

3 Els lípids



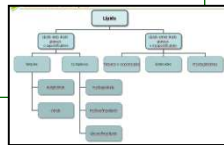


Esquema de continguts

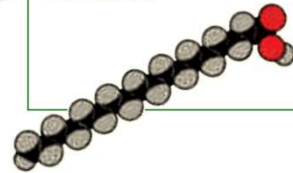


Recursos per a l'explicació de la unitat

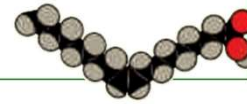
Classificació dels lípids



Els àcids grassos saturats: l'àcid esteàric



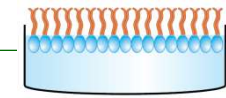
Els àcids grassos insaturats: l'àcid oleic



Reaccions químiques importants dels àcids grassos



Les propietats físiques dels àcids grassos: la solubilitat



Representació del sabó sobre aigua.

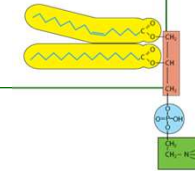
Les propietats físiques dels àcids grassos: efecte emulsionant



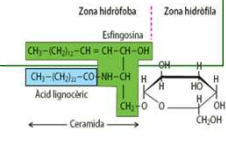
Les propietats físiques dels àcids grassos: el punt de fusió

Reaccions químiques dels lípids simples

Els lípids complexos: fosfoglicèrids

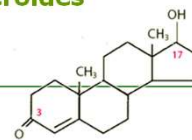


Els lípids complexos: fosfoesfingolípids i glicoesfingolípids



Els lípids sense àcids grassos o insaponificables: isoprenoides

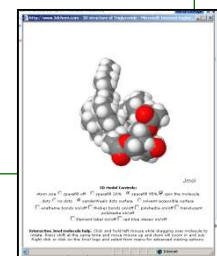
Els lípids sense àcids grassos o insaponificables: esteroides



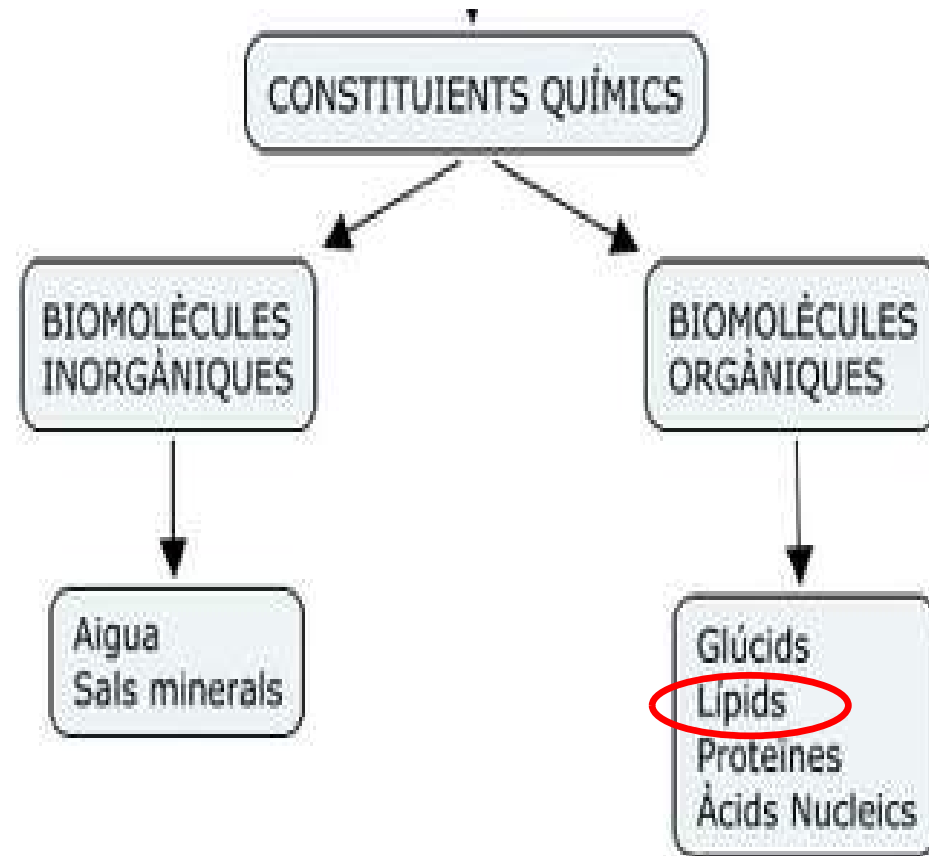
Els lípids sense àcids grassos o insaponificables: prostaglandines

Funcions dels lípids

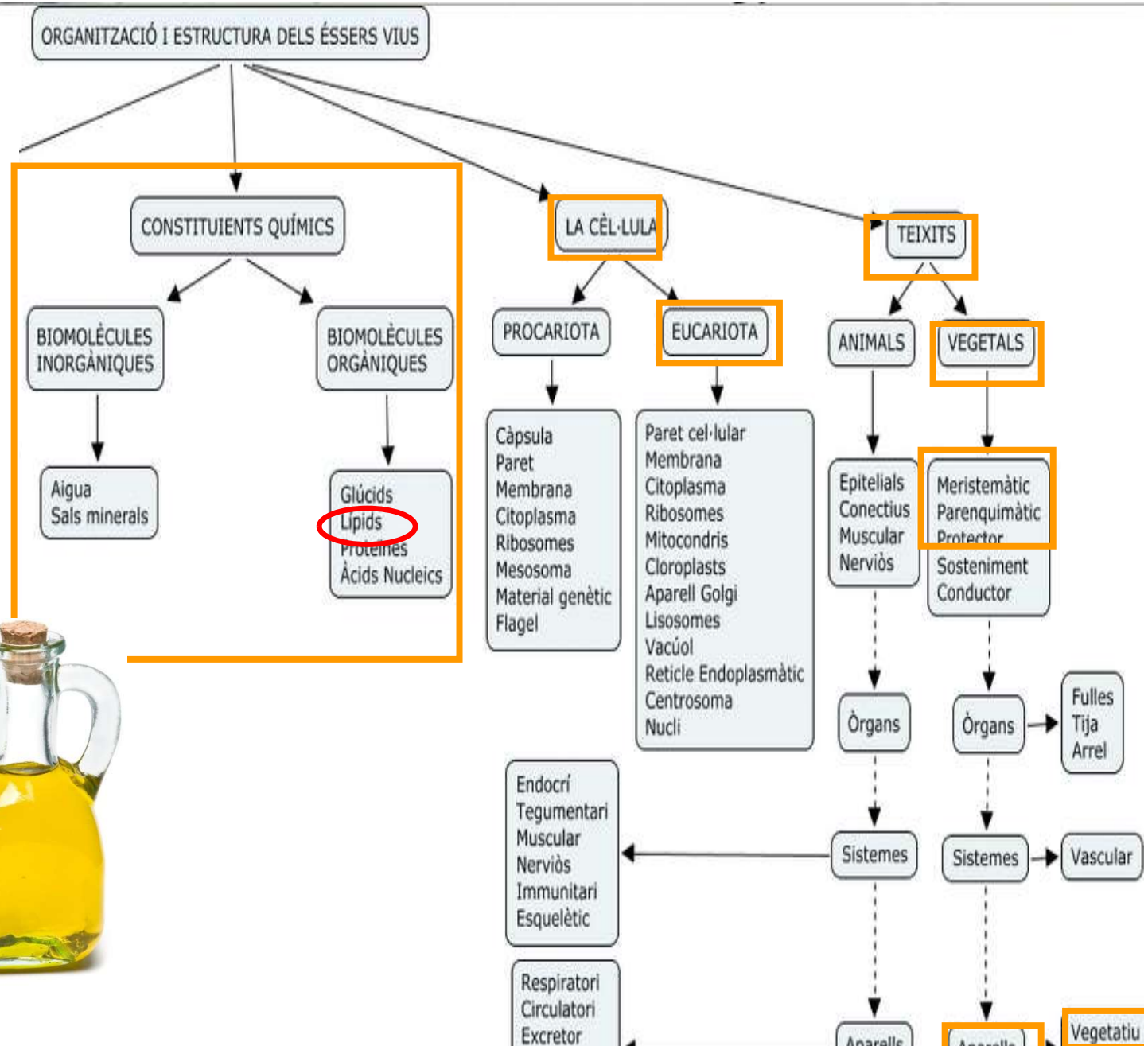
WEB



Què mengem
quan
mengem oli
d'oliva?

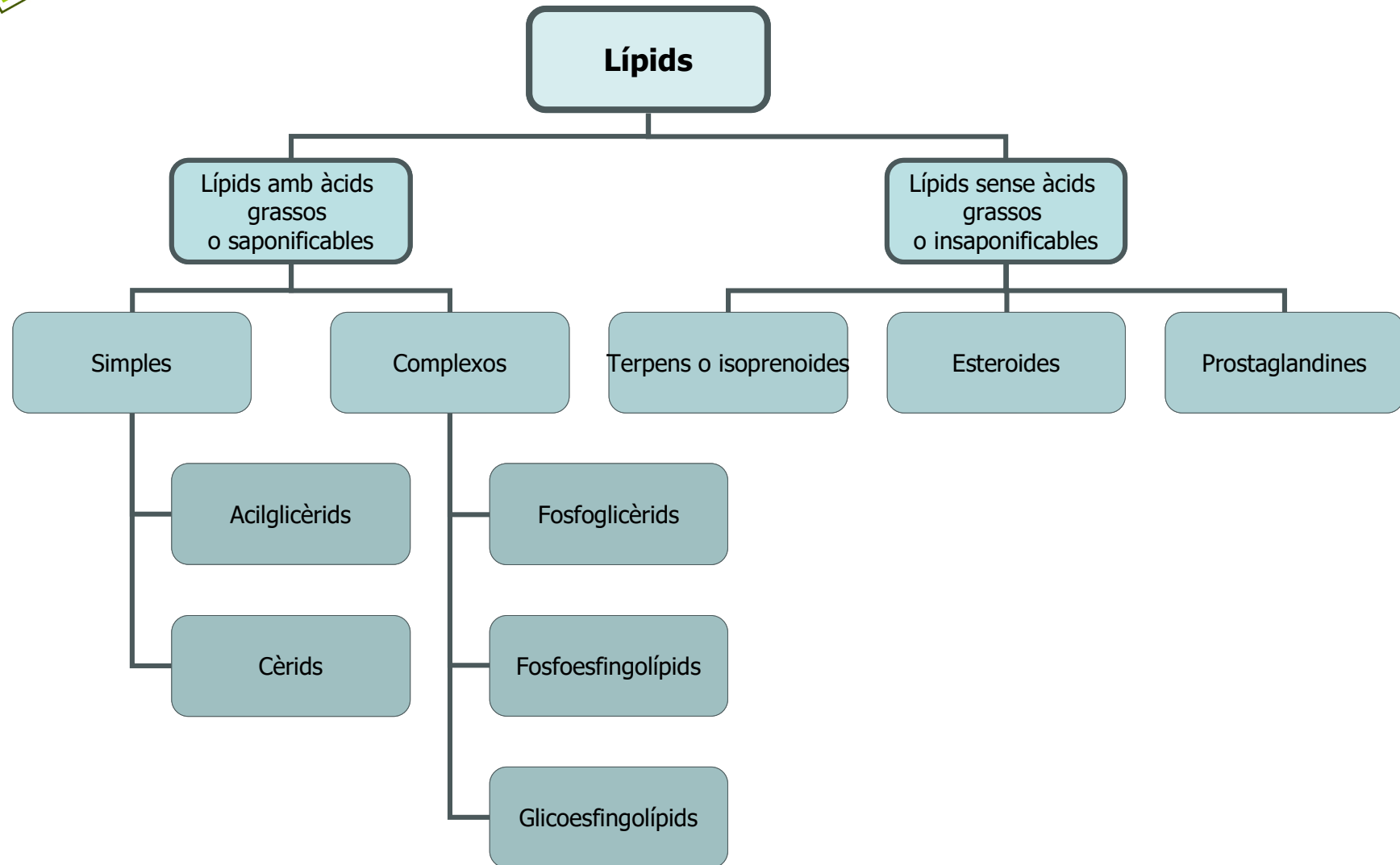


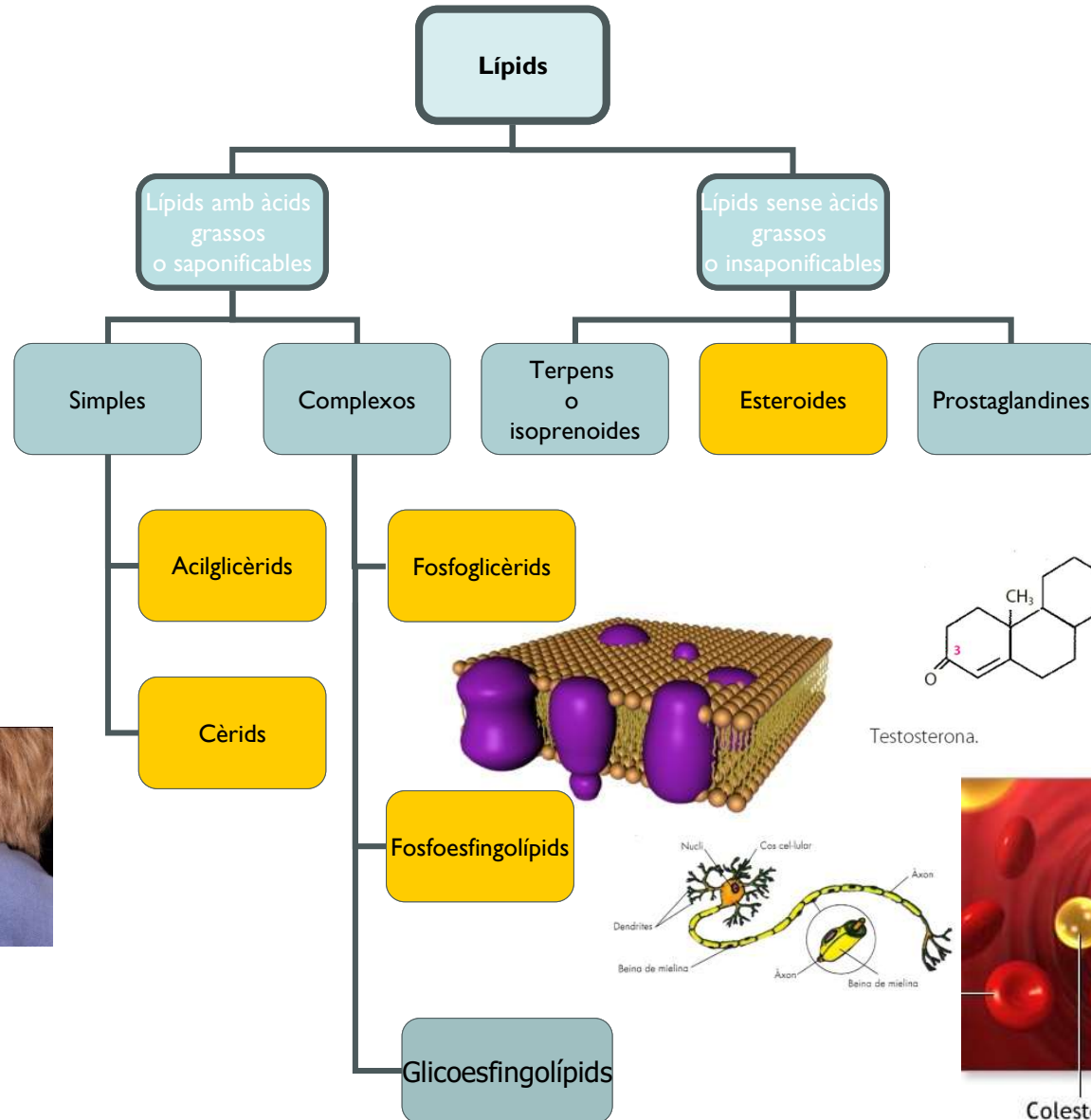
Què mengem quan mengem olives?





