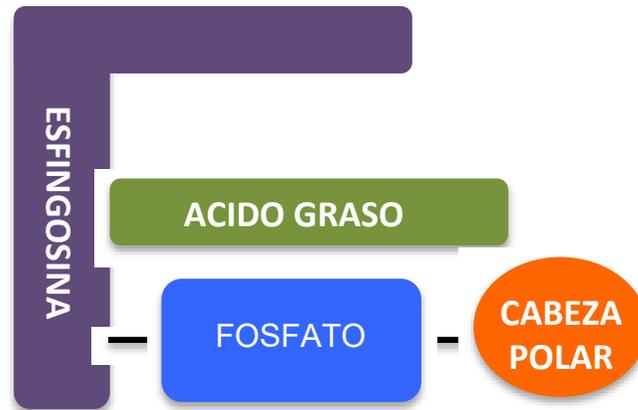
Fuente: Víctor W. Rodwell, David A. Bender, Kathleen M. Botham, Peter J. Kennelly, P. Anthony Weil: *Harper. Bioquímica ilustrada*, 30e: www.accessmedicina.com
Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.

LÍPIDOS SAPONIFICABLES COMPLEJOS. ESFINGOLÍPIDOS.

LA CERAMIDA es la base estructural de todos los ESFINGOLÍPIDOS.

Dentro de los ESFINGOLÍPIDOS PODEMOS DISTINGUIR

FOSFOESFINGOLÍPIDOS



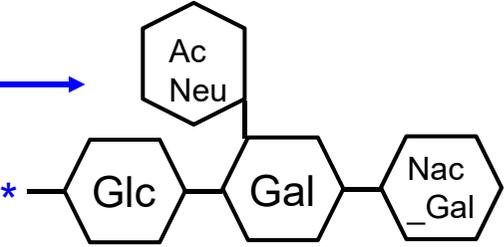
FOSFOMIELINAS

GLUCOESFINGOLÍPIDOS



CEREBRÓSIDOS
GLOBÓSIDOS
GANGLIÓSIDOS

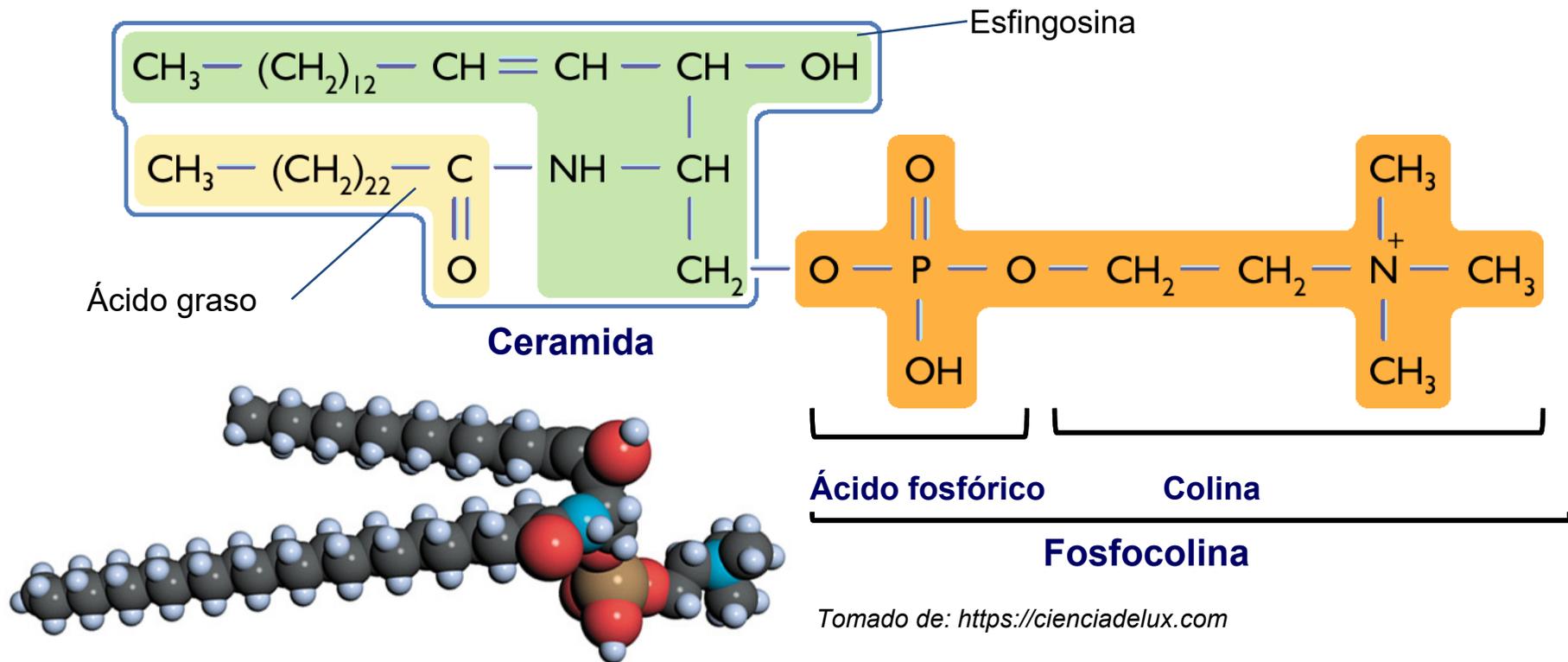
GRUPOS POLARES PRESENTES EN LOS ESFINGOLÍPIDOS

	NOMBRE DEL ESFINGOLÍPIDO	NOMBRE DEL SUSTITUYENTE (R)	FÓRMULA DEL SUSTITUYENTE POLAR
	CERAMIDA	Hidrógeno	
FOSFO ESFINGO LÍPIDOS	ESFINGOMIELINA (Muy abundante en la vaina de mielina)	Fosfocolina	$* \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{P}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \\ \\ \text{O}^- \end{array}$
	GLUCOESFINGO LÍPIDOS	CEREBRÓSIDOS	Glucosa
GLOBÓSIDOS		Di-Tri- o Tetra- sacárido	$* \text{---} \text{Glc} \text{---} \text{Gal}$
GANGLIÓSIDOS		Oligosacáridos complejos	

LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN. LÍPIDOS COMPLEJOS. FOSFOESFINGOLÍPIDOS

FOSFOESFINGOLÍPIDOS

ESFINGOMIELINA.



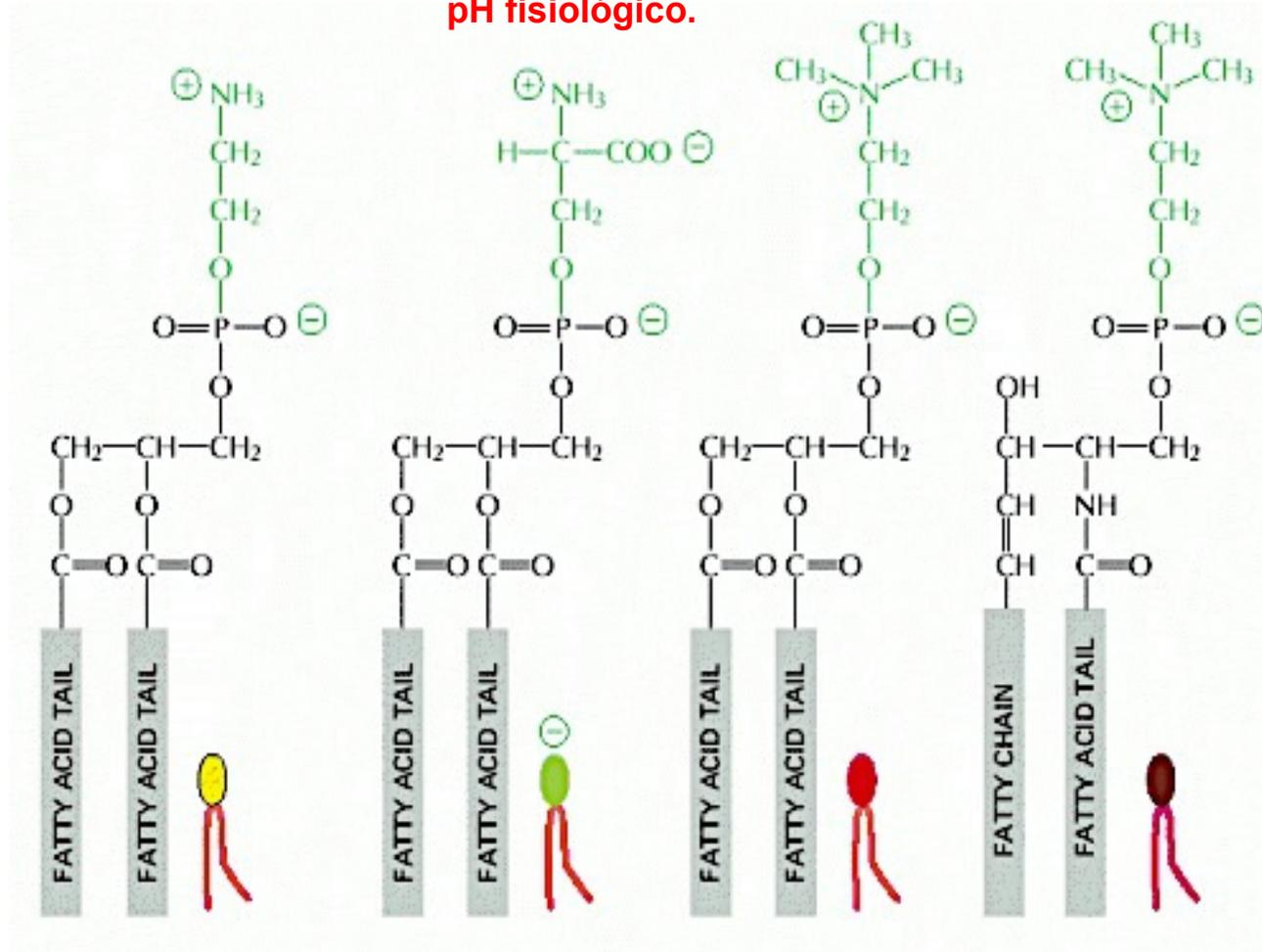
BIPOLAR

Aunque está presente en todas las células animales, es especialmente **abundante en la vaina de mielina** que rodea las fibras nerviosas y actúa como aislante de las corrientes bioeléctricas y **como material de reserva** para la síntesis de neurotransmisores.

LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN. LÍPIDOS COMPLEJOS. ESFINGOLÍPIDOS. FOSFOESFINGOLÍPIDOS

FOSFOLÍPIDOS MAS ABUNDANTES EN LA MEMBRANA

Carga neta
Negativa a
pH fisiológico.



FOSFATIDILETANOLAMINA
(PE)

FOSFATIDILSERINA
(PS)

FOSFATIDILCOLINA
(PC)

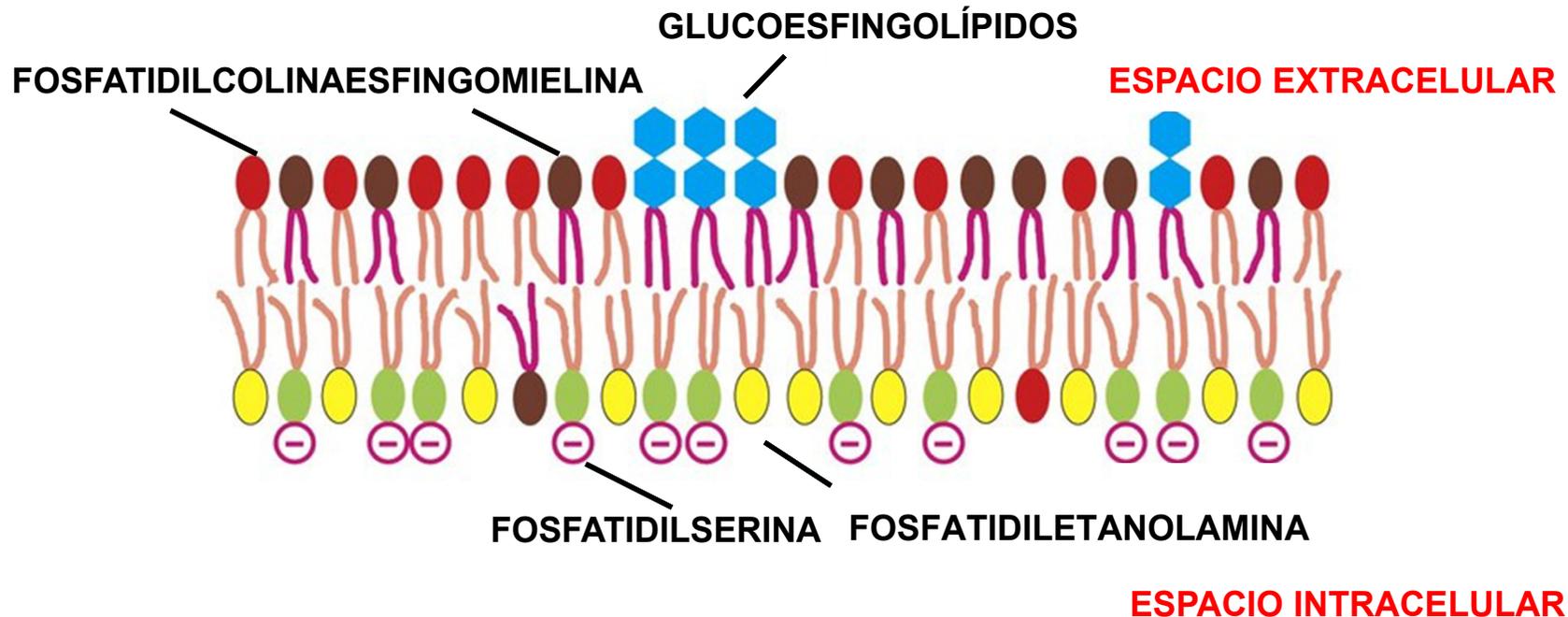
ESFINGOMIELINA
(SM)

GLICEROFOSFOLÍPIDOS

FOSFOESFINGOLÍPIDOS

LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN. LÍPIDOS COMPLEJOS. ESFINGOLÍPIDOS. FOSFOESFINGOLÍPIDOS

ASIMETRÍA DE LOS FOSFOLÍPIDOS EN LA MEMBRANA



La localización asimétrica de los diferentes fosfolípidos en las caras interna y externa de la membrana plasmática contribuye a la **diferencia de carga entre estas dos caras (Potencial de membrana en Reposo)**.