Classificació dels lípids





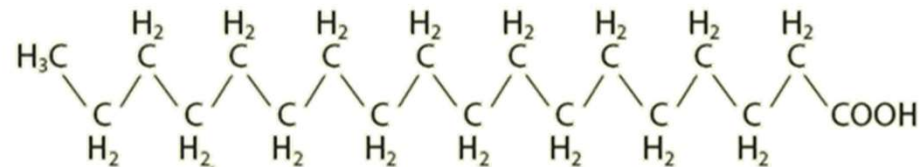


Els àcids grassos saturats: l'àcid esteàric

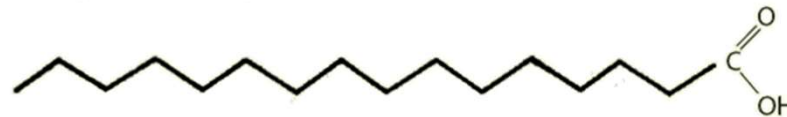
Fórmula desenvolupada: $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$

Fórmula abreujada: $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$

Model de l'estructura en què es visualitzen els angles de 110° :



Model de l'estructura en què es veuen els angles i s'han simplificat els CH₂:



Model compacte de l'estructura, en què els àtoms d'hidrogen i oxigen es representen amb boles de diferents colors:



Molècules en 3D

<http://biomodel.uah.es/model3j/inicio.htm>

<http://www.xtec.cat/~mmulet/Bmols/>

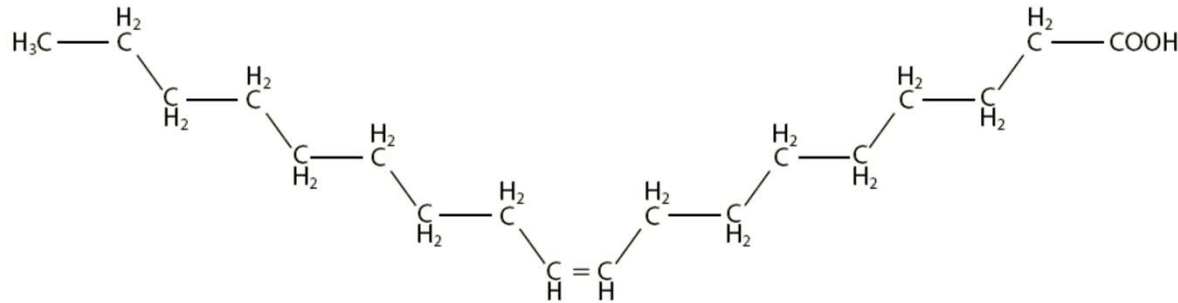


Els àcids grassos insaturats: l'àcid oleic

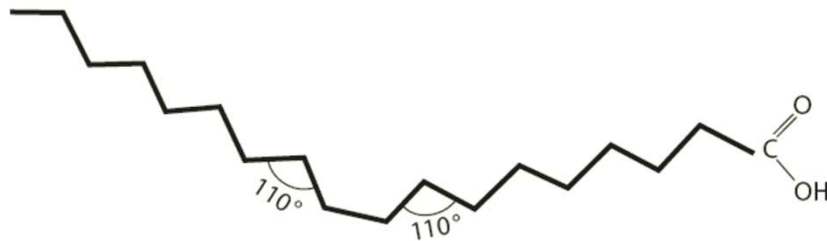
Fórmula desenvolupada: $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$

Fórmula abreujada: $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$

Model de l'estructura en què es visualitzen els angles de 110° :



Model de l'estructura en què es veuen els angles i s'han simplificat els CH_2 :



Model compacte de l'estructura, en què els àtoms d'hidrogen i oxigen es representen amb boles de diferents colors:



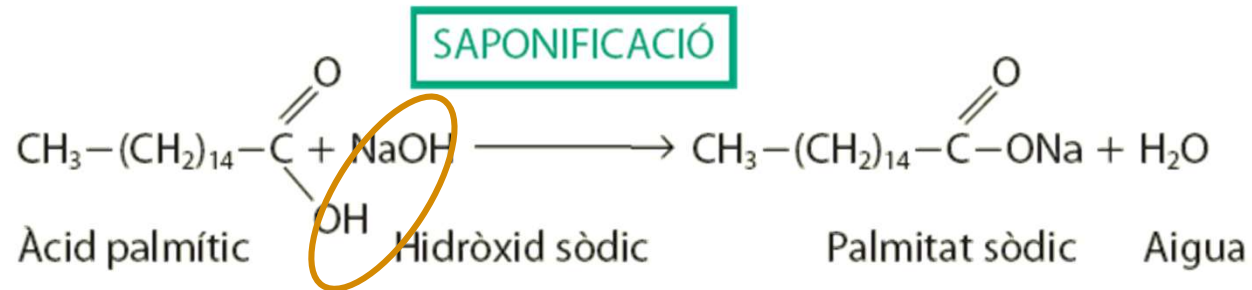
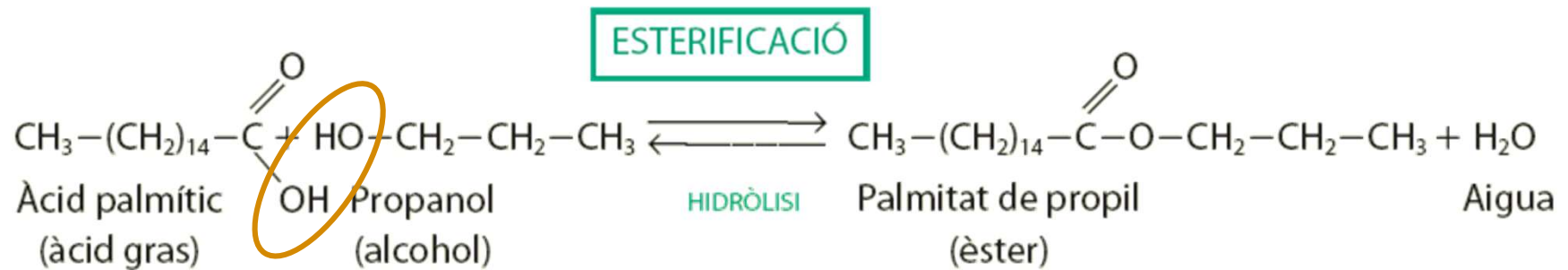


Els àcids grassos

Fórmula		n:m	On es troba?
Saturats			
Palmitic	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$	16	Mantega de cacau
Esteàric	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$	18	Greixos d'animals terrestres, oli de palma
Monoinsaturats			
Palmitoleic	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	16:1	Olis d'oliva i de cacauet, greixos d'animals terrestres
Oleic	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	18:1	Olis de peixos
Poliinsaturats			
Linoleic	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	18:2	Olis de peixos, i olis de gira-sol, blat de moro i soja
Linolènic	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	18:3	Olis de peixos, i oli de llinosa i de lli
Araquidònic	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$	20:4	Oli de sardina i greixos d'animals

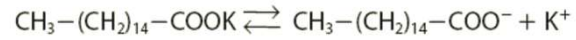


Reaccions químiques importants dels àcids grassos

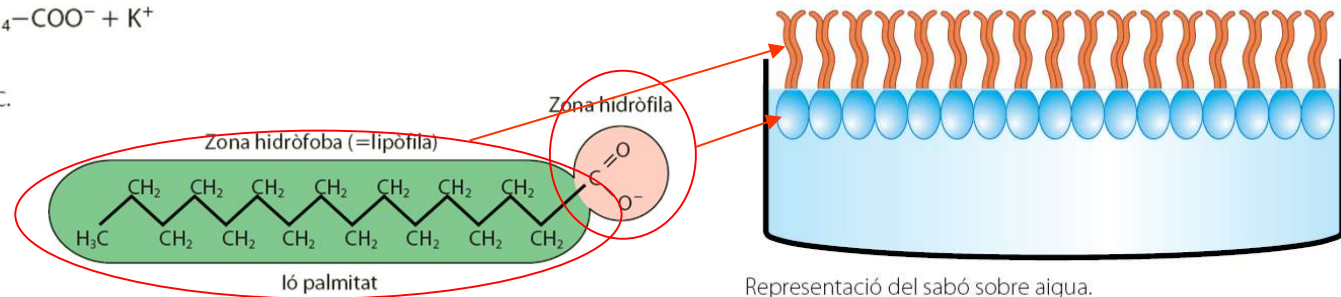




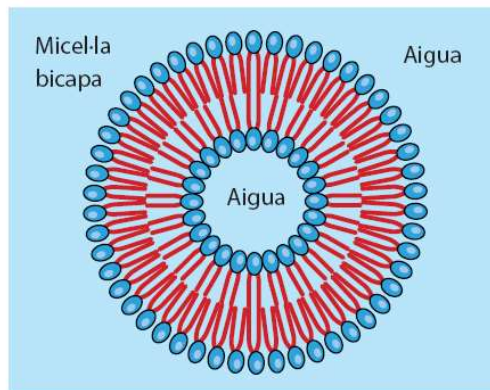
Les propietats físiques dels àcids grassos: la solubilitat



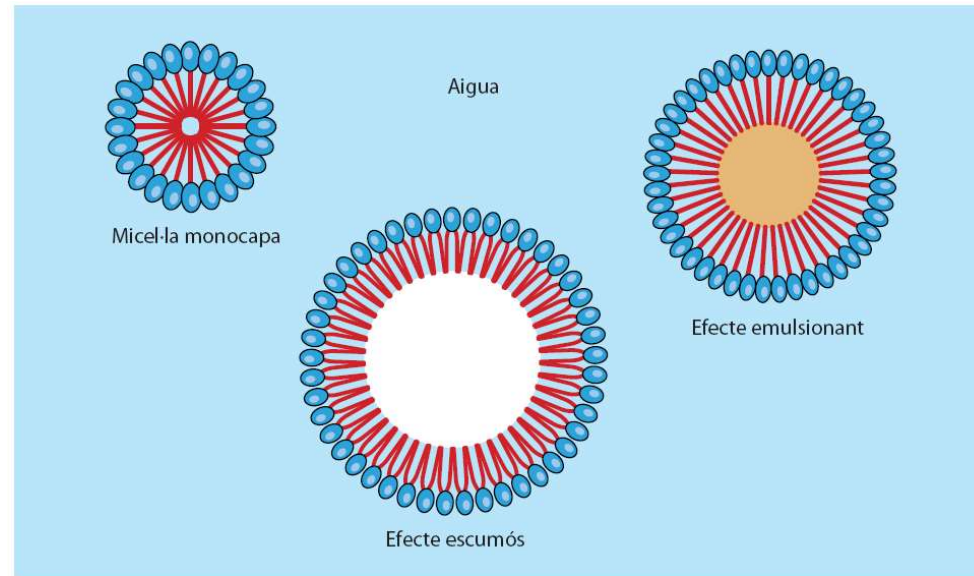
Ionització del sabó palmitat potàssic.



lò palmitat mostrant la seva part hidròfoba i hidròfila.



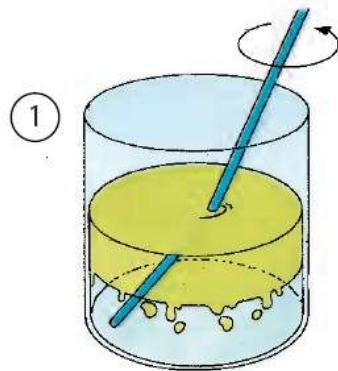
Micel·la bicapa.



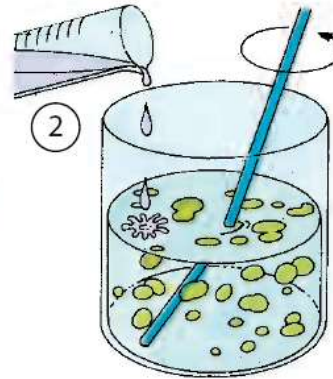
Micel·les monocapes.