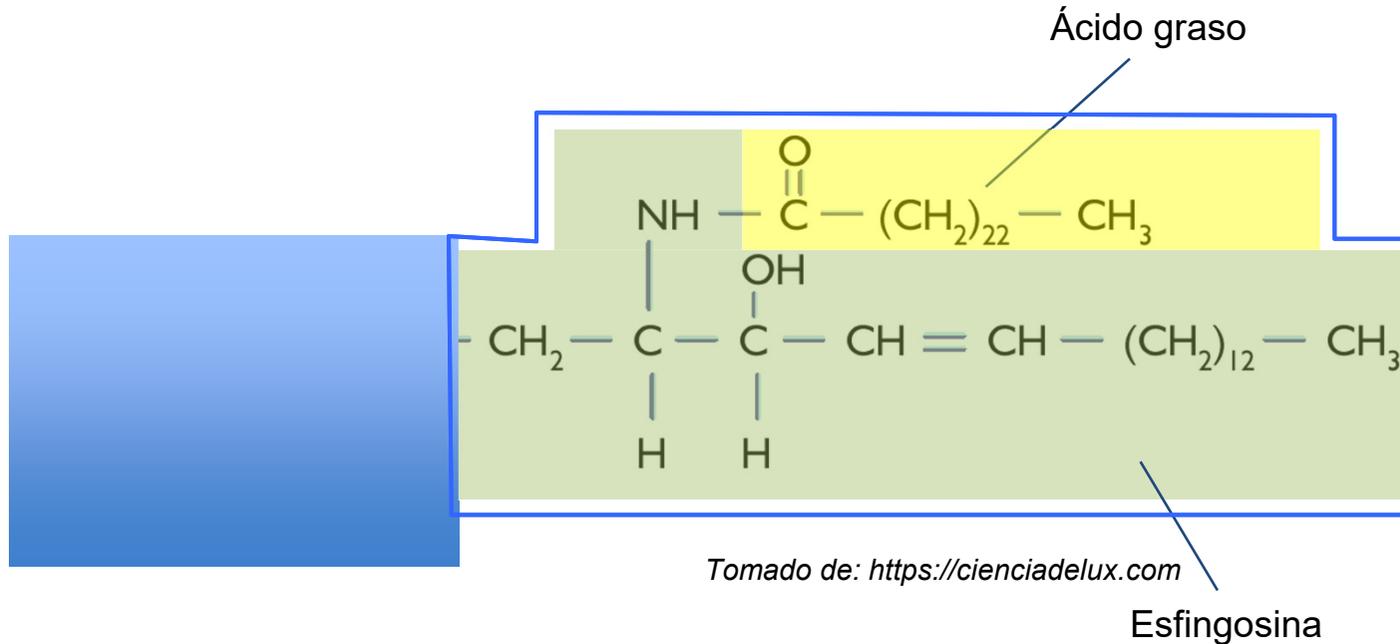
Cuando una célula entra en apoptosis la fosfatidilserina pasa a la cara externa de la membrana y es reconocida por macrófagos que fagocitan y digieren las células.

LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN. LÍPIDOS COMPLEJOS. ESFINGOGLUCOLÍPIDOS

GLUCOESFINGOLÍPIDOS.

CEREBRÓSIDOS.

El monosacárido (D-GLUCOSA/Gluco cerebrósidos O D-GALACTOSA/Galacto cerebrósidos) está unido por un enlace O-glucosídico al grupo hidroxilo de la ceramida.



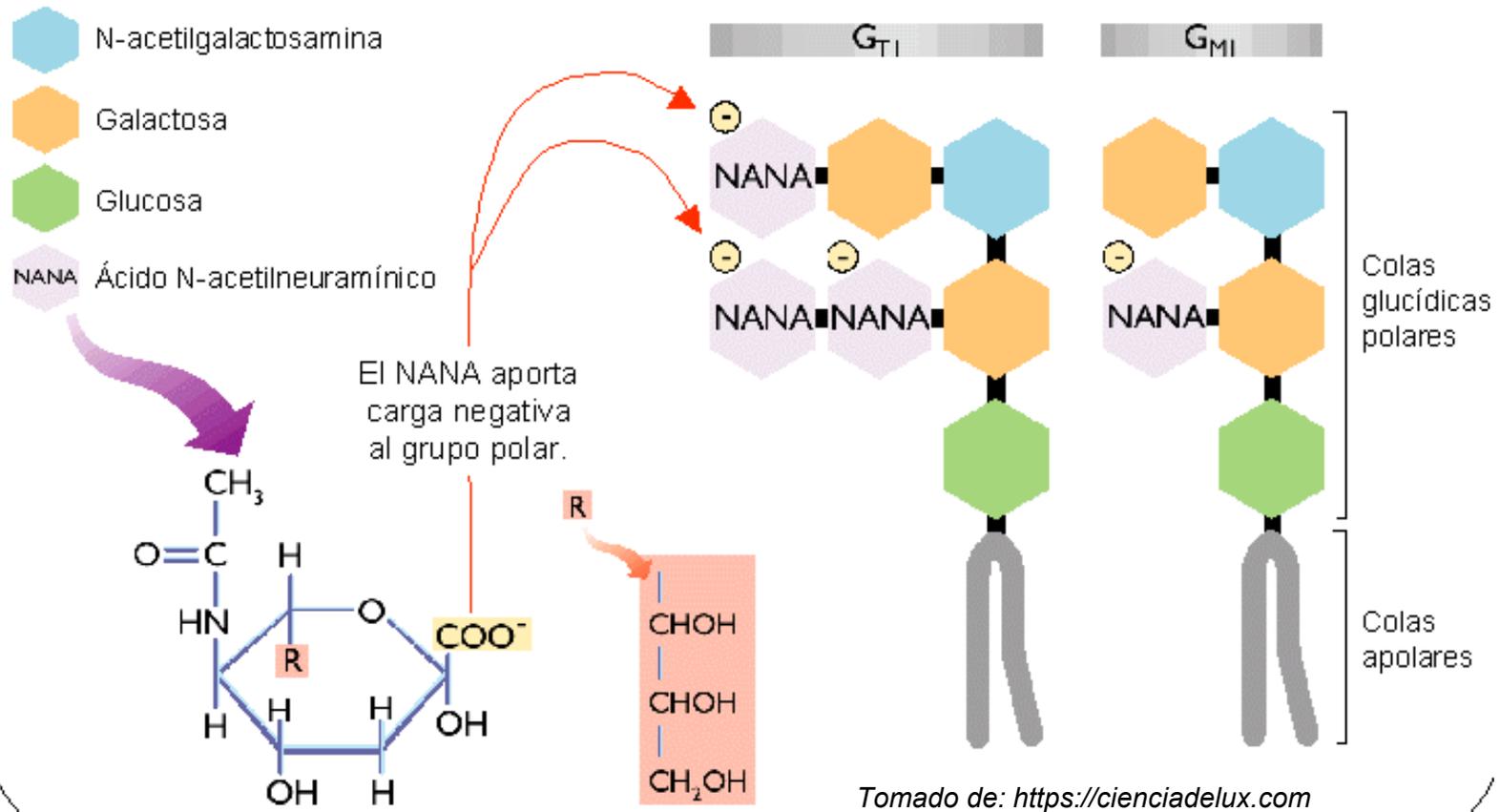
Los **Galactocerebrósidos** abundan en las membranas de las células nerviosas del cerebro y del sistema nervioso periférico y los **Gluco cerebrósidos** se encuentran en pequeñas cantidades en membranas de tejidos no nerviosos (fundamentalmente en la piel).

LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN. LÍPIDOS COMPLEJOS. ESFINGOGLUCOLÍPIDOS

GLUCOESFINGOLÍPIDOS.

GANGLIÓSIDOS.

Contienen cabezas polares muy grandes formadas por unidades de oligosacáridos cargadas negativamente (contienen unidades de **Ácido Neuramínico – NANA**, también denominado **Ácido siálico**, **que tiene la carga negativa a pH7**).