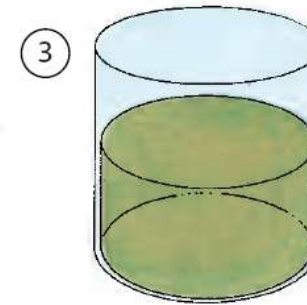
Les propietats físiques dels àcids grassos: efecte emulsionant



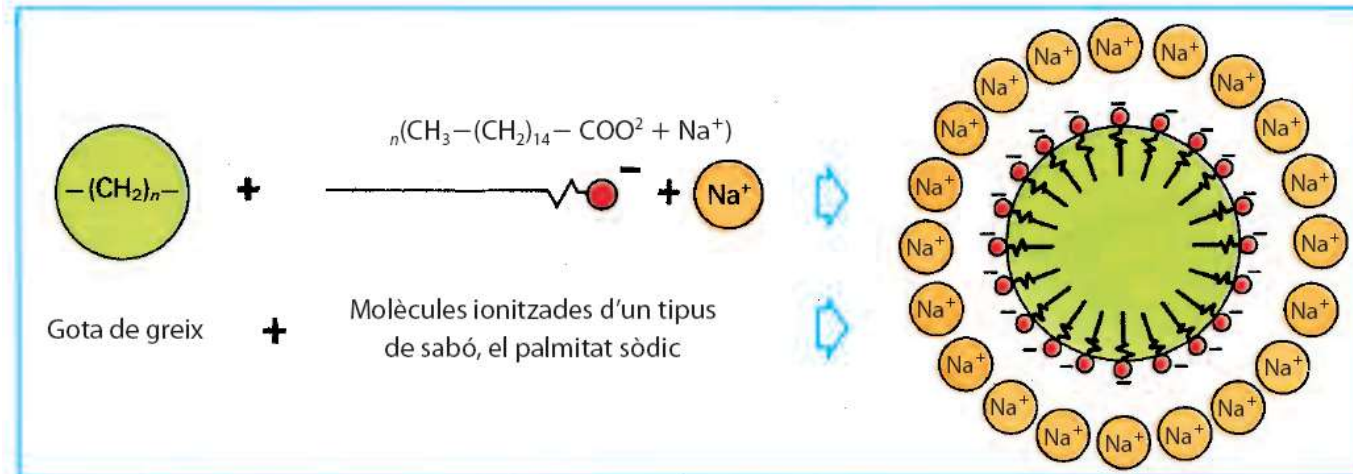
1 Els lípids són insolubles en aigua. Després de remenar-los donen emulsions inestables.



2 Després de l'addició de sabó es forma una membrana haptògena a la superfície de les gotetes de greix.

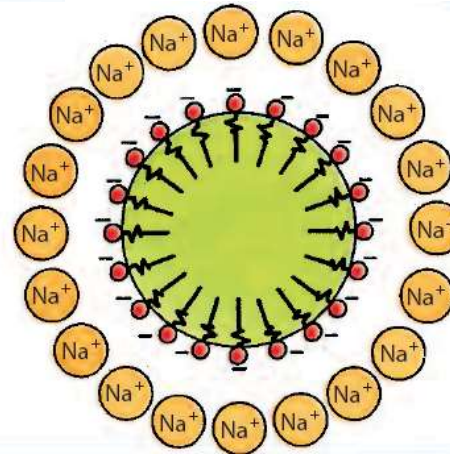
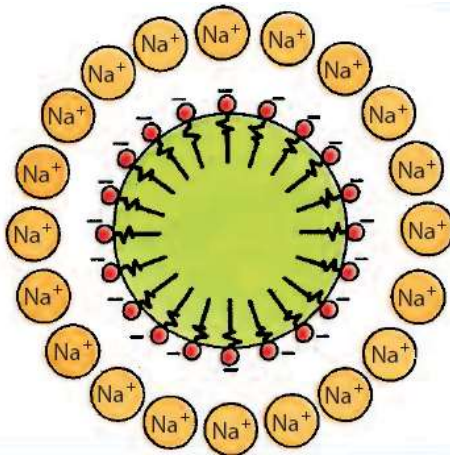
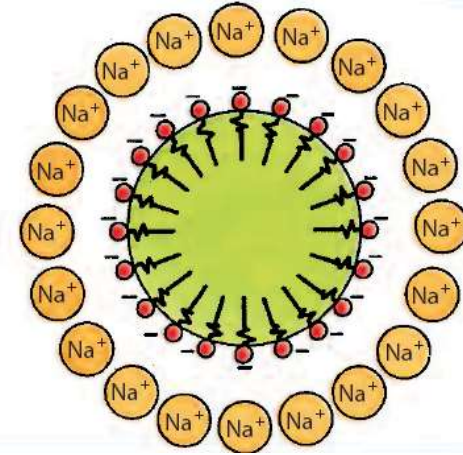
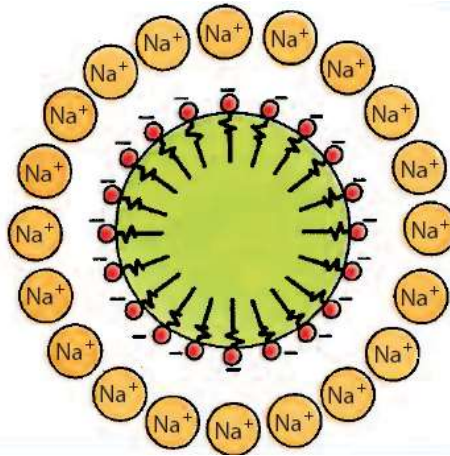
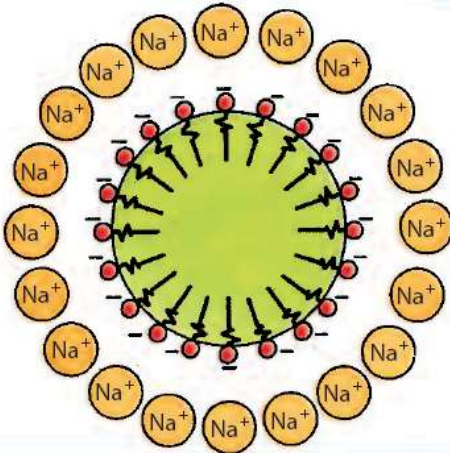


3 Apareix una emulsió persistent.





Les propietats físiques dels àcids grassos: efecte emulsionant



El punt de fusió dels àcids grassos: olis i greixos

El punt de fusió dels àcids grassos depèn, a més d'altres factors, de l'estructura i disposició dels àtoms de carboni en les seves molècules i dels tipus d'enllaços. Observa'n alguns casos a la taula següent:

Nom	Nre. de carbonis	Punt de fusió (°C)
Palmífic	16	64
Esteàric	18	70
Oleic	18:1	13
Linoleic	18:2	-5
Linolènic	18:3	-11
Aràquic	20	77
Araquidònic	20:4	-49

- Contesta les qüestions següents a partir de la taula:
 - Agrupa els àcids grassos en saturats i insaturats.
 - Com creus que la presència de dobles enllaços afecta el punt de fusió d'un àcid gras?
 - De quin altre factor pots deduir que depèn el punt de fusió?
 - Quins d'aquests àcids grassos serien líquids a una temperatura ambient de 15 °C?
- Els olis i greixos naturals estan compostos bàsicament per triacilglicèrids. Però, mentre que els olis són líquids a temperatura ambient, els greixos són sòlids. A la taula següent podem apreciar la composició d'alguns olis i greixos.

	Palmífic	Esteàric	Oleic	Linoleic		
Oli d'oliva	9,5 %	1,4 %	81,6 %	7 %	10,9	88,6
Oli de soja	6,8 %	4,3 %	33,7 %	52,3 %	11,1	86
Greix humà	19 %	4,5 %	41 %	18 %	23,5	59
Llard	29 %	17 %	41 %	6 %	46	47

Segons el punt de fusió, els greixos es classifiquen en olis, llards i sèus. Els olis són líquids a temperatura ambient, rics en àcids grassos monoinsaturats i poliinsaturats, i es troben en plantes, bé en el fruit o bé en la llavor, i en el peix blau. Els llards i els sèus tenen molts àcids grassos saturats. Els llards són semisòlids a temperatura ambient, com per exemple el greix de porc, mentre que els sèus, com el greix de vedella o de be, són sòlids a temperatura ambient.

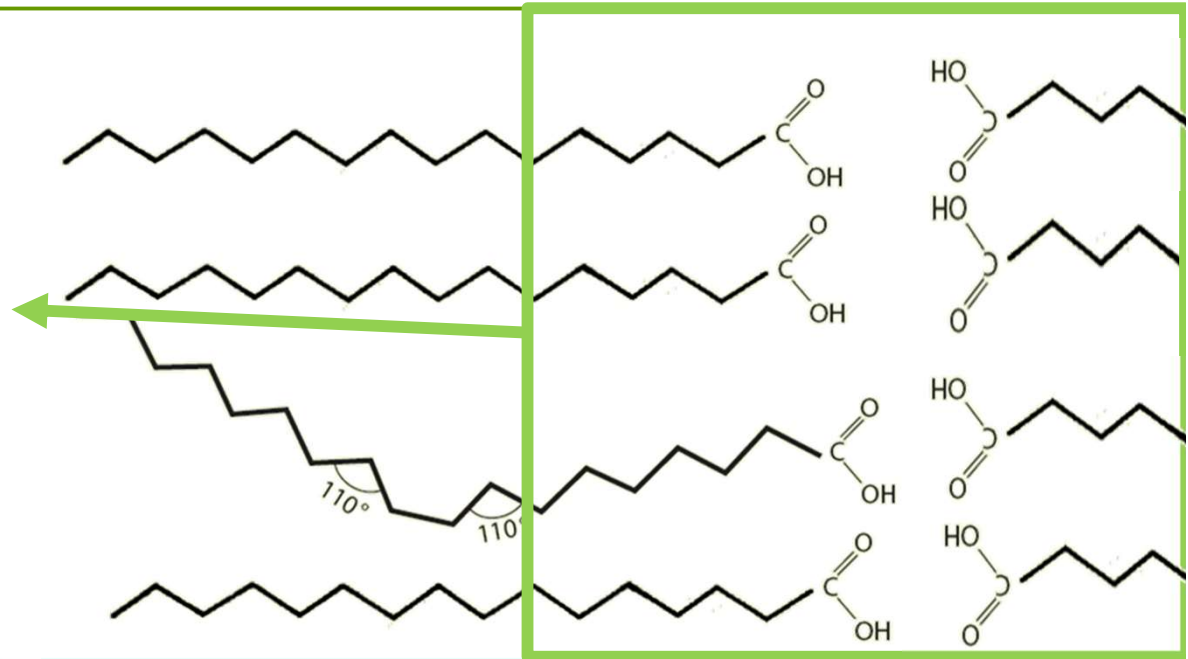
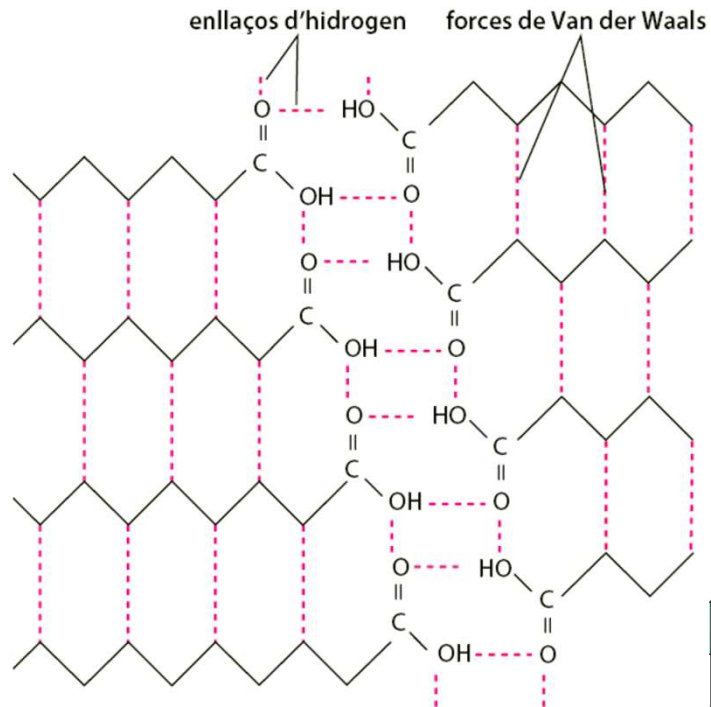
Tant l'oli d'oliva com el llard són compostos de triacilglicèrids, que contenen àcids grassos. A temperatura ambient, mentre que l'oli és líquid, el llard es troba en estat sòlid. El punt de fusió dels triacilglicèrids depèn del tipus d'àcids grassos que els formen.



- Calcula el percentatge d'àcids grassos saturats i insaturats dels diferents olis i greixos. Explica'n les diferències.
- Pots explicar per què els olis d'oliva i de soja són líquids a temperatura ambient?
- Per què el greix humà i el llard són sòlids a la mateixa temperatura?
- Quins àcids grassos són més abundants en l'oli de gira-sol, els saturats o els insaturats? I en el greix de be?



Les propietats físiques dels àcids grassos: el punt de fusió

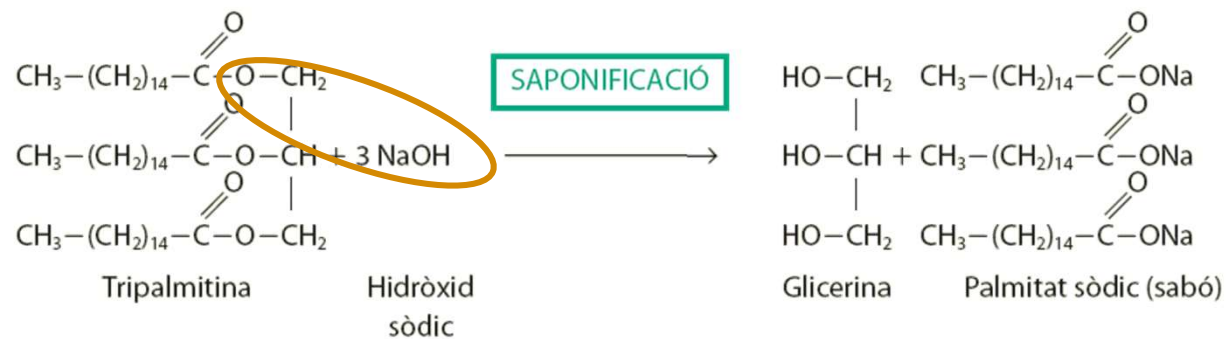


Àcids grassos saturats	Punt de fusió (°C)
Mirístic $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{12}-\text{COOH}$	53,9
Palmític $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$	63,1
Esteàric $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$	69,6
Lignocèric $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{22}-\text{COOH}$	86,0
Àcids grassos insaturats	
Oleic $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	13,4
Linoleic $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	5,0

Els punts de fusió dels principals àcids grassos.



Reaccions químiques dels lípids simples





Lípids amb àcids grassos o saponificables

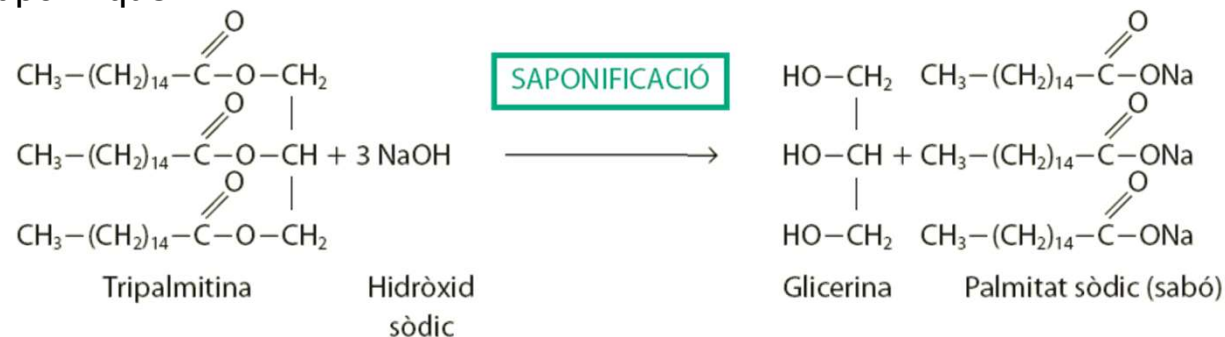
Els lípids simples: Els acilglicèrids



- Olis: Líquids a temperatura ambient, presenten com a mínim un àcid gras insaturat
- Llards o mantegues: semisòlids a temperatura ambient, presenten àcids grassos saturats de cadena curta.
- Sèus: Sòlids a temperatura ambient, presenten tots els àcids grassos saturats.

Els triacilglicèrids s'anomenen greixos neutres ja que són apolars.

Amb bases es saponifiquen





Lípids amb àcids grassos o saponificables

Els lípids simples: Els cérids o ceres



Formats per l'esterificació d'un alcohol monovalent de cadena llarga i una molècula d'àcid gras.

Són molt lipòfils (=hidròfugs), la seva funció és impermeabilitzar superfícies (pèl, plomes, epidermis de plantes, etc...).

També es troben barrejats amb àcids grassos, com en la cera d'abella, l'espermaceti de les balenes, la lanolina o cera protectora de la llana, el cerumen del conducte auditiu,...



Espelmes de cera

Processament d'espermaceti, blanc de balena o cera de catxalot, és una cera present a les cavitats encefàliques del catxalot



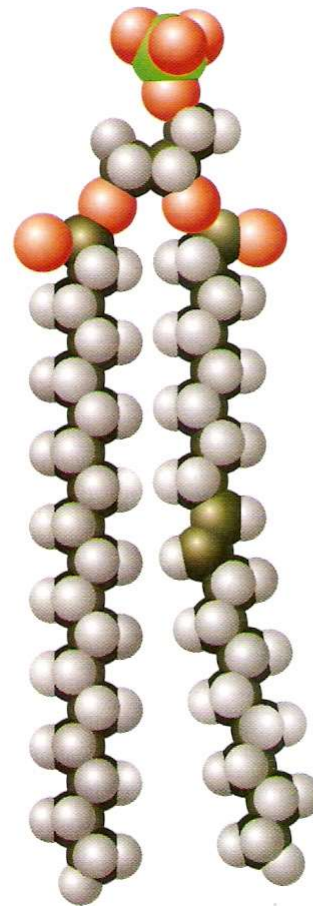
Funció - Canvis de flotabilitat al canviar d'estat sòlit/líquid
Usos - lubricant, espelmes, indústria cosmètica, oli per les llums.



Lípids amb àcids grassos o saponificables



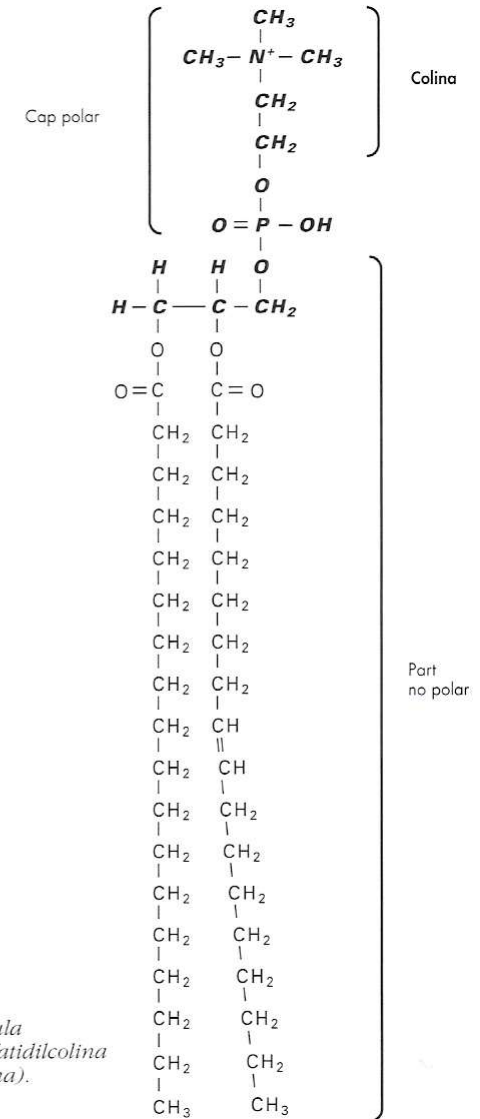
Els lípids complexos: fosfoglicèrids

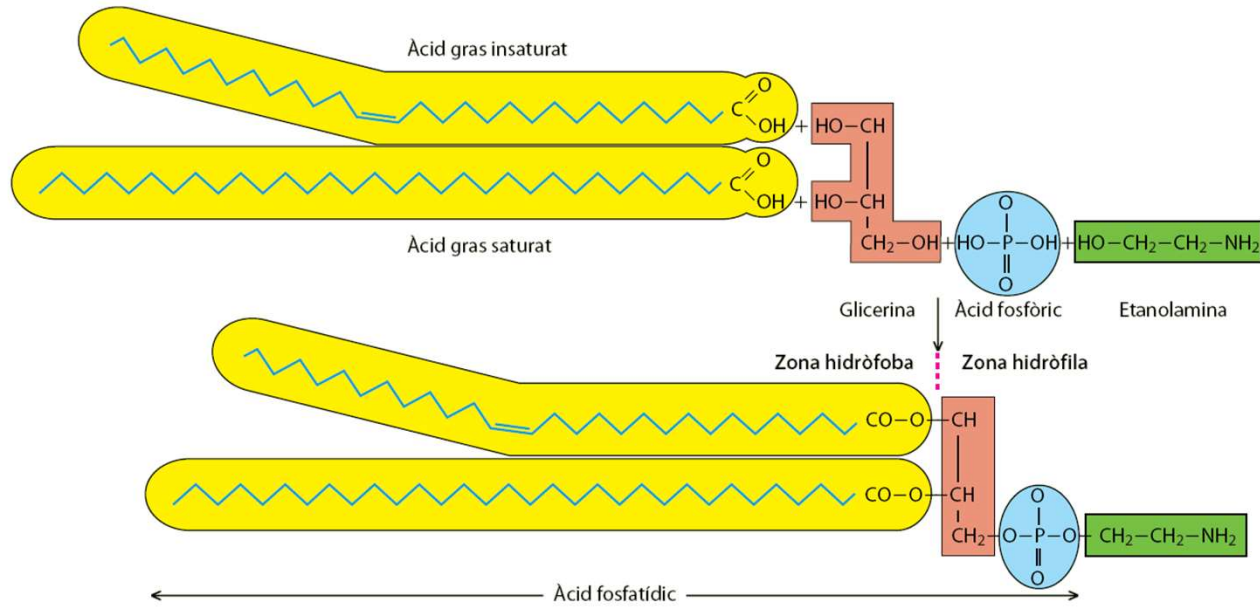


Molècula d'àcid fosfatidic.



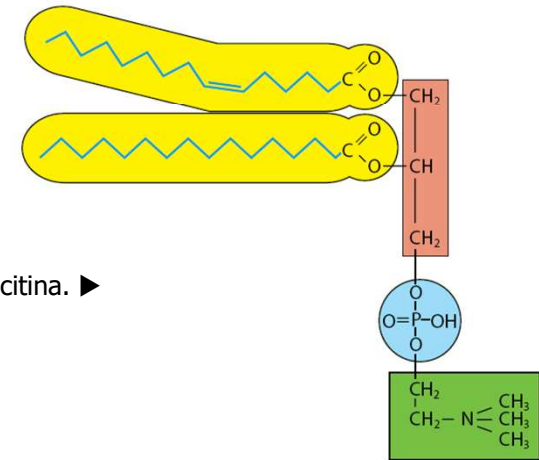
Molècula
de fosfatidilcolina
(lecitina).



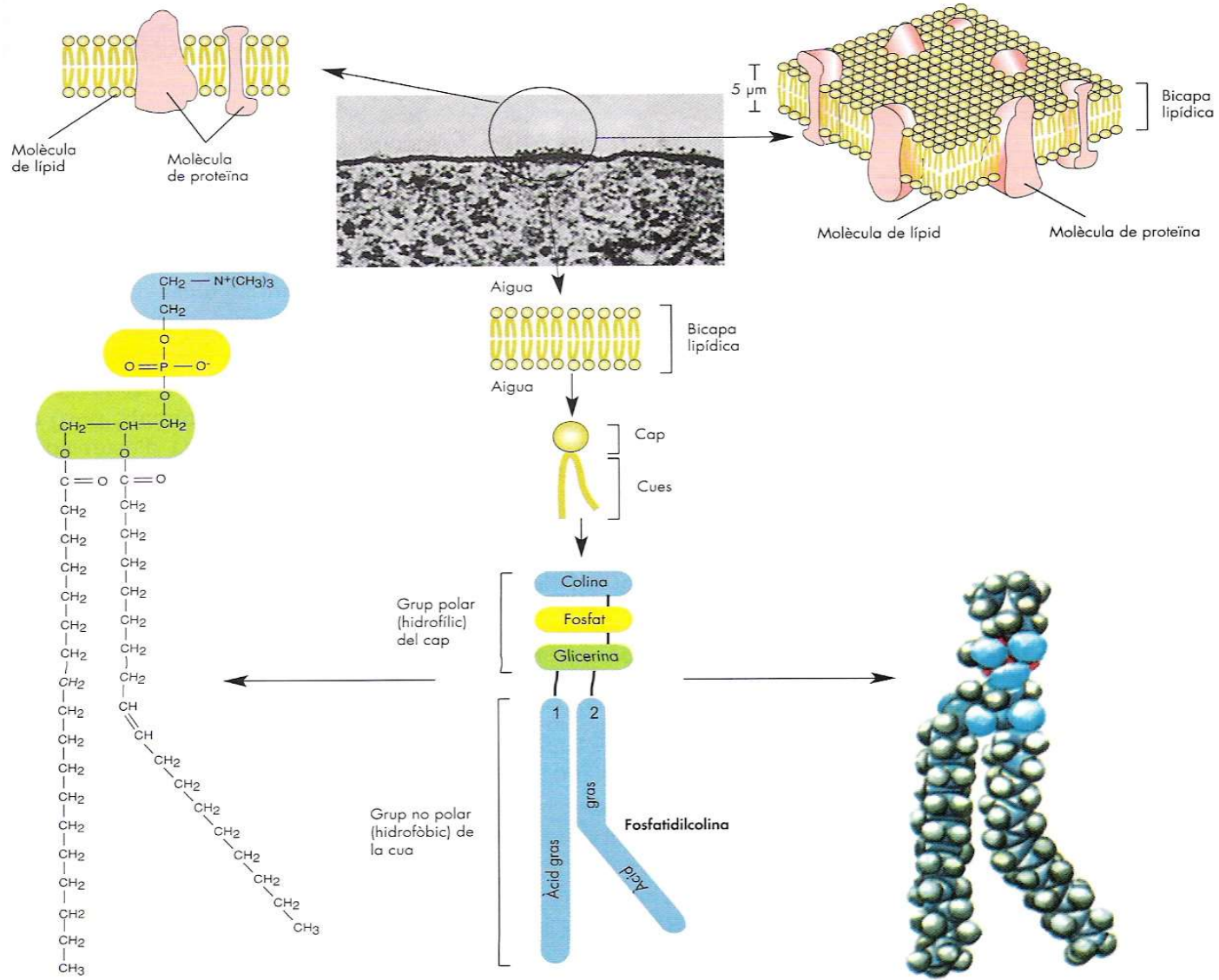


◀ La fosfatidiletanolamina o cefalina.

La fosfatidilcolina o lecitina. ▶



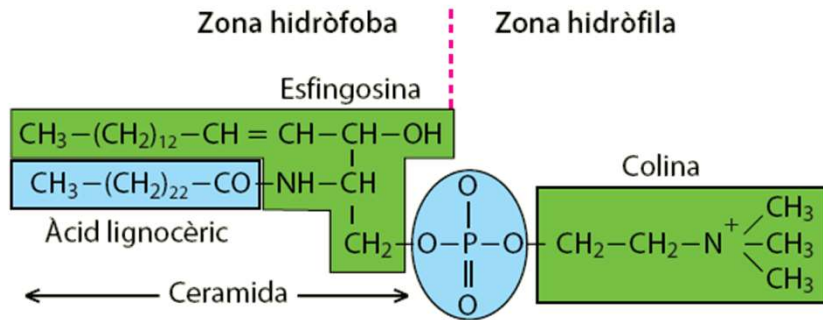
ULTRAESTRUCTURA DE LA MEMBRANA CEL·LULAR



Lípids amb àcids grassos o saponificables

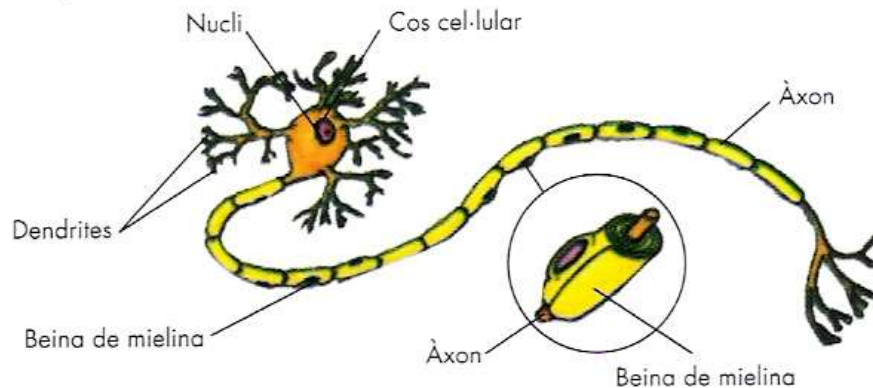


Els lípids complexos: fosfoesfingolípid i glicosfingolípid



En lloc de glicerina presenten un altre alcohol, l'**esfingosina**. Es troben en membranes vegetals i animals, sobre tot en el teixit nerviós.