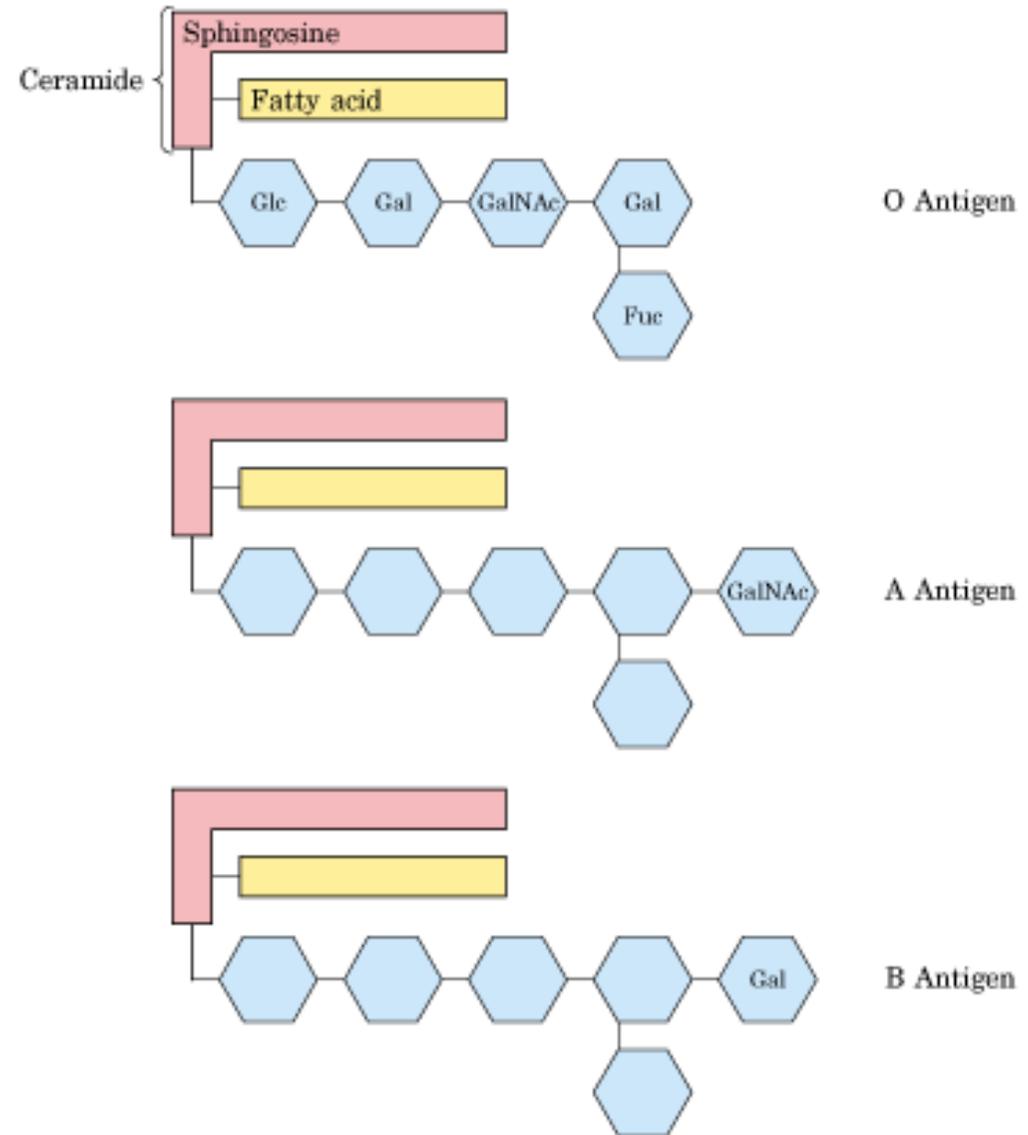


LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN. LÍPIDOS COMPLEJOS. ESFINGOGLUCOLÍPIDOS

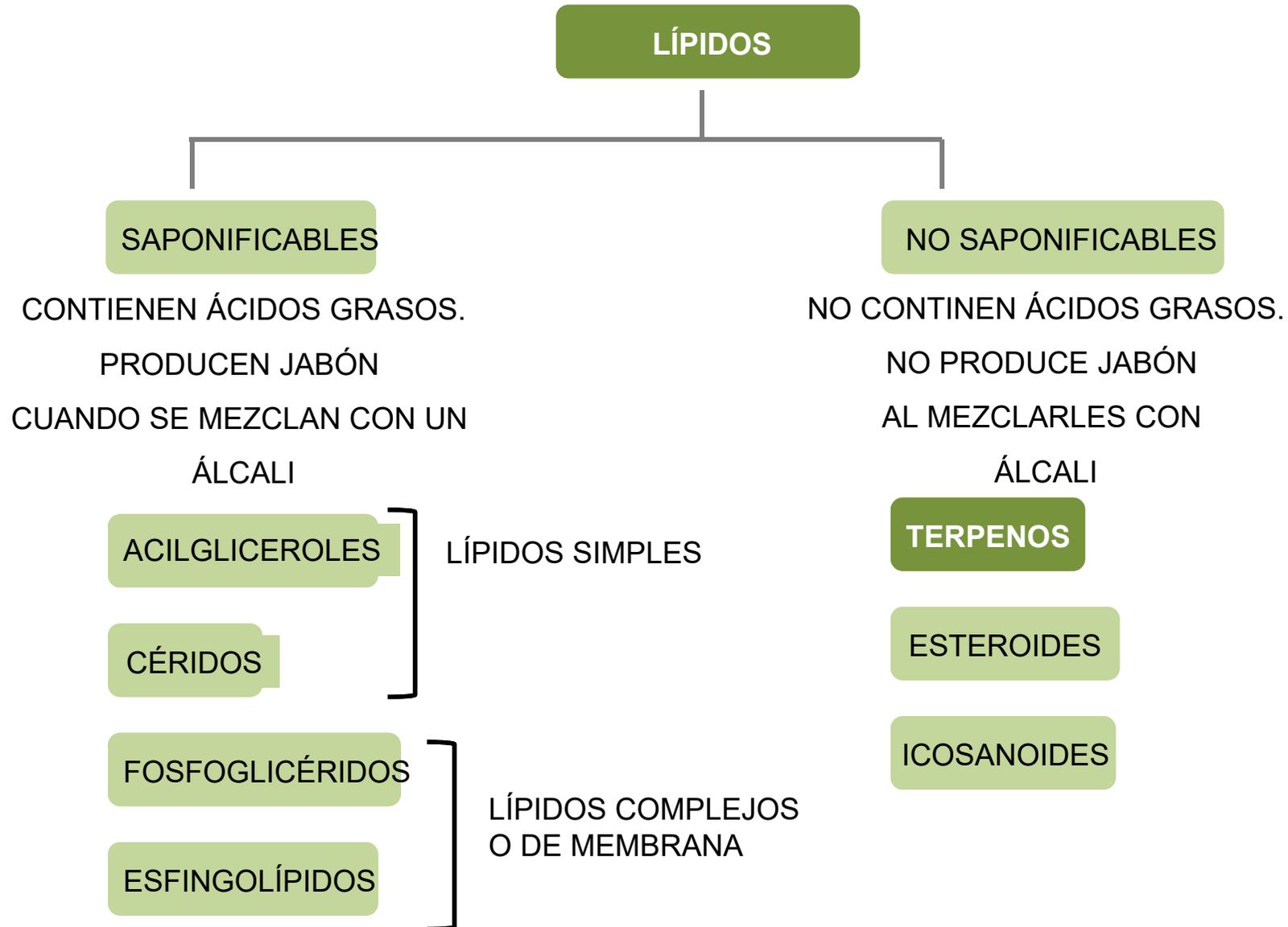
GANGLIÓSIDOS

Funcionan en la superficie celular como **ANTENAS GLUCIDICAS**. Se les considera receptores de membrana con un importante papel en el reconocimiento celular.

Dentro de este grupo cabe destacar los DETERMINANTES DE LOS GRUPOS SANGUÍNEOS HUMANOS (A, B, AB, 0).



LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN



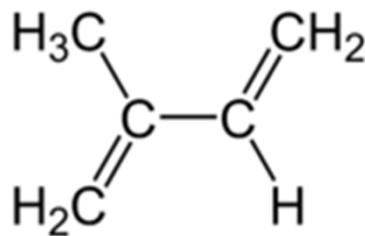
LÍPIDOS. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. TERPENOS

TERPENOS O ISOPRENOIDES

La unidad básica es un **HIDROCARBURO DE CINCO CARBONOS** llamado **ISOPRENO (2-metil-1,3-butadieno)**. Este hidrocarburo polimeriza fácilmente dando lugar a una gran variedad de estructuras moleculares.

Los terpenos presentes en la naturaleza contienen un número variable de unidades de isopreno polimerizadas, normalmente de 2, 4, 6 u 8 unidades.

Debido a su naturaleza hidrocarbonada **SON SUSTANCIAS NETAMENTE HIDROFÓBICAS Y POR LO TANTO INSOLUBLES EN AGUA.**



2-metil-1,3-butadieno
(ISOPRENO)



2-metil-1,3-butadieno
(ISOPRENO)



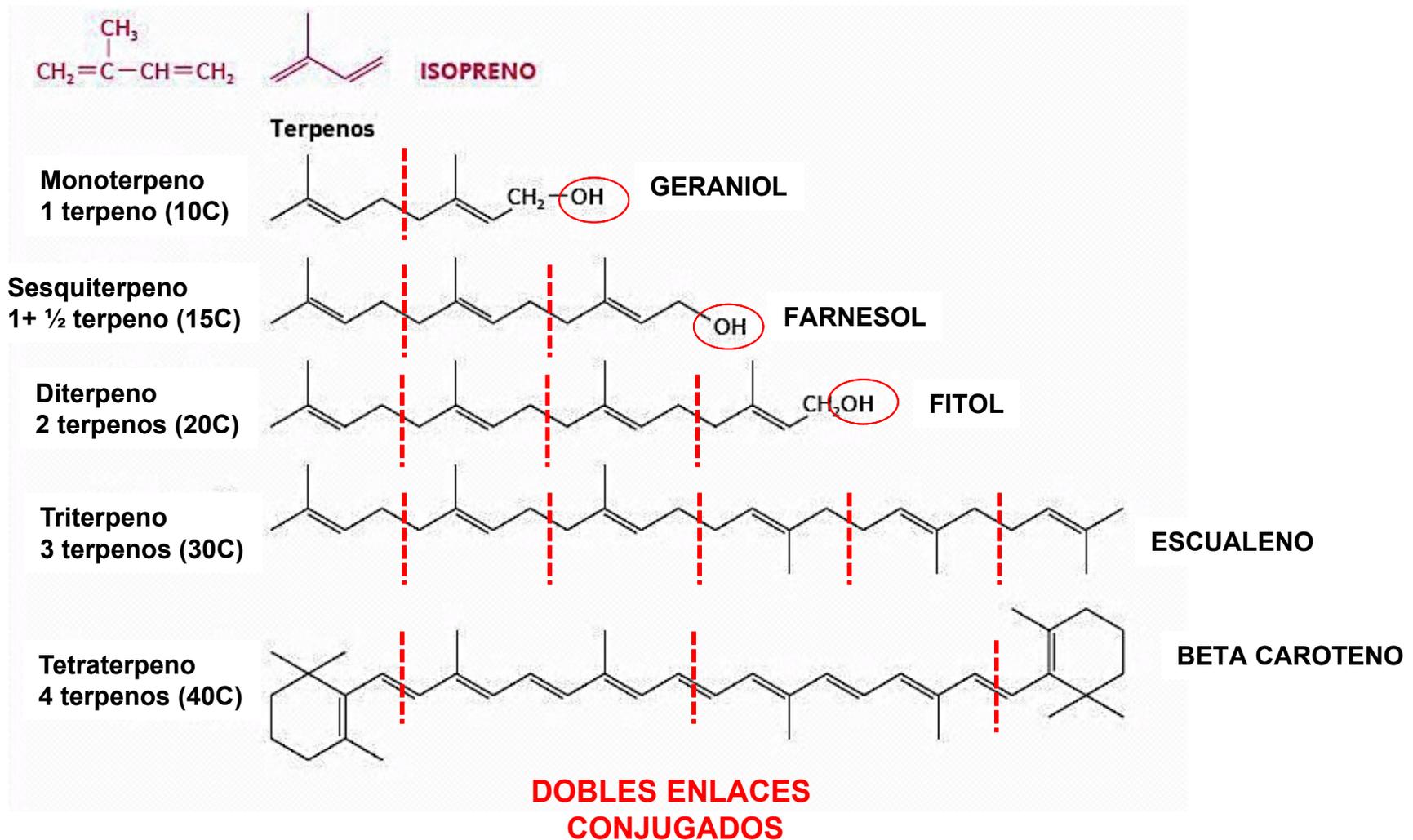
GERANIOL
(Monoterpeno, formado por dos
unidades de isopreno)

UN TERPENO CONSTA DE DOS ISOPRENOS

LÍPIDOS. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. TERPENOS

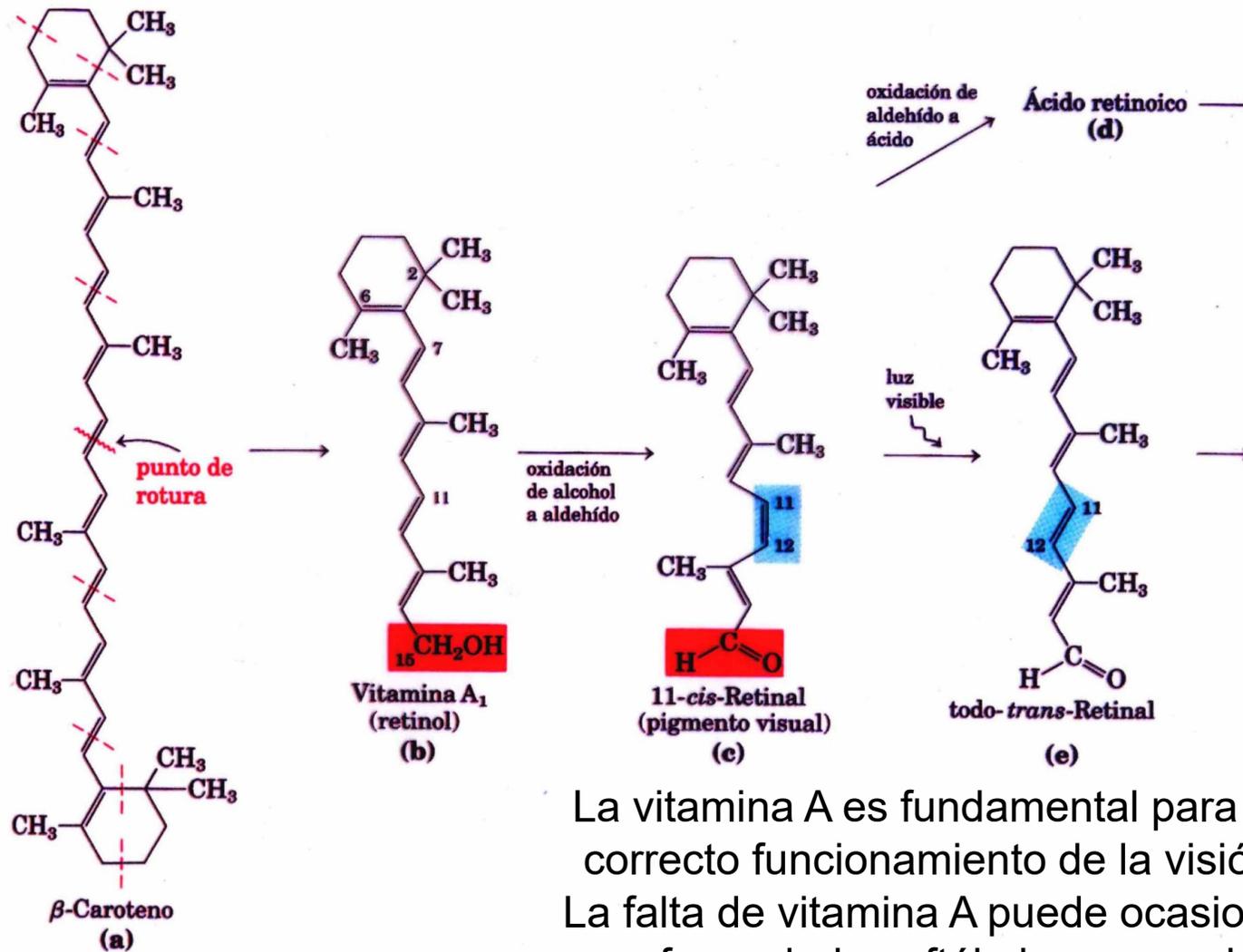
TERPENOS O ISOPRENOIDES

Se clasifican según el número de unidades de TERPENOS.