▲ Fosfoesfingolípid: esfingomielina.



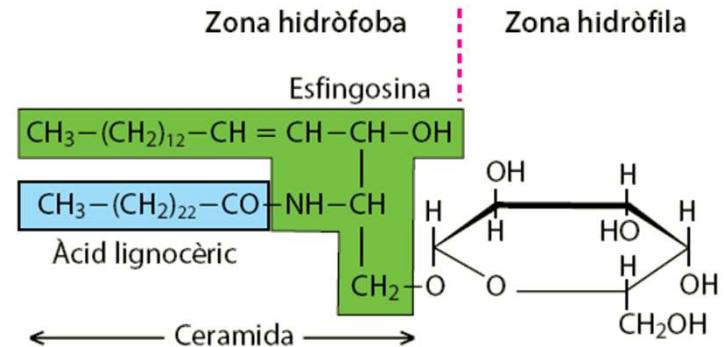
Quan l'alcohol esterificat amb àcids grassos és la colina, tenim l'esfingomielina, que forma les beines de mielina a les neurones.



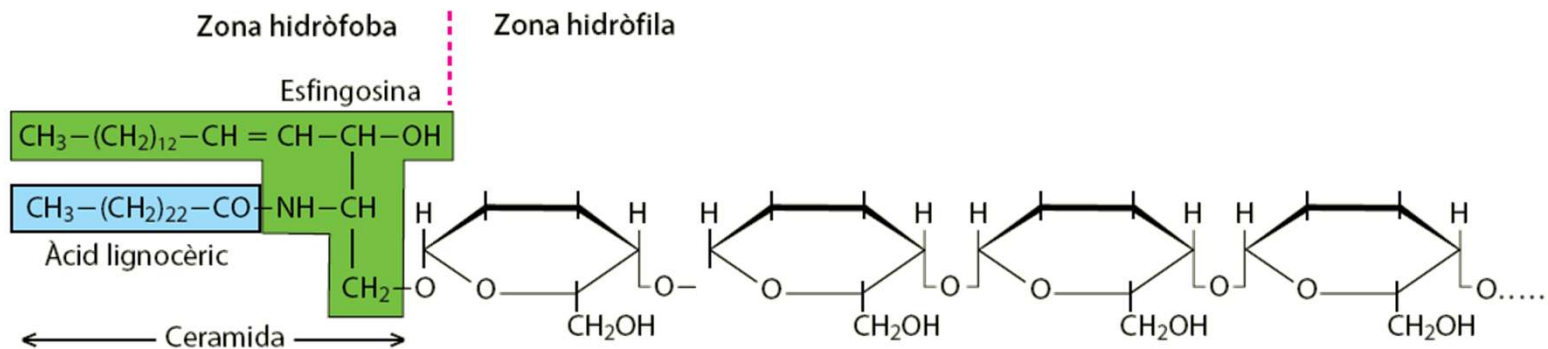
Els lípids complexos: fosfoesfingolípid i glicoesfingolípid

Semblants als esfingolípid però sense àcid fosfòric i amb glúcids (monosacàrids com glucosa o galactosa o oligosacàrids).

Es troben a les neurones cerebrals i a la substància gris del sistema nerviós.



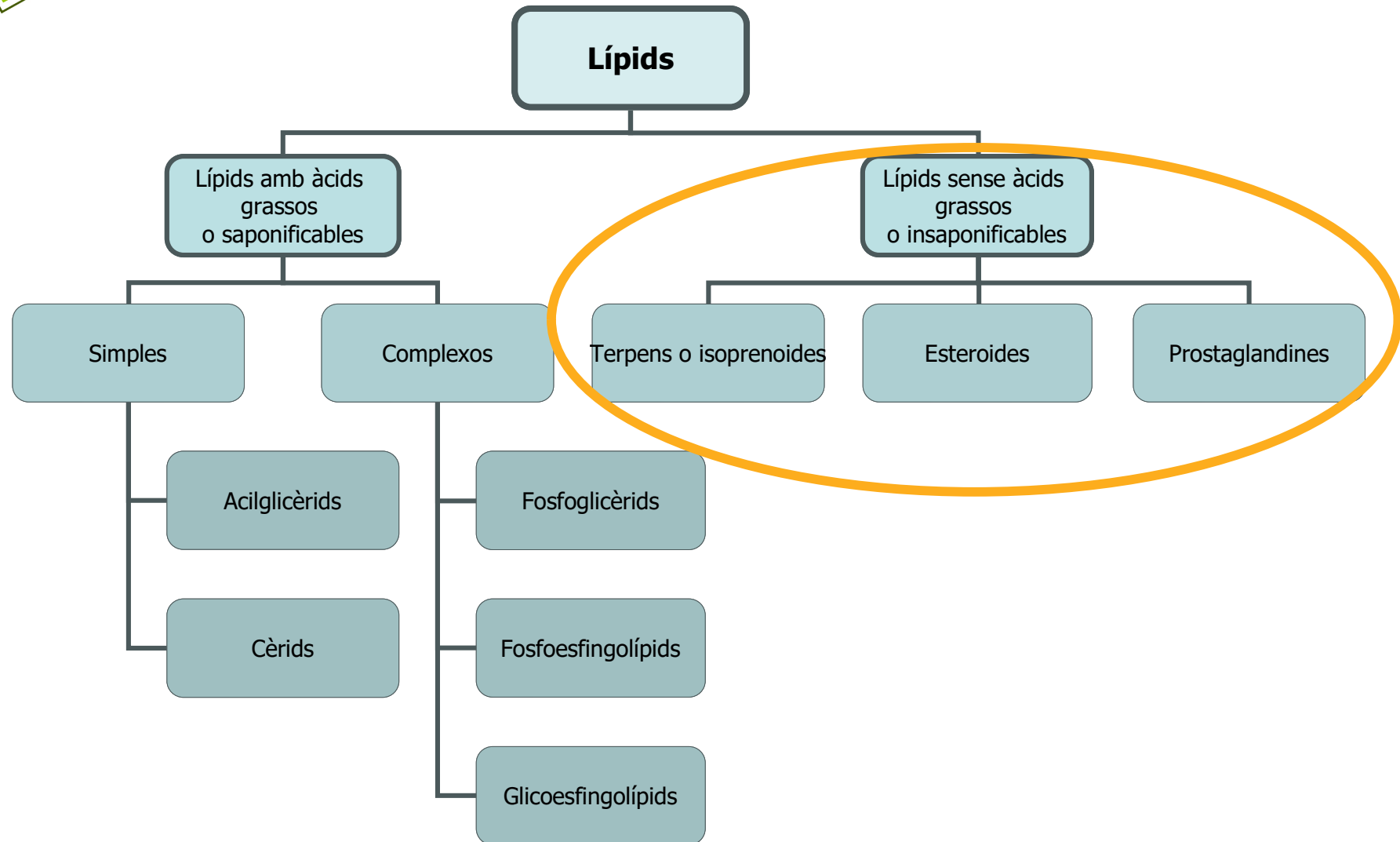
▲ Glicoesfingolípid cerebròsid.



▲ Glicoesfingolípid gangliòsid.



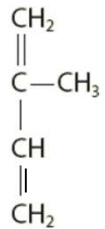
Classificació dels lípids





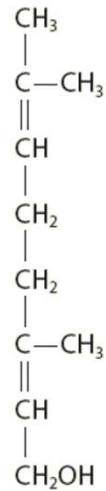
Els lípids sense àcids grassos o insaponificables: isoprenoides o terpens

Isoprè

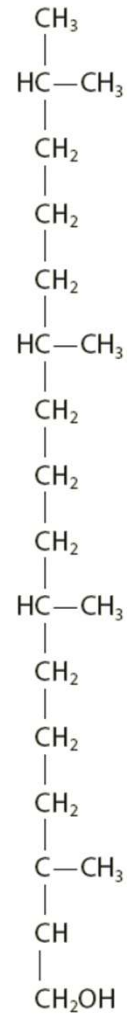


(2-metil-1,3-butadiè)

Geraniol

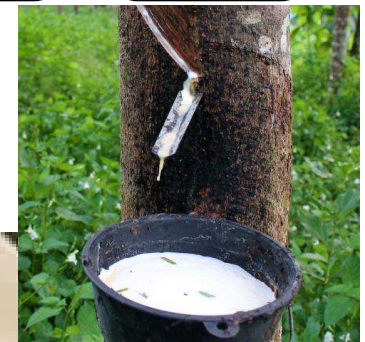
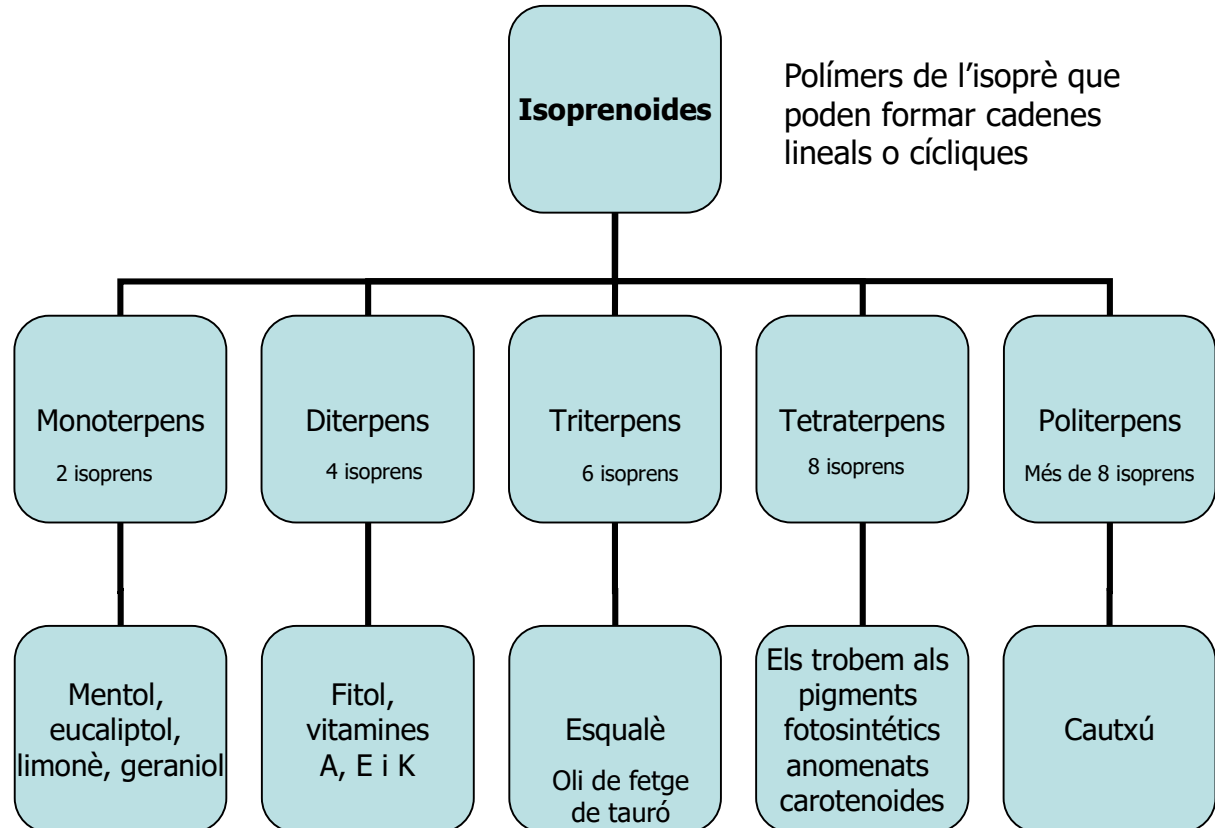


Fitol



Isoprenoides

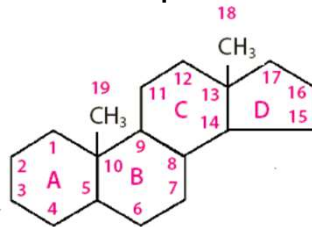
Polímers de l'isoprè que poden formar cadenes lineals o cíclicues





Els lípids sense àcids grassos o insaponificables: esteroides

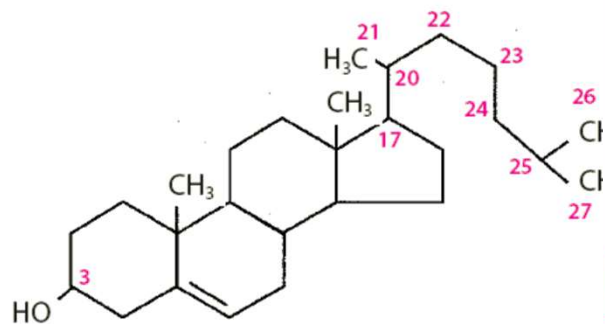
Lípids derivats de l'esterà
(esqualé – isoprenoide-)



Esterà o ciclopentà perhidrofenantrè.

Esterols: esteroides amb un grup hidroxil unit al carboni 3 i una cadena alifàtica en el carboni 17.