LÍPIDOS. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. TERPENOS

TERPENOS O ISOPRENOIDES. VIT A



ÁCIDO RETINOICO:

Regula el desarrollo del tejido epitelial (funciona como una hormona, uniéndose a receptores específicos)

TRANS-RETINAL:

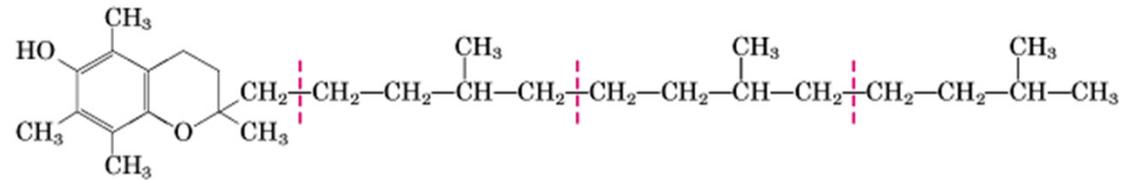
Inicia la respuesta a la luz de las células de la retina.

La vitamina A es fundamental para un correcto funcionamiento de la visión. La falta de vitamina A puede ocasionar enfermedades oftálmicas como la xeroftalmia o la ceguera nocturna.

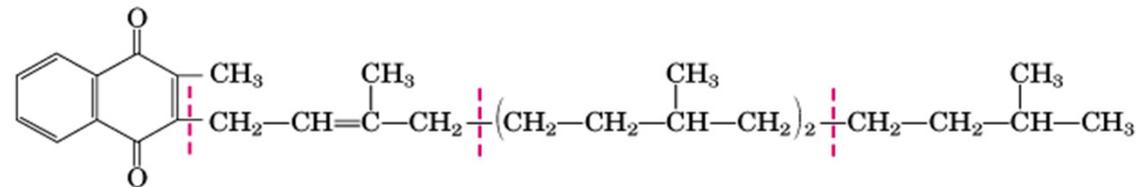
LÍPIDOS. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. TERPENOS

OTROS DERIVADOS ISOPRENOIDES:

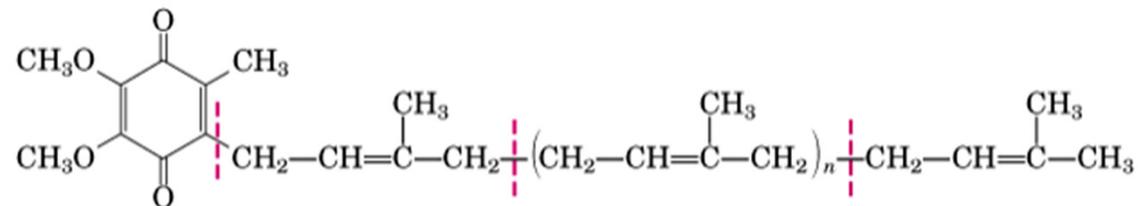
Vitamina E o α -tocoferol
(antioxidante,
esencial para
la fertilidad)



Vitamina K
(cofactor de la
coagulación
sanguínea)



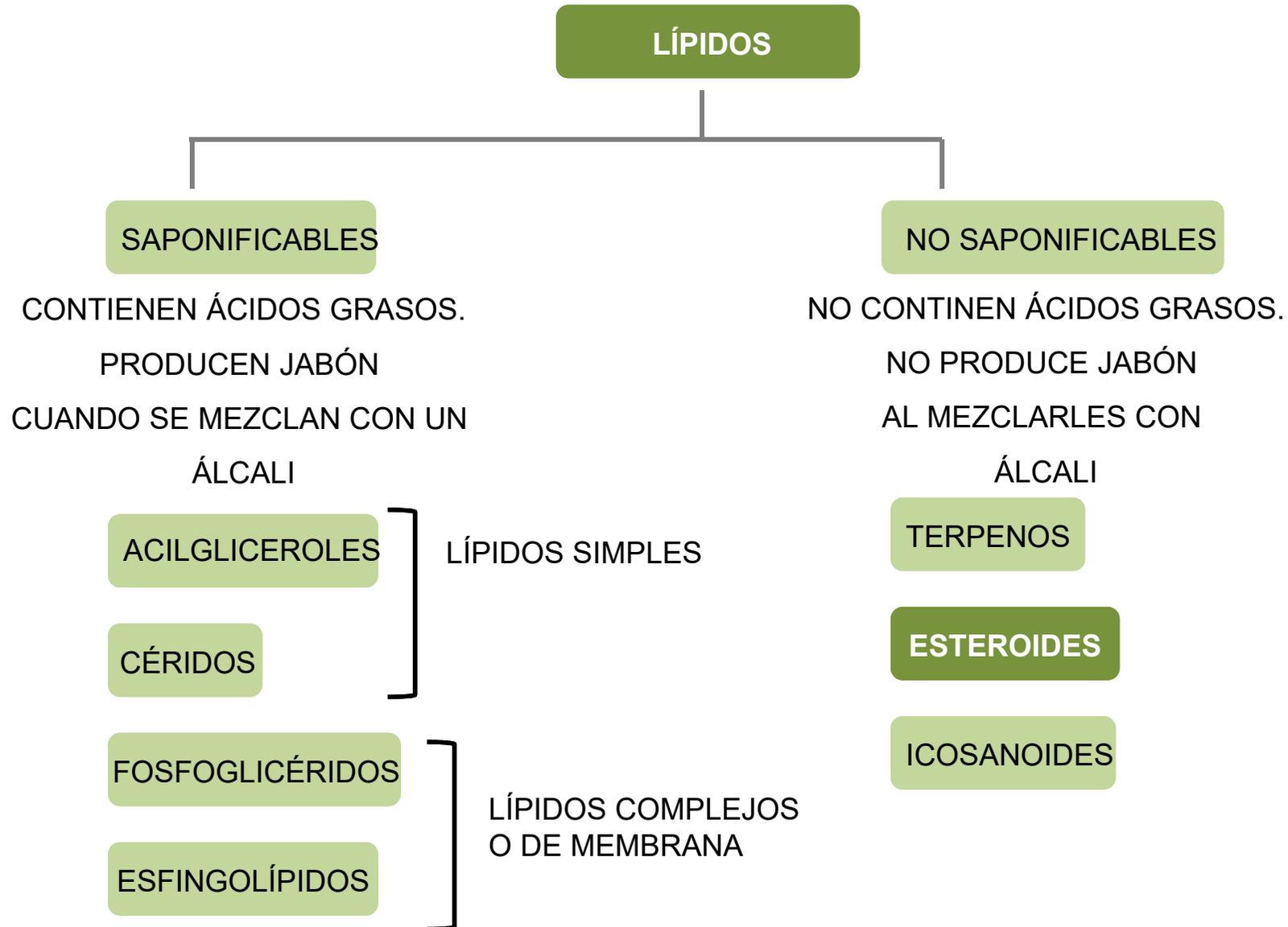
Ubiquinona o coenzima Q
(transportador de
electrones de la
mitocondria)



LÍPIDOS. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. TERPENOS

- ✓ Especialmente **abundantes en el mundo vegetal**. En los organismos animales son más raros y funcionan fundamentalmente como moléculas precursoras en la síntesis de esteroides.
- ✓ Su sistema de **dobles enlaces conjugados** les da la propiedad de absorber la luz a diferentes longitudes de onda, por lo que pueden actuar como pigmentos.
- ✓ **Carotenos y Xantofilas**. Responsables de la coloración característica de muchos frutos. **Fitol**. Alcohol terpenoide que forma parte de la clorofila.
- ✓ Muchos **aromas vegetales**, como el **alcanfor**, el **mentol**, el **geraniol**, son de naturaleza Terpenoide.
- ✓ **Tienen una escasa solubilidad en agua.**

LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN



LÍPIDOS. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. ESTEROIDES

ESTEROIDES

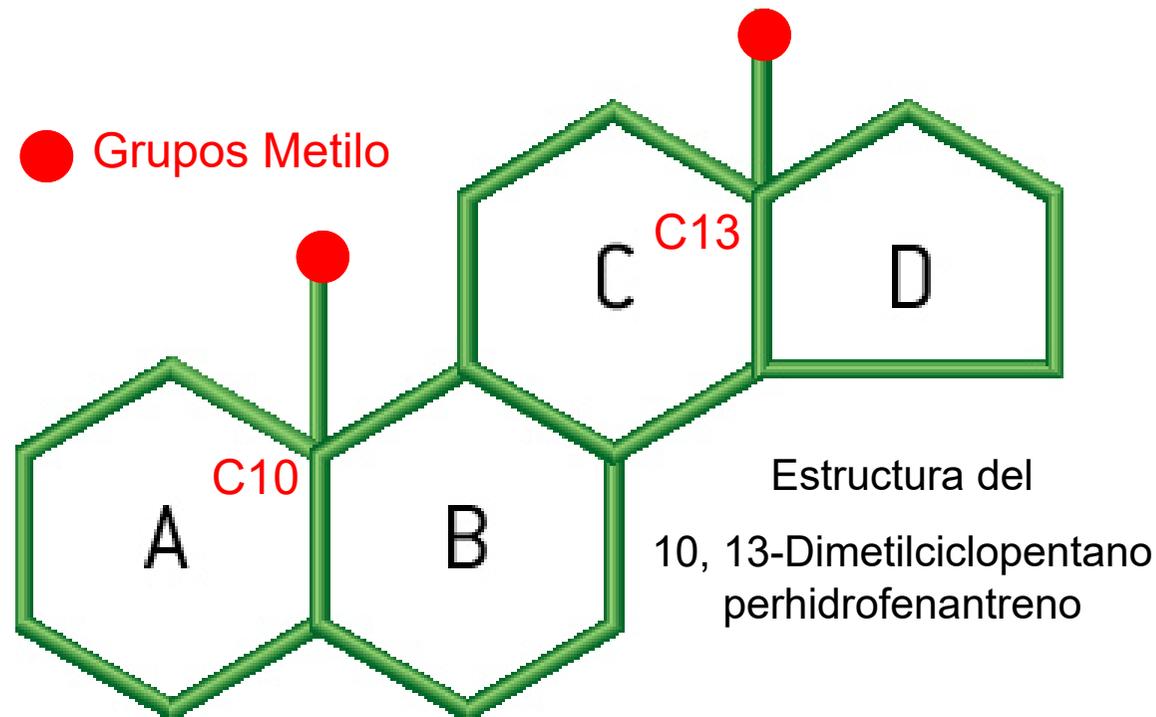
- ✓ **Grupo de lípidos estructuralmente muy complejos.** Derivan de una estructura formada por varios anillos hidrocarbonados denominada **10, 13-DIMETILCICLOPENTANOPERHIDROFENANTRENO (ESTERANO).**
- ✓ **Biológicamente están relacionados con los TERPENOS.**
- ✓ **SON TOTALMENTE INSOLUBLES EN AGUA** , aunque pueden tener sustituyentes hidrofílicos que conferirían “cierta” polaridad a la molécula
- ✓ En este grupo se incluyen compuestos tan importantes como el **colesterol**, la **vitamina D**, algunas **hormonas**, como las **sexuales y las corticales**, o las **sales biliares.**

LÍPIDOS. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. ESTEROIDES

ESTEROIDES.

Todos los esteroides derivan de una estructura compleja formada por varios anillos hidrocarbonados denominada

10, 13-DIMETILCICLOPENTANOPERHIDROFENANTRENO (ESTERANO).



LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. ESTEROIDES

LOS DISTINTOS ESTEROIDES SE DISTINGUEN POR:

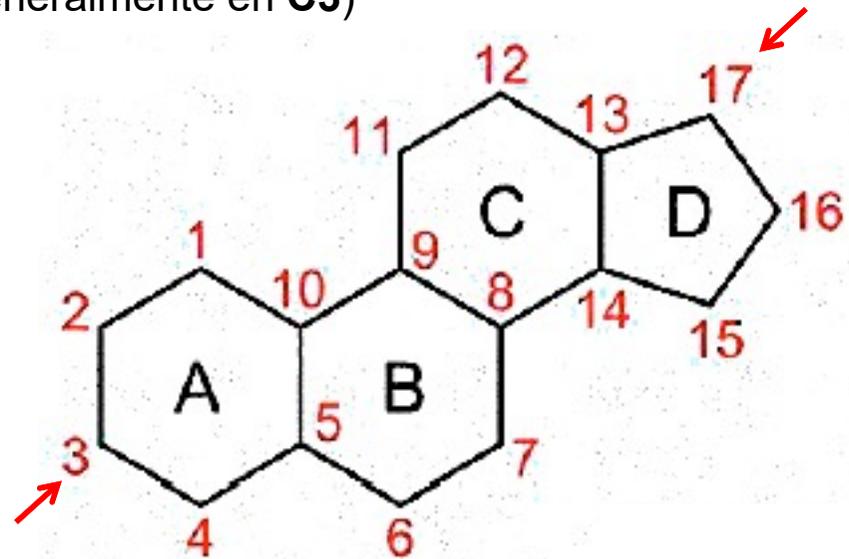
- 1- El grado de **saturación del esterano** (presencia o no de dobles enlaces).
- 2- La existencia de **cadenas laterales diversas** (generalmente unidas a los **C3 y C17**)
- 3- La existencia de **grupos funcionales sustituyentes** (hidroxilo, ceto o carbonilo)(generalmente en **C3**)

EN FUNCIÓN DE ESTO SE DISTINGUEN
TRES GRUPOS DE ESTEROIDES:

ESTEROLES (Colesterol, Vit D)

ACIDOS Y SALES BILIARES

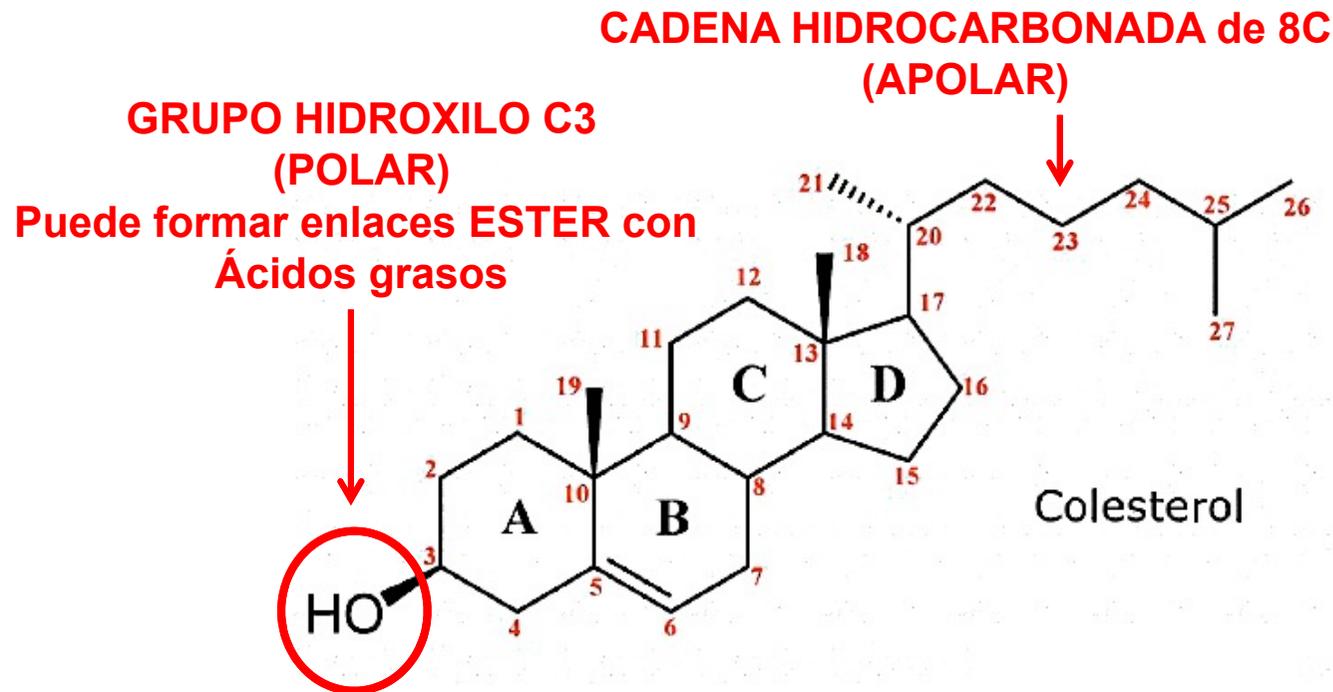
HORMONAS ESTEROIDEAS



LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. ESTEROIDES. ESTEROLES

ESTEROLES

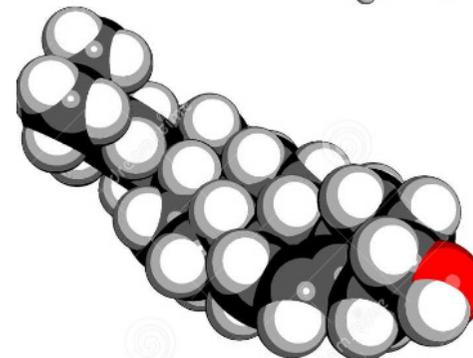
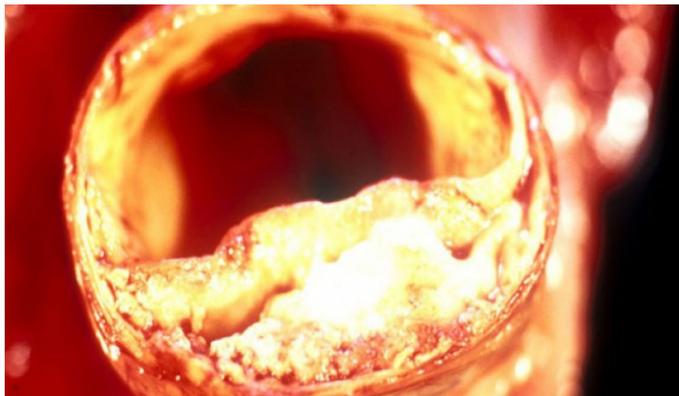
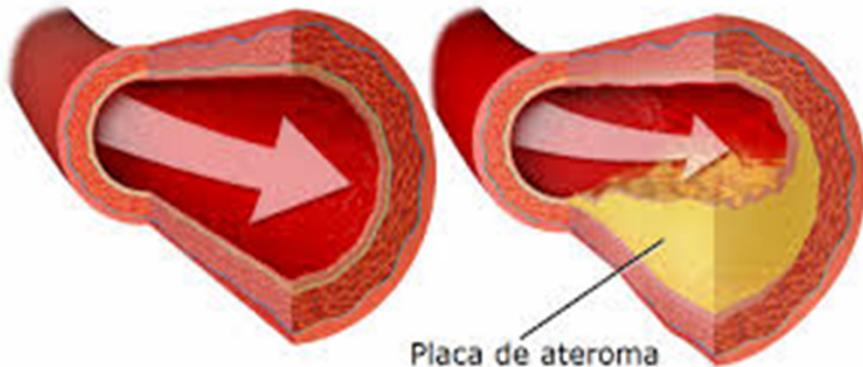
- ✓ El **COLESTEROL** está ampliamente distribuido entre los **animales**, y es un componente habitual de la membrana plasmática, donde contribuye **a regular su fluidez**.
- ✓ El colesterol es el **PRECURSOR METABÓLICO DE OTROS ESTEROIDES** como las hormonas esteroideas y los ácidos biliares.



LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. ESTEROIDES. ESTEROLES

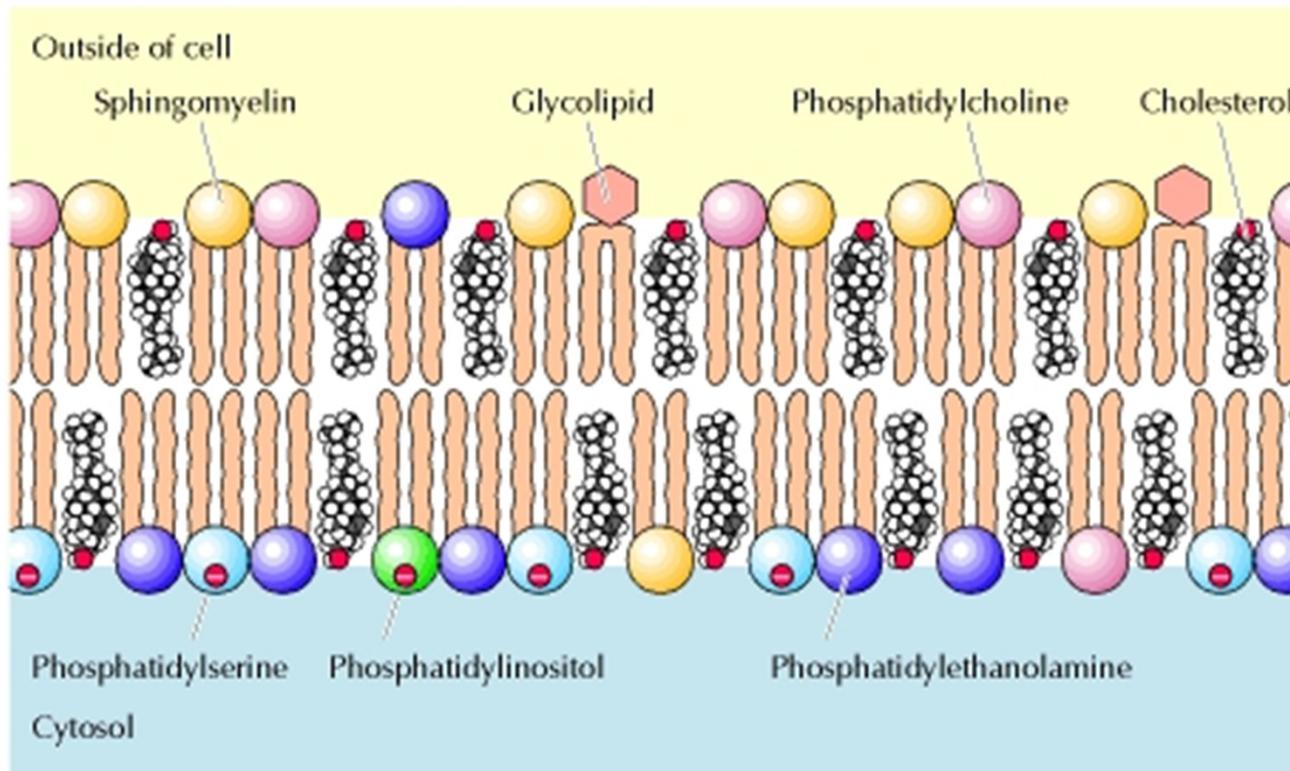
ESTEROLES

Una vez sintetizado, el organismo animal es incapaz de romper el sistema de anillos, de modo que es excretado como tal. Por este motivo, al ser poco soluble, el colesterol tiende a precipitar en el endotelio de los vasos sanguíneos, formando **las placas de ateroma** que dan lugar a la **ATEROESCLEROSIS**.



Creative Commons

LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN. LÍPIDOS COMPLEJOS. FOSFOGLICÉRIDOS O GLICEROFOSFOLÍPIDOS



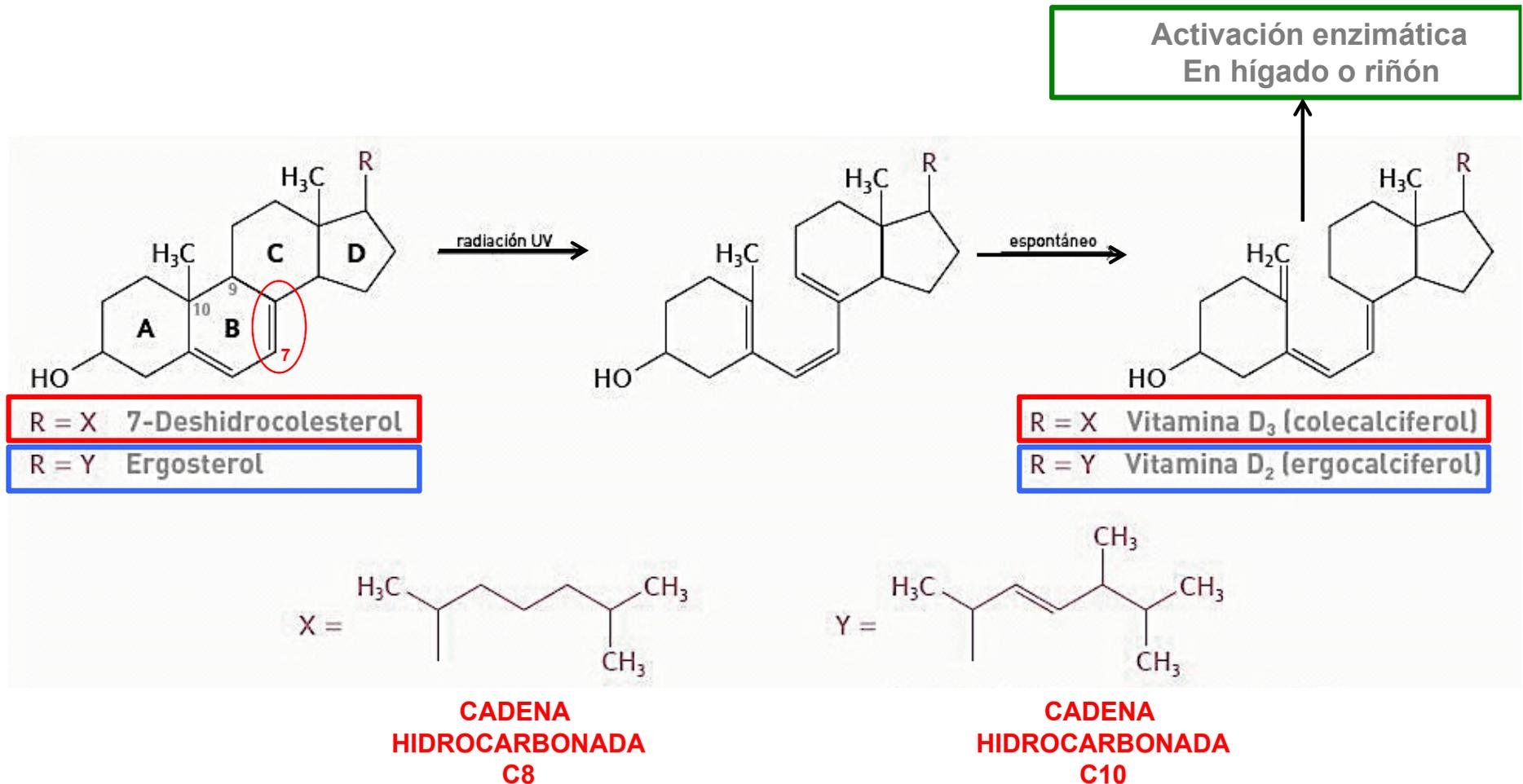
El colesterol celular se encuentra **principalmente en la membrana plasmática** donde tiene un importante papel en la regulación de sus propiedades fisicoquímicas.

El colesterol **se sitúa en la parte hidrofóbica de la membrana**, pero con su parte hidrofílica (grupo OH) dirigida hacia el exterior. Su misión es **romper las interacciones por fuerzas de Van der Waals** que se dan entre las colas hidrofóbicas de los fosfolípidos, **umentando la fluidez de la membrana**.

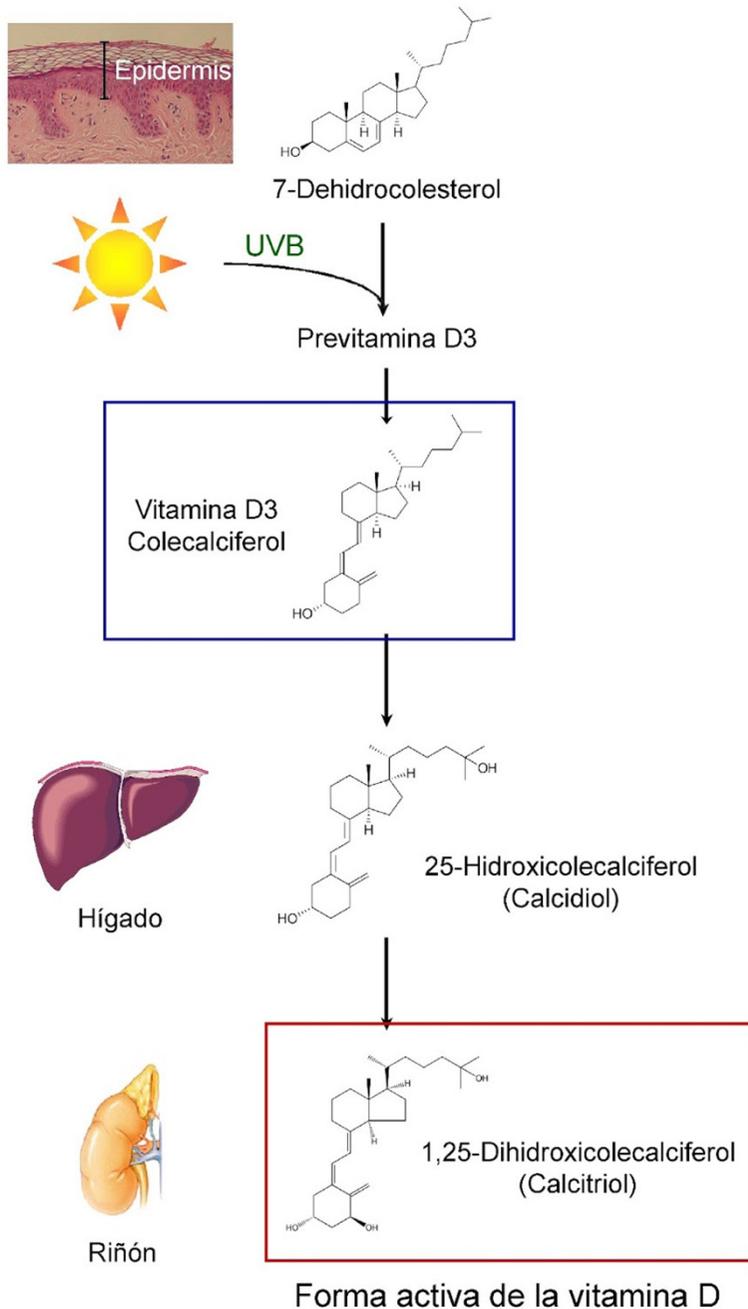
LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. ESTEROIDES. ESTEROLES

ESTEROLES

Los **CALCIFEROLES (vitaminas D)** son esteroides implicados en la absorción de calcio por parte del intestino en los animales superiores.
Su deficiencia provoca el **raquitismo**.



LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. ESTEROIDES. ESTEROLES



Las vitaminas D3 (Colecalciferol) y D2 (Ergocalciferol) no son biológicamente activas, pero ciertas enzimas del hígado y los riñones las convierten en sus formas activas.

En el caso de la vitamina D3 han de producirse los pasos enzimáticos para transformar al **colecalciferol en 1,25 dihidroxicolecalciferol**, que es su forma activa.

LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. ESTEROIDES. SALES BILIARES.

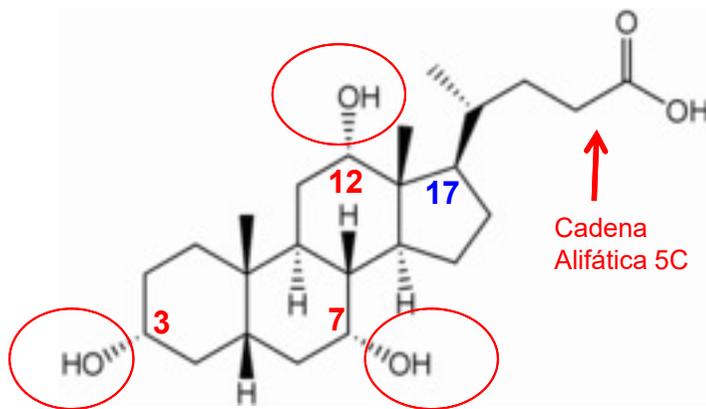
ÁCIDOS Y SALES BILIARES

Son derivados estructurales del **ácido cólico**, que se caracteriza por tener en el C17 una cadena alifática ramificada de 5 átomos de carbono y tres grupos -OH en los carbonos 3, 7 y 12.

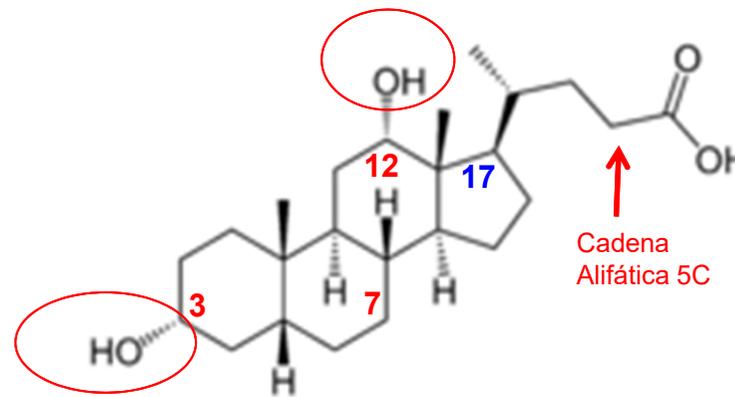
Los más característicos son **el ácido cólico y el desoxicólico** (principales componentes de la bilis).

Su función es emulsionar las grasas en el intestino delgado para facilitar la función de las LIPASAS.

Son moléculas **ANFIPÁTICAS** debido a la presencia de múltiples grupos -OH.



ÁCIDO CÓLICO

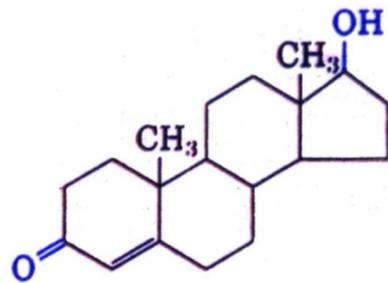


ÁCIDO DESOXICÓLICO

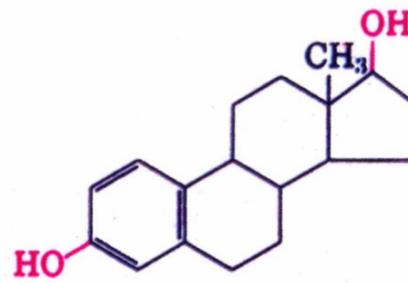
LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. ESTEROIDES.

HORMONAS ESTEROIDEAS

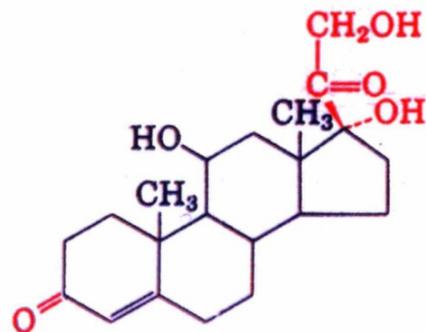
Son sustancias producidas por las glándulas endocrinas, que se distribuyen por el torrente sanguíneo y ejercen **funciones de regulación metabólica en tejidos específicos.**



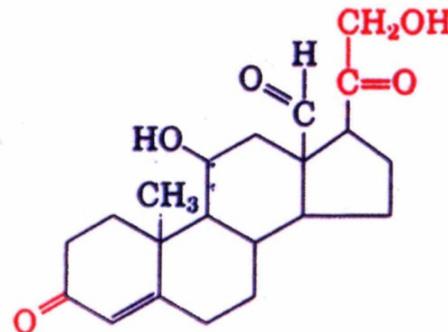
Testosterona



Estradiol



Cortisol

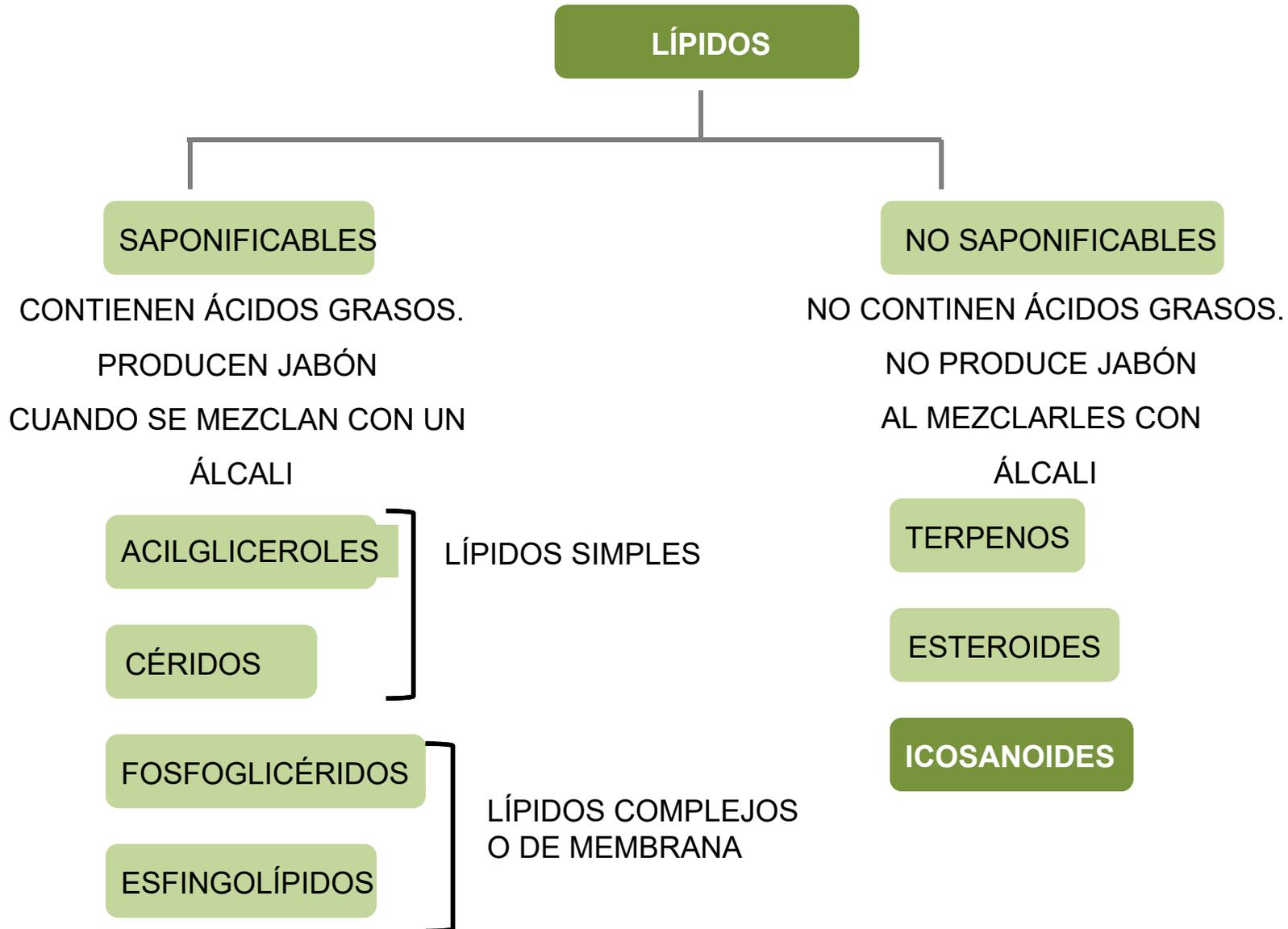


Aldosterona

Dentro de éstas tenemos **HORMONAS SEXUALES** como la **TESTOSTERONA** y el **ESTRADIOL**.