Es consideren derivats dels triterp

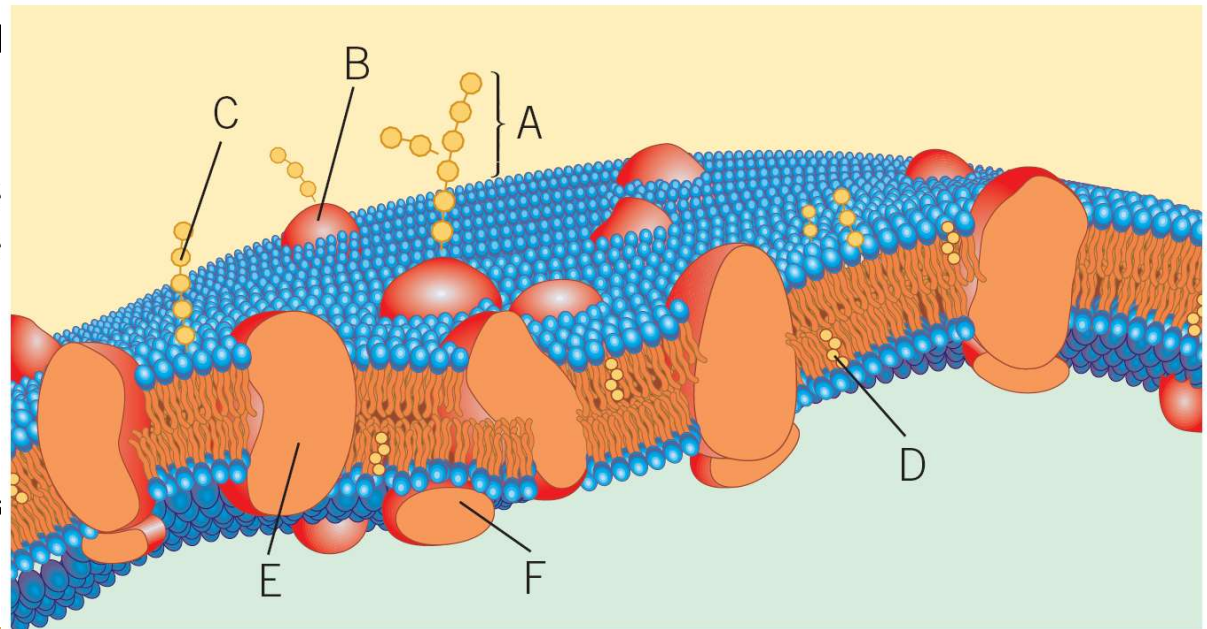


Colesterol.

- Component de les membranes cel·lulars dels animals.
- És amfipàtic.
- A partir d'ell es formen gairebé tots els esteroides.

Hi ha dos tipus:

- **Esterols**
- **Hormones esteroides**



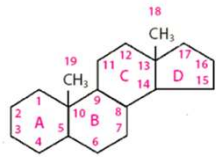


Els lípids sense àcids grassos o insaponificables: esteroides

Lípids derivats de l'esterà

Hi ha dos tipus:

- Esterols
- Hormones esteroides



Esterà o ciclopentà perhidrofenantrè.

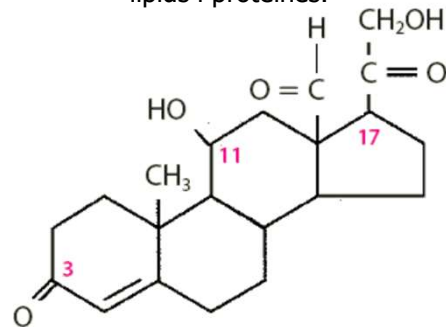
Hormones esteroides: esteroides que tenen un àtom d'oxigen unit al carboni 3 per mitjà d'un doble enllaç.

S'en diferencien dos grups:

Hormones suprarenals:

Aldosterona incrementa la reabsorció d'ions Na^+ i Cl^- (la cortisona és un precursor)

Cortisol Afavoreix al síntesi de glucosa i glicògen i el catabolisme de lípids i proteïnes.

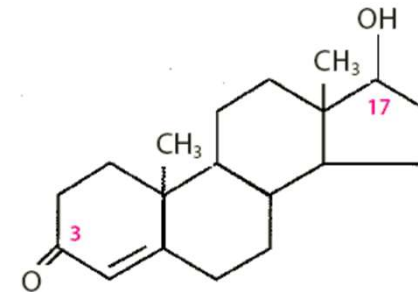


Aldosterona.

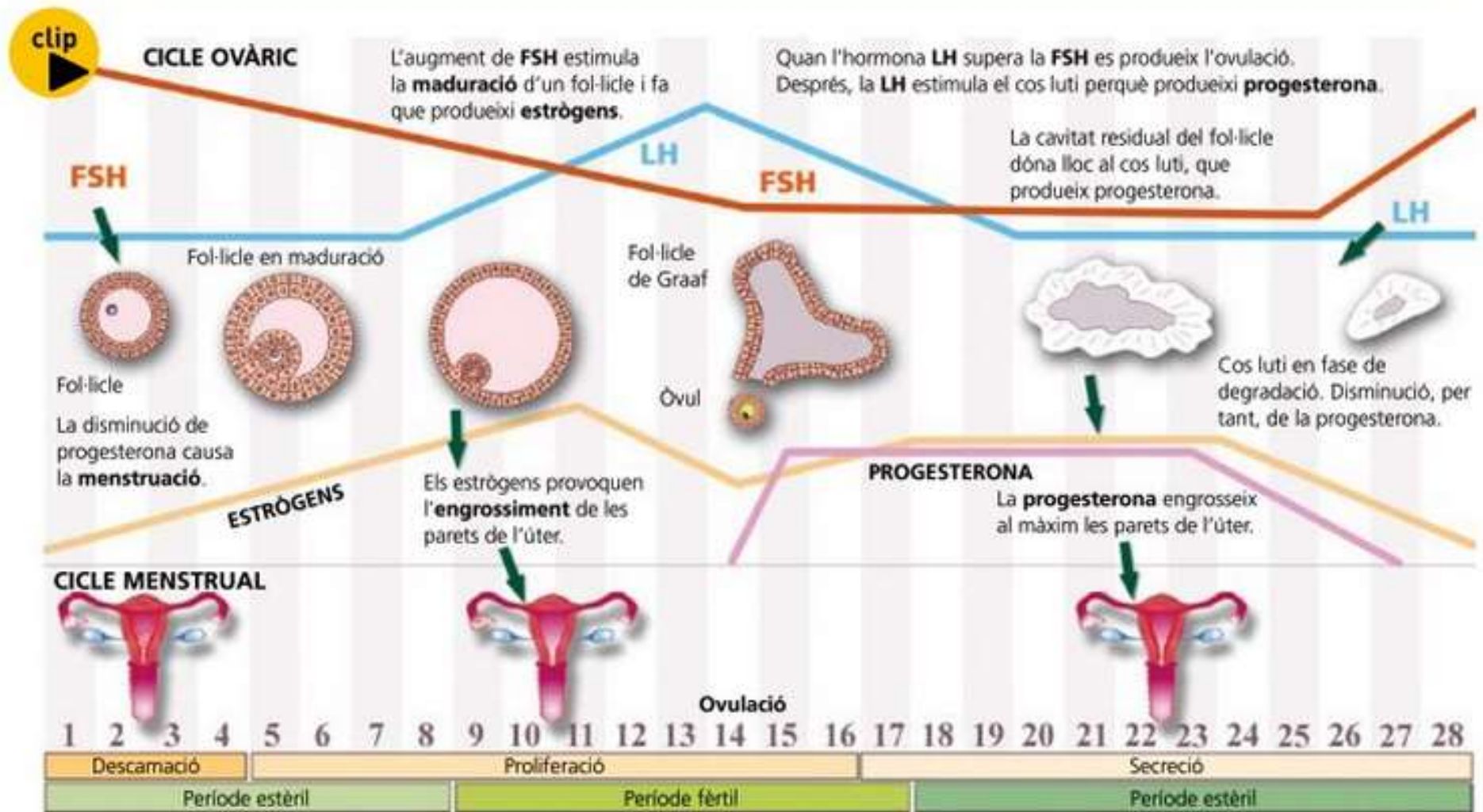
Hormones sexuals:

Progesterona prepara els òrgans sexuals femenins per a la gestació

Testosterona responsable dels caràcters sexuals masculins.



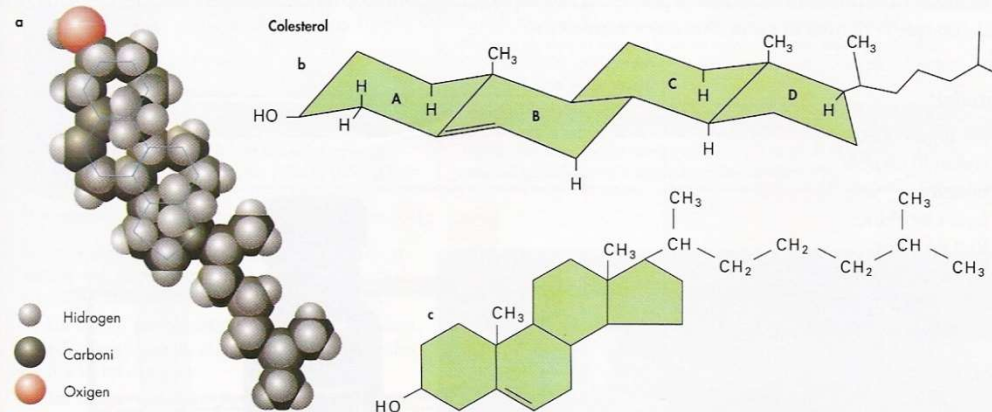
Testosterona.



<http://www.ecasals.net/index.php?ps=0be95bd5bf2ae8a3a0af3e4b2d3ca746c359a7ab4af75fa22d413eaf23d25c5d2124bd3a392b5ed2546c582c81532ce9007a5007794cd458c161a5595b536b4822405942c34044554050646c8a586e1a>

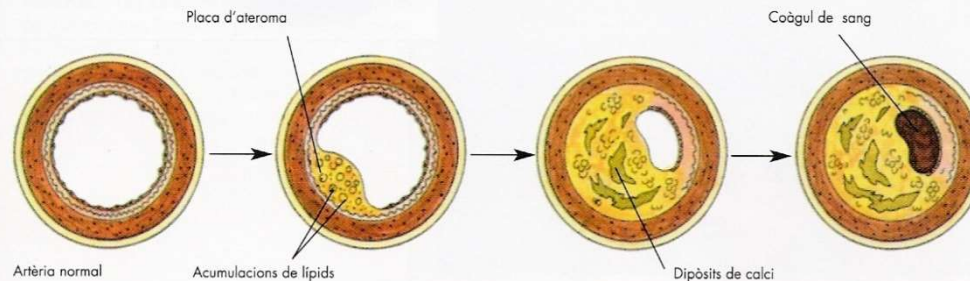
El colesterol, necessari i perillós

El colesterol és un compost imprescindible per a les membranes cel·lulars i per a la formació d'altres molècules bàsiques, com les hormones sexuals i altres esteroides.



a) model espacial compacte d'una molècula de colesterol, b) estructura espacial i c) fórmula.

Però, alhora, hi ha relació entre els nivells alts de colesterol a la sang i determinades malalties cardiovasculars, com l'infart, l'angina de pit o la trombosi. La causa d'aquestes patologies és l'*aterosclerosi*, que consisteix en l'engruïment de les parets de les artèries per unes plaques constituïdes per dipòsits de colesterol anomenades *ateromes*, que poden arribar a obstruir la circulació de la sang per les artèries.



Ateroma format pels dipòsits de colesterol a la part interna de les artèries.

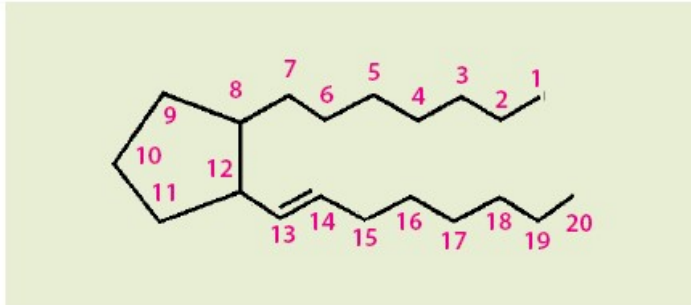
El colesterol no és un nutrient essencial, ja que se sintetitza al fetge i a l'intestí prim. Tot i així, pràcticament tots els aliments d'origen animal contenen colesterol, sobretot el rovell d'ou fresc, la mantega, la nata, els formatges grassos, els embotits i moltes carns, com també moltes pastes i productes de pastisseria que s'elaboren amb greixos animals. Malgrat tot, la quantitat absoluta de colesterol ingerit no té una relació directa amb la seva concentració a la sang, ja que quan s'ingereix en excés, la síntesi de colesterol per part de l'organisme s'inhibeix. És més important el tipus de greix i d'àcids grassos que es consumeixen que la quantitat total de colesterol que contenen. Així mateix, el colesterol oxidat, per exemple en els formatges curats o en els aliments fregits, és molt més perjudicial que el normal. Molts aliments contenen abundant colesterol, tot i que el greix pot ser que no sigui aparent.

El colesterol és transportat a la sang acoblat a proteïnes. Aquests dos elements junts s'anomenen **lipoproteïnes**, de les quals n'hi pot haver de dos tipus: les lipoproteïnes de baixa densitat (**LDL**) i les d'alta densitat (**HDL**). Les primeres permeten que el colesterol s'alliberi, es dipositi a les parets arterials i formi els ateromes. En canvi, les HDL porten el colesterol fins al fetge, on és metabolitzat. El consum de greixos saturats d'origen animal incrementa en general les LDL i, per tant, té conseqüències negatives per a la salut. En canvi, la ingestió d'àcids grassos insaturats de fonts vegetals, com l'oli d'oliva, i de peixos blaus fa disminuir el nivell de LDL i té efectes benèfics.