Y **HORMONAS CORTICALES** Como el **CORTISOL** y la **ALDOSTERONA**.
Producidas en la corteza suprarrenal.

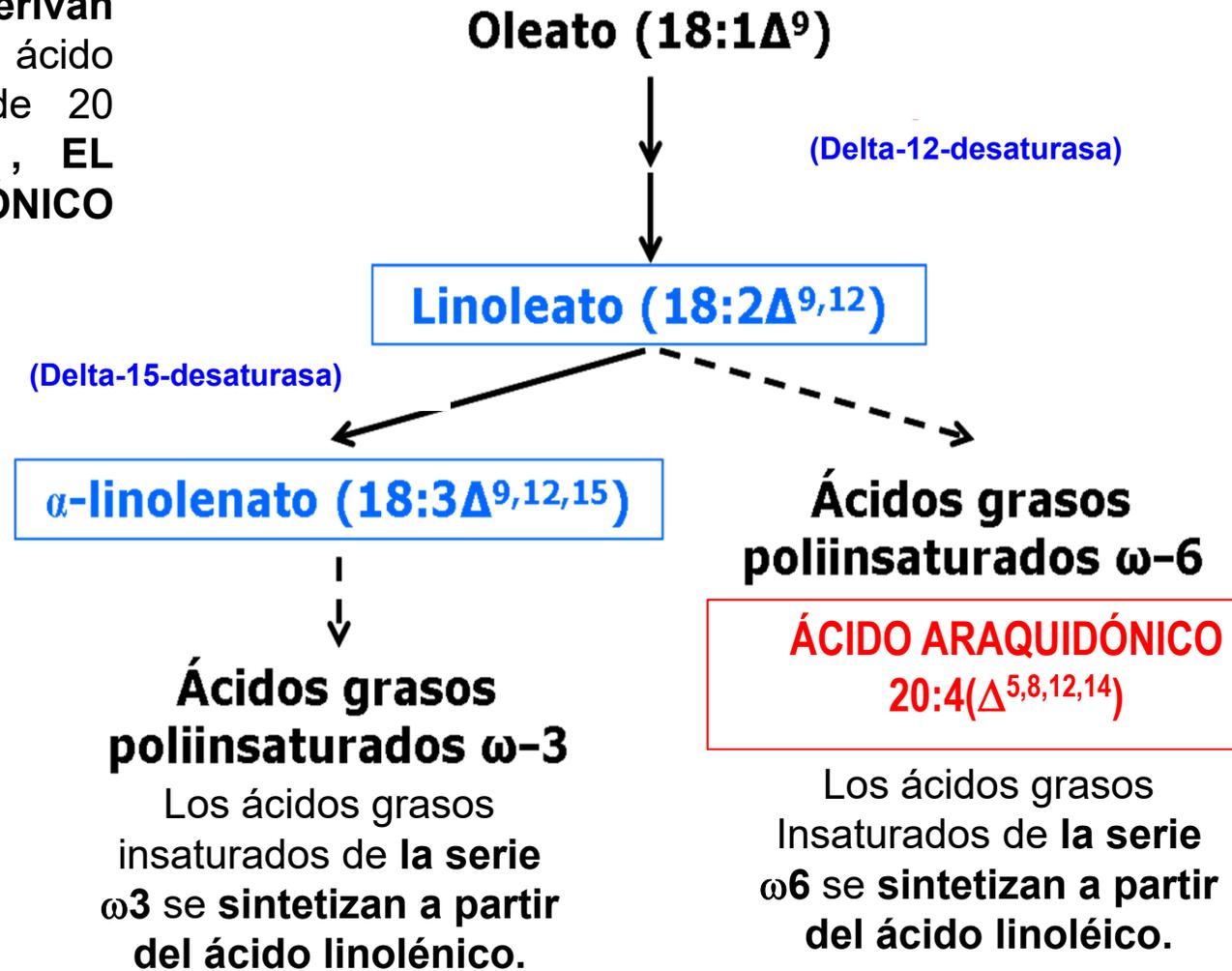
LÍPIDOS. CLASIFICACIÓN



LÍPIDOS. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. ESTEROIDES

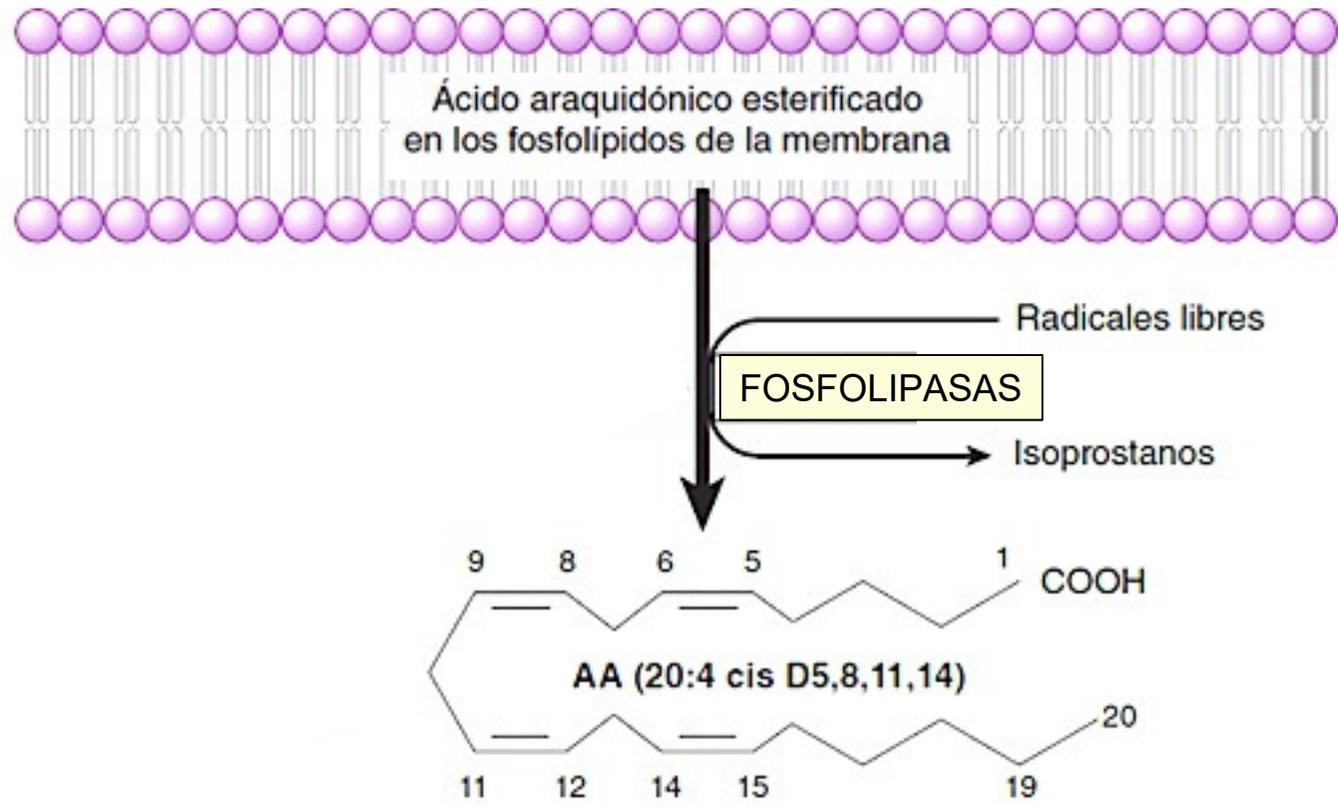
ICOSANOIDES.

Grupo de lípidos que **derivan de la ciclación** de un ácido graso poliinsaturado de 20 átomos de Carbono , **EL ÁCIDO ARAQUIDÓNICO C20:4 ($\Delta^{5,8,11,14}$)**.



LÍPIDOS. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. ICOSANOIDES.

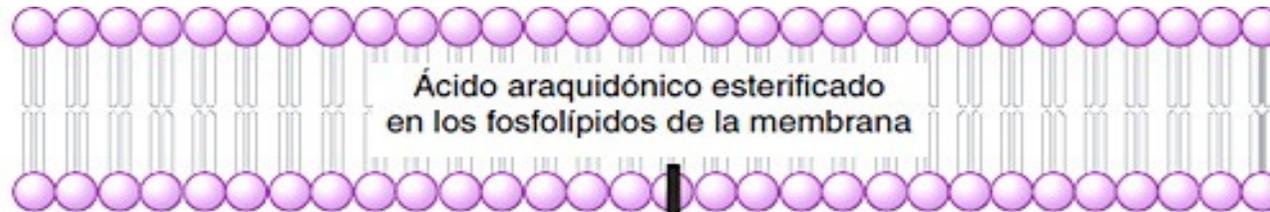
ICOSANOIDES.



El ácido araquidónico que va a dar lugar a todos los compuesto eicosanoides procede de determinados **FOSFOLÍPIDOS** de membrana (p.e. **fosfatidil inositol**, que tiene esterificado el ácido araquidónico y el ácido esteárico, o fosfatidilcolina) y tiene que **ser movilizado por acción de una fosfolipasa (Fosfolipasa A2)**.

LÍPIDOS. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. ICOSANOIDES.

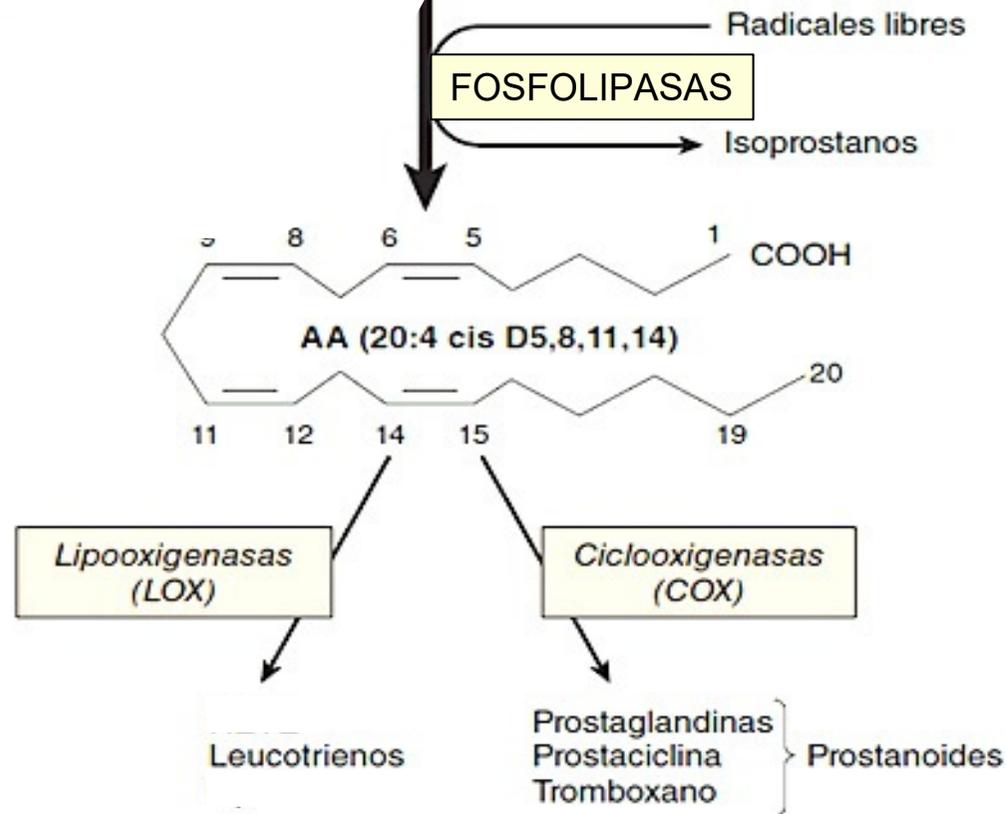
ICOSANOIDES.



Los principales derivados del ácido araquidónico son las **PROSTAGLANDINAS**, los **TROMBOXANOS** y los **LEUCOTRIENOS**.

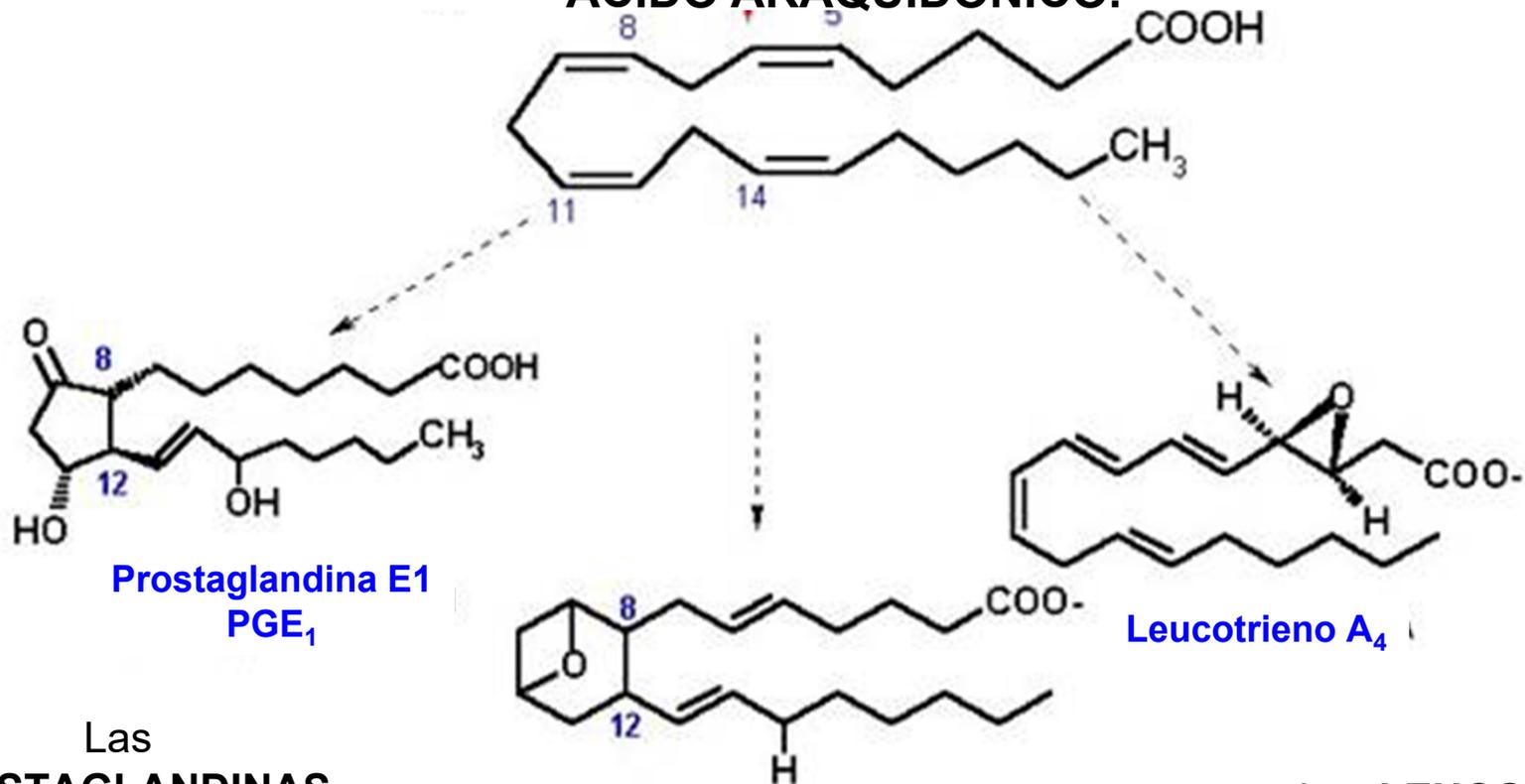
Estos metabolitos son sintetizados fundamentalmente por dos vías que oxigenan la molécula.

La primera vía (produce **prostaglandinas y tromboxanos**) implica una **ciclooxigenasa (COX)** que puede ser la COX1 o la COX2. La segunda vía, que da lugar a los **leucotrienos**, implica la acción de una **lipooxigenasa (LOX)**.



LÍPIDOS. LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES. ICOSANOIDES. ESTRUCTURA QUÍMICA.

ACIDO ARAQUIDÓNICO.



Las **PROSTAGLANDINAS** tienen en su estructura un **anillo ciclopentano** (con cinco átomos de carbono) salvo la PGI_2 , en la que aparece un anillo adicional.

Los **TROMBOXANOS** contienen un anillo formado por cinco átomos de carbono y uno de oxígeno (formando un pequeño anillo que se denomina **anillo de oxano**).

Los **LEUCOTRIENOS** son **moléculas lineales con cuatro enlaces dobles**.

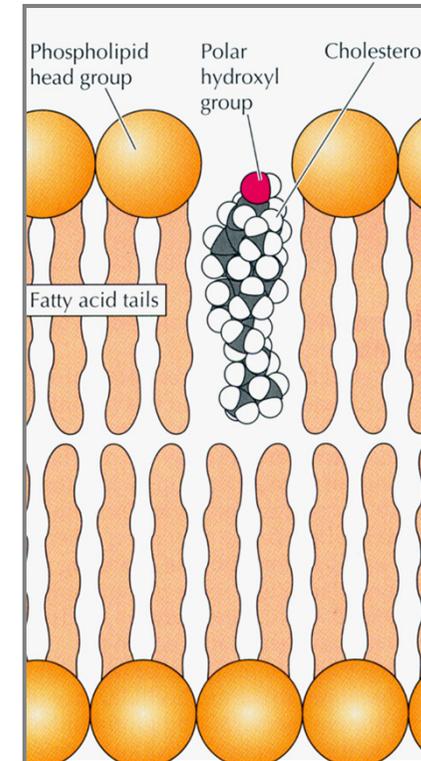
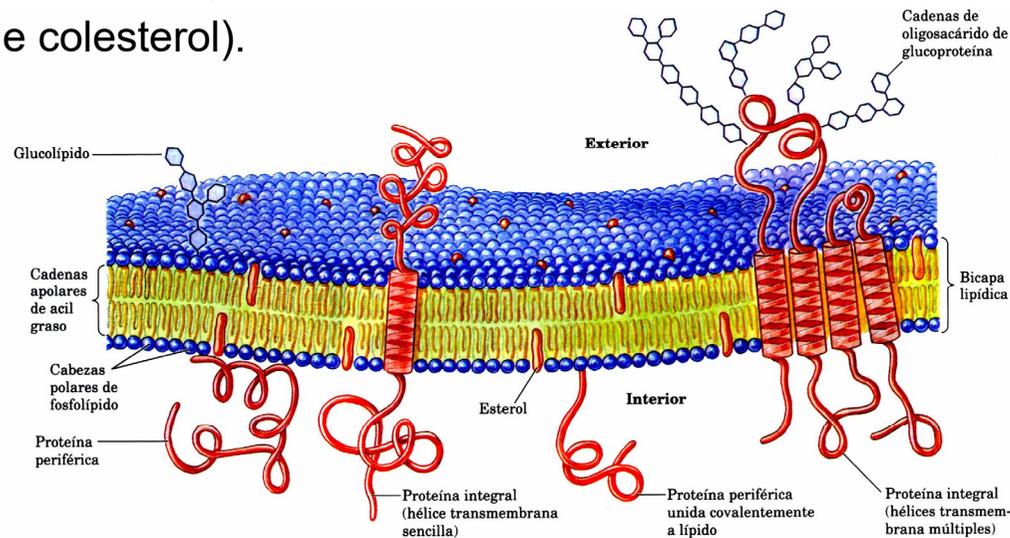
LÍPIDOS. ÁCIDOS GRASOS, LÍPIDOS SAPONIFICABLES Y NO SAPONIFICABLES.

		TIPO	NATURALEZA QUÍMICA	FUNCIÓN
SAPONIFICABLES	SIMPLES	ÁCIDOS GRASOS	Ácidos orgánicos monocarboxílicos saturados o insaturados.	Precusores de otros lípidos.
		ACILGLICÉRIDOS	Glicerina esterificada con uno, dos o tres ácidos grasos.	Reserva energética y aislante Térmico.
		CERAS	Ésteres de un ácido graso y un monoalcohol graso, ambos de cadena larga.	Protección y revestimiento.
	COMPLEJOS	FOSFOLÍPIDOS	Glicerina esterificada con un grupo fosfato y dos ácidos grasos (Ácido fosfatídico) unido a su vez a un grupo polar.	Formación de membranas biológicas.
	ESFINGOLÍPIDOS	Una ceramida (Esfingosina y ácido graso) unida a un grupo polar.	Membranas biológicas, especialmente en el sistema nervioso.	
INSAPONIFICABLES	TERPENOS	Derivados de la polimerización del isopreno.	Pigmentos y vitaminas.	
	ESTEROIDES	Derivados del ciclopentanoperhidrofenantreno (esterano).	Vitaminas, hormonas y ácidos biliares	
	EICOSANOIDES	Derivados del ácido Araquidónico (C20).	Muy diversas.	

Lípidos constituyentes de membrana: bicapa lipídica

Cada membrana tiene una composición lipídica característica

- Principalmente **fosfolípidos (glicerofosfolípidos y esfingomielinas)**
- También **glucolípidos y colesterol** (alto contenido de colesterol).



Los lípidos se distribuyen asimétricamente entre las dos caras de la bicapa:

- **capa externa**, mayor contenido en **fosfatidilcolina y esfingomielina**.
- **capa interna**, mayor contenido en **fosfatidilserina y fosfatidiletanolamina**.

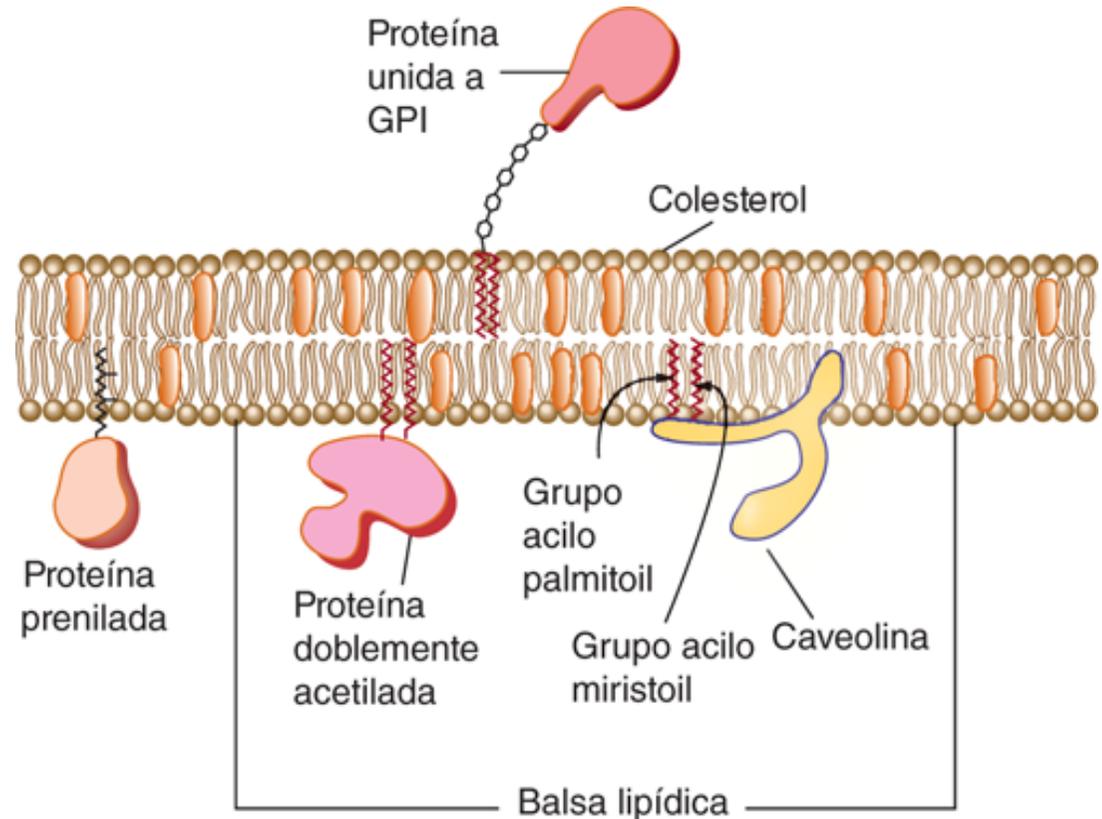
Microdominios (balsas)

Balsa lipídica (lipid raft):

Microdominio situado en la membrana enriquecido en esfingolípidos y colesterol.

Forman una fase lipídica más densa y así constituyen zonas especiales de la membrana plasmática que funcionan como "balsas" que flotan entre el conjunto de los demás lípidos.

Intervienen en gran número de funciones celulares como pueden ser la respuesta a la invasión de patógenos, la homeostasis del colesterol, angiogénesis, transducción de señales.



Fuente: Trudy McKee, James R. McKee: *Bioquímica. Las bases moleculares de la vida*,