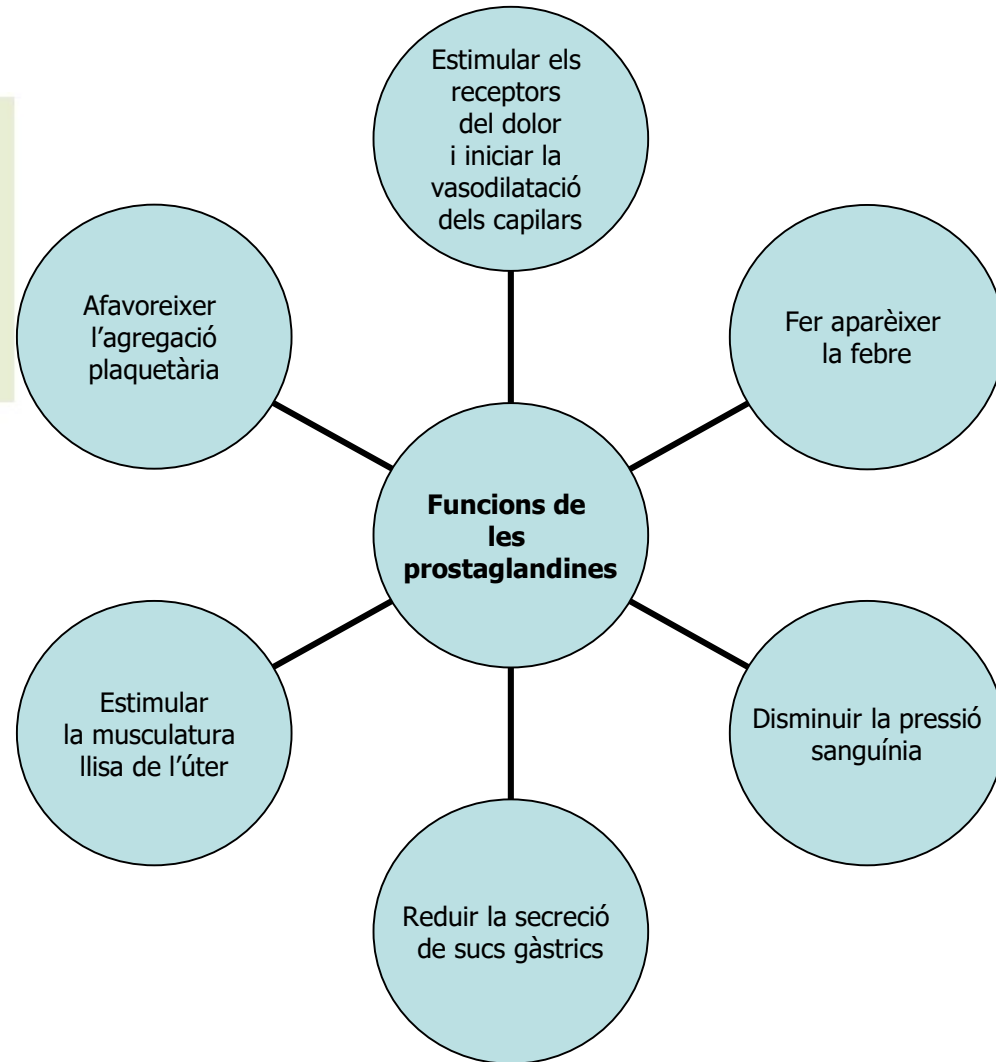
1. Què és més perjudicial, menjar-se un ou ferrat o un ou dur?
2. Perquè el consum d'àcids grassos saturats és, en general, perjudicial per a la salut?
3. De vegades es parla de greix o de colesterol ocult en alguns aliments. Imagina't un bistec de carn sense greix visible. On es troba el colesterol?



Els lípids sense àcids grassos o insaponificables: prostaglandines



Àcid prostanoic del qual deriven les prostaglandines.





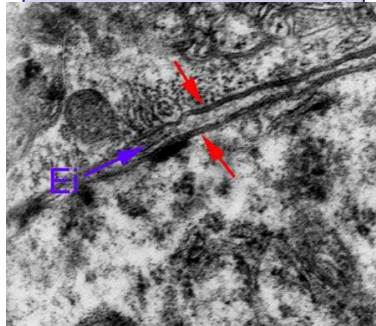
Les funcions dels lípids

Funció de reserva energètica.

Els lípids són la principal reserva energètica de l'organisme. Un gram de greix produeix 9,4 quilocalories en les reaccions metabòliques d'oxidació, mentre que els pròtids i els glúcids tan sols produeixen 4,1 quilocalories/gram. Aquesta funció la duen a terme els acilglicèrids.

Funció estructural.

Fan aquesta funció els lípids que formen les bicapes lipídiques de la membrana cel·lular.



Funció protectora.

Els acilglicèrids recobreixen els òrgans per protegir-los dels cops; les ceres recobreixen la superfície de la pell, els fruits, les plomes i els greixos, i actuen com a aïllants tèrmics.

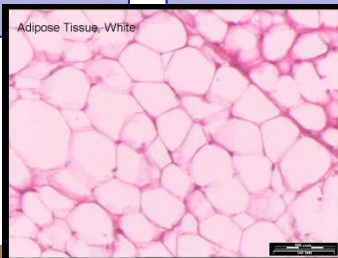


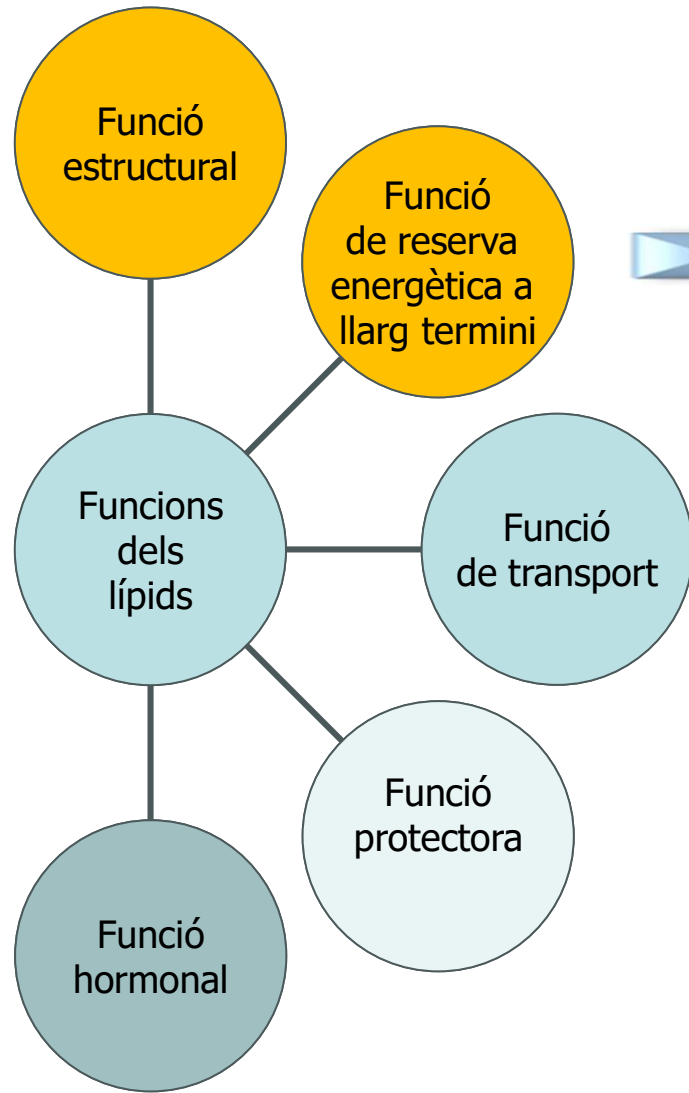
Funció reguladora - biocatalitzadora.

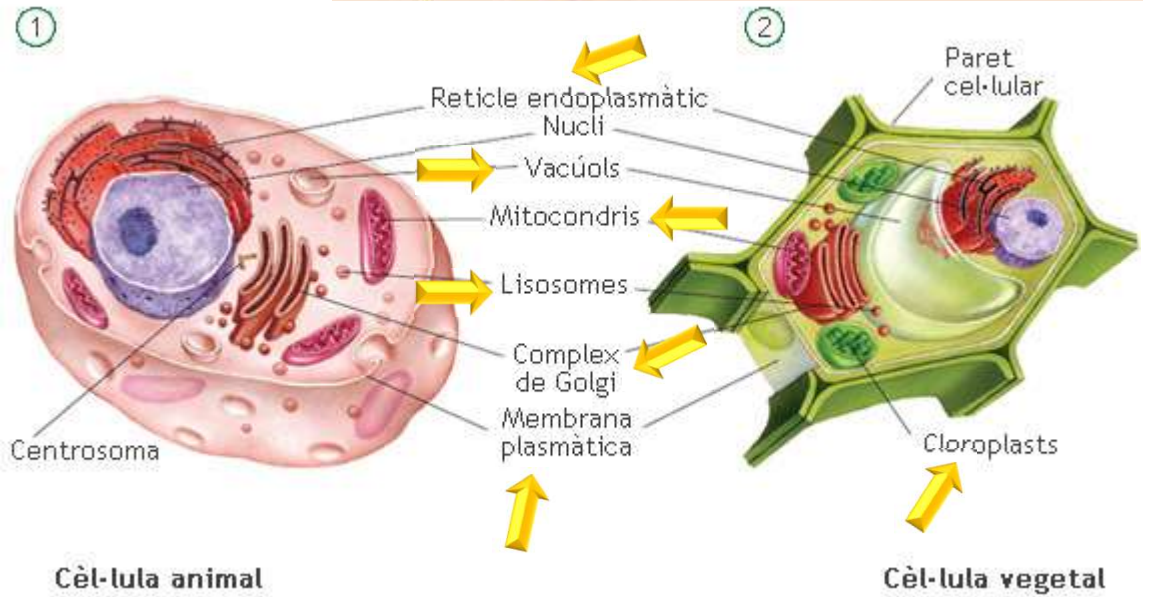
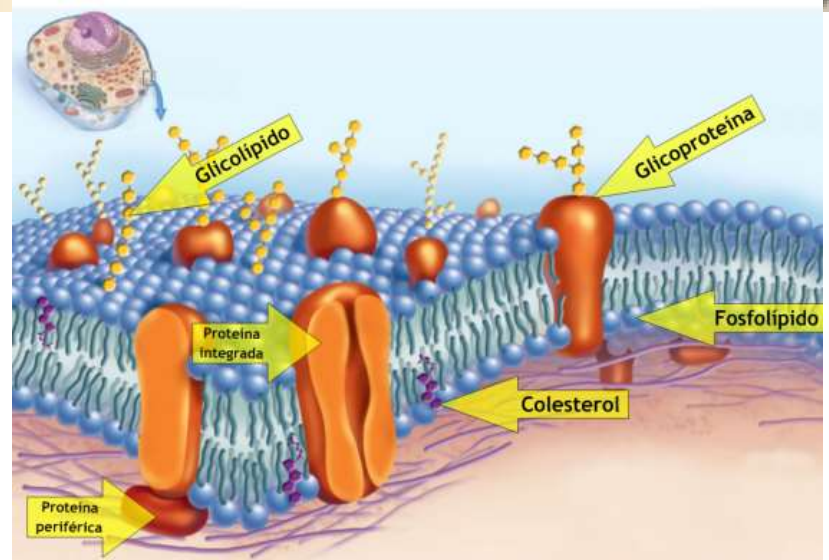
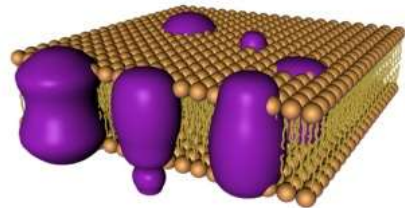
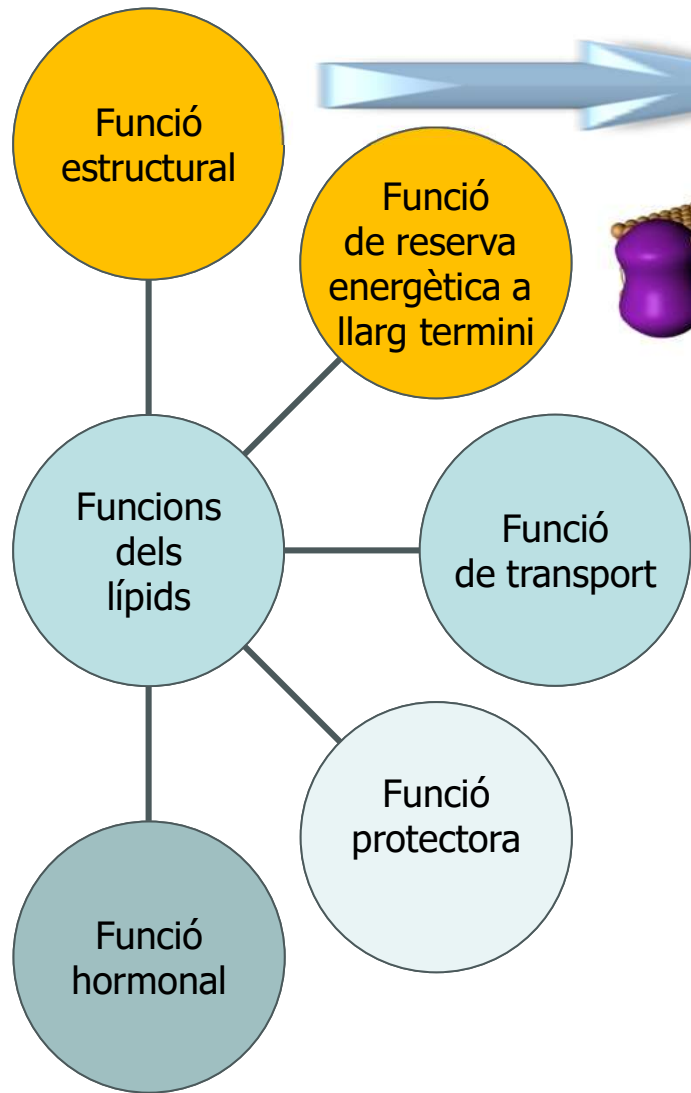
Compleixen aquesta funció les vitamines lipídiques, les hormones lipídiques i les prostaglandines.

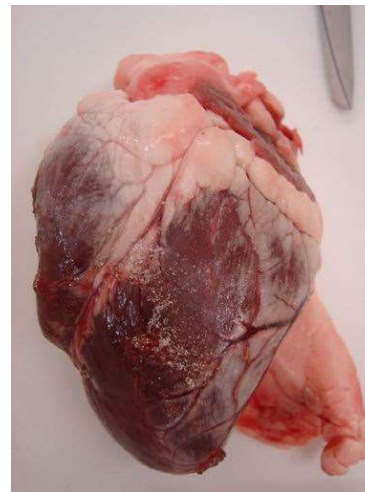
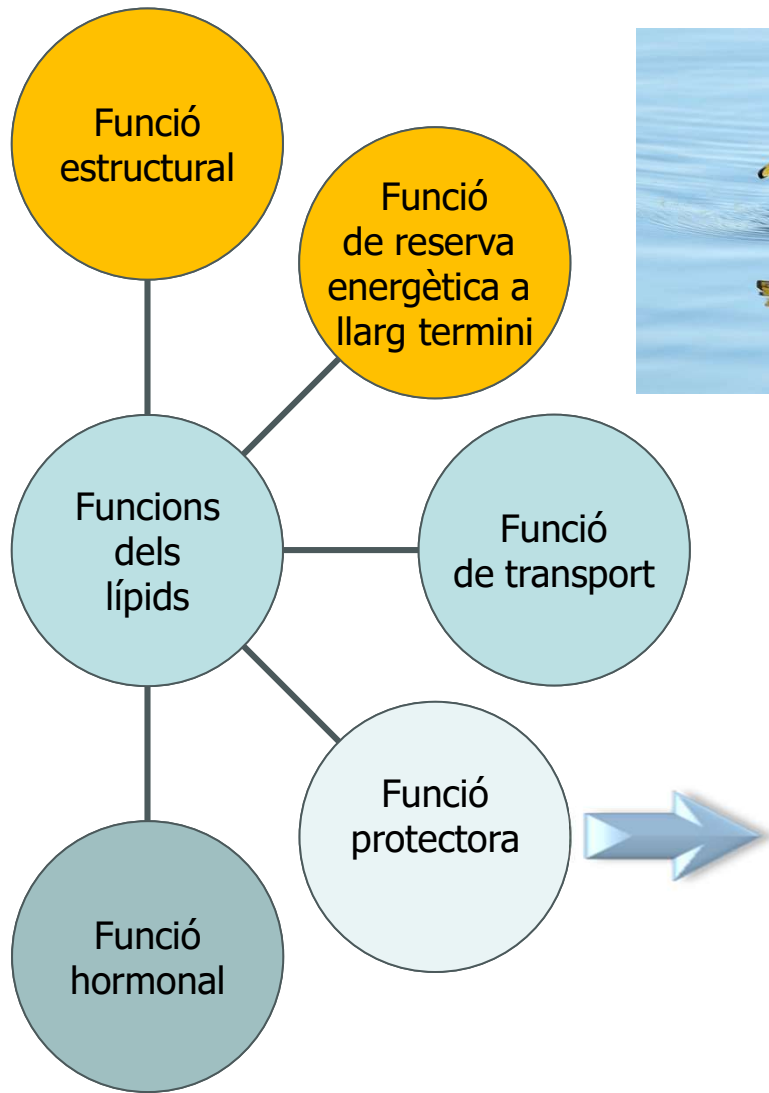
Funció transportadora.

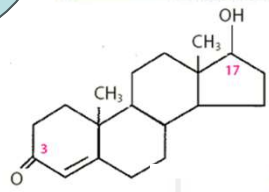
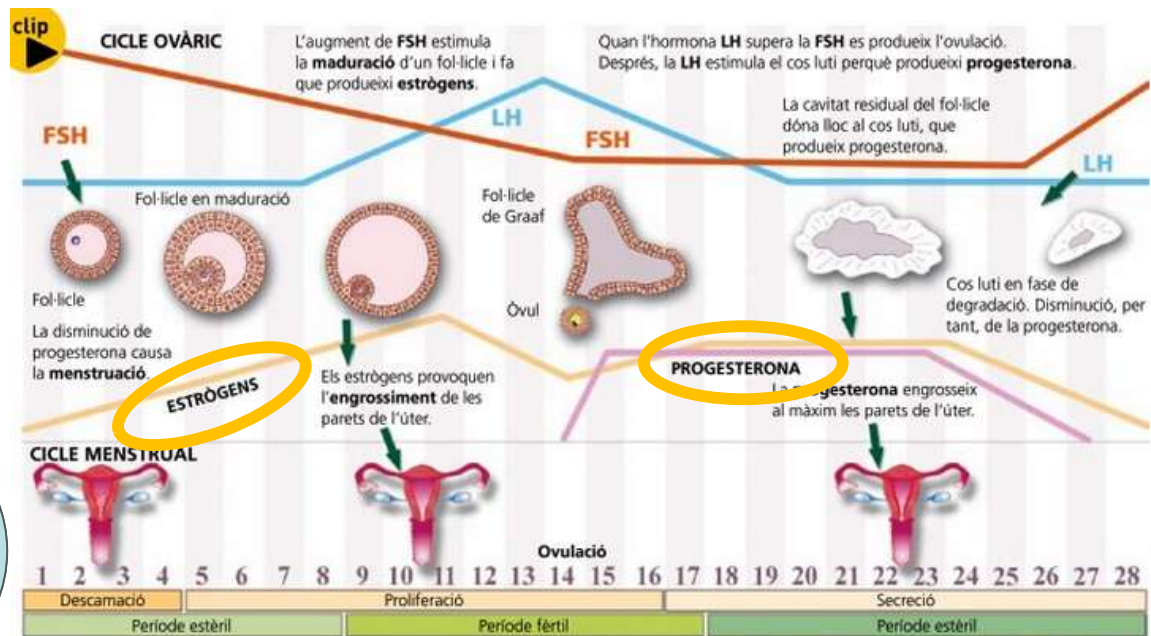
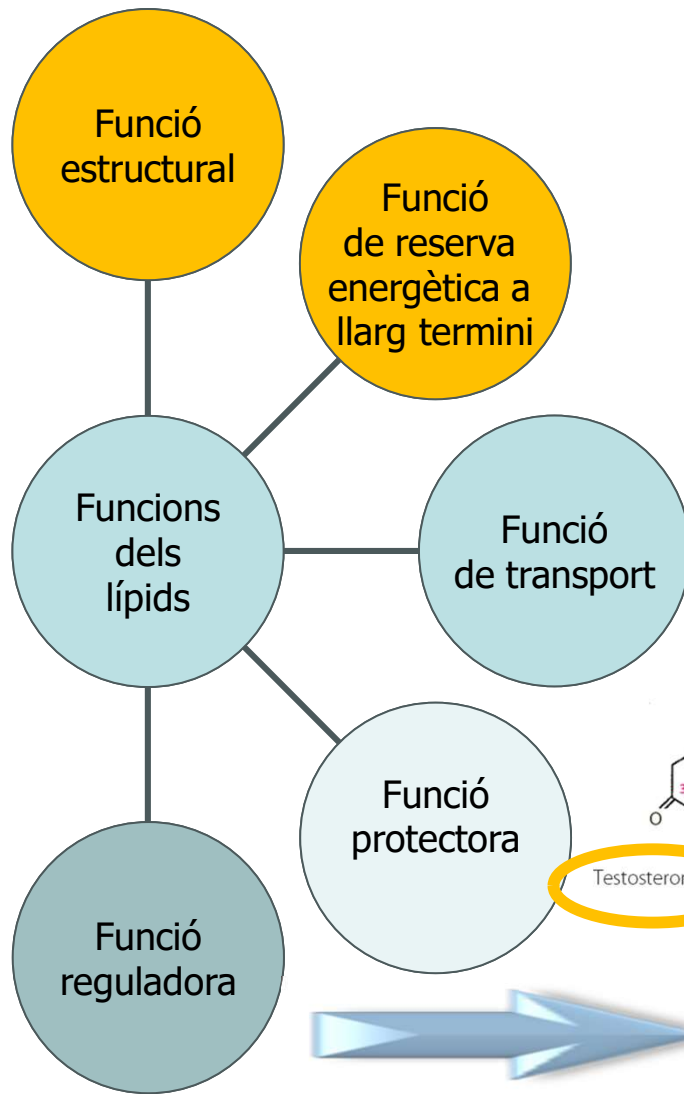
El transport dels lípids des de l'intestí fins al lloc on s'utilitzen o fins al teixit adipós, on s'emmagatzemen, es fa per mitjà de l'emulsió dels lípids gràcies als àcids biliars i els proteolípids.









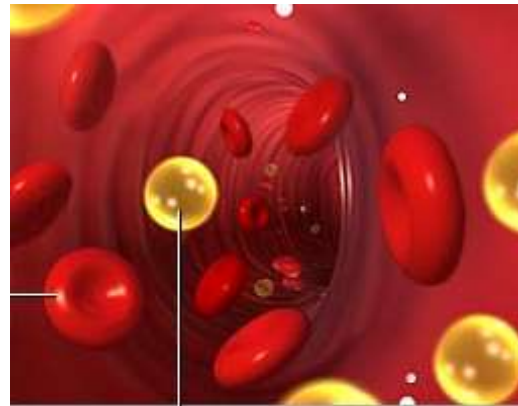
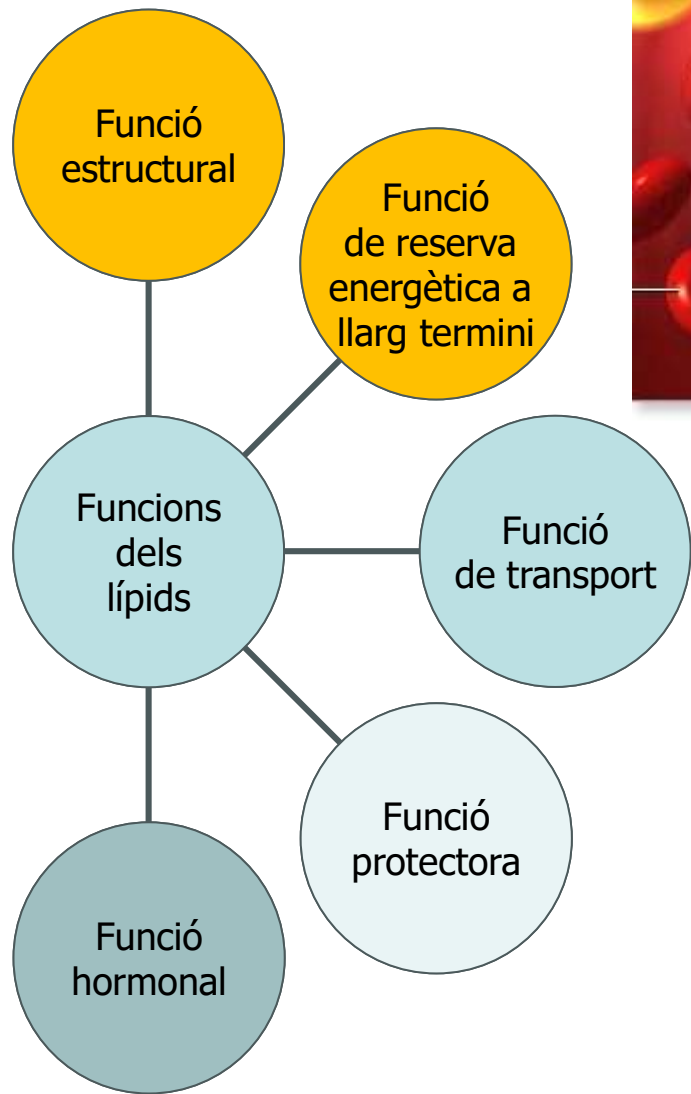


Testosterona.

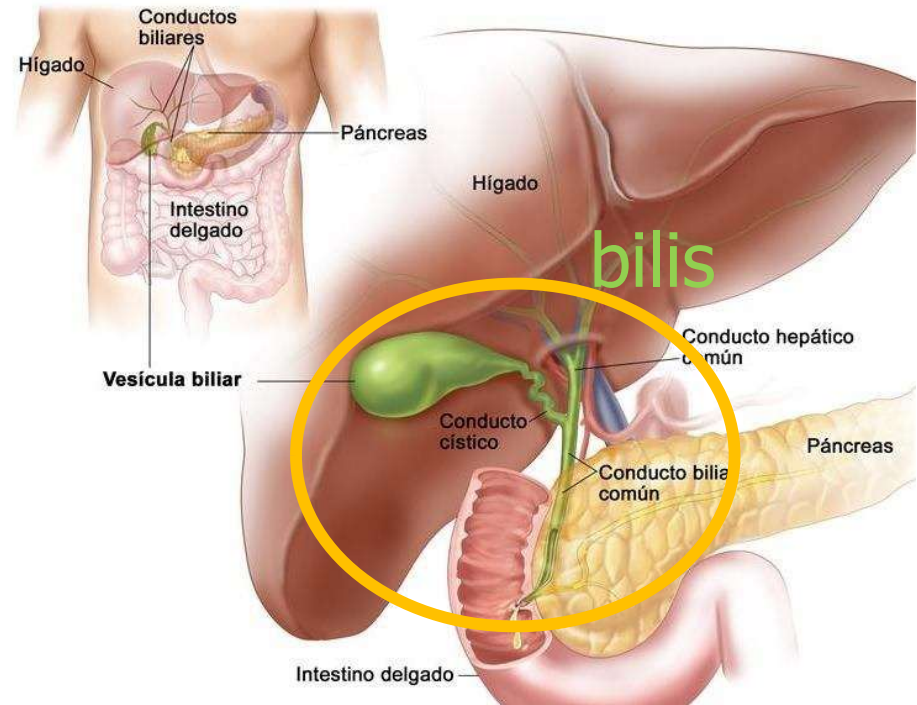


vitamina D





Colesterol



El teixit adipós: una bona elecció

L'organisme humà disposa d'una reserva energètica basada en tres tipus de biomolècules:

Triacilglicèrids	10-15 kg al teixit adipós*	La hidròlisi total d'1 g de triacilglicèrids proporciona 9,3 kcal . Això vol dir que la reserva lipídica representa una quantitat d'entre 90.000 i 130.000 kcal (energia suficient per sobreviure de seixanta a noranta dies sense menjar).
Proteïnes	2 kg als músculs*	La hidròlisi d'1 g de proteïna proporciona 4,1 kcal .
Glucogen	450 g com a màxim; al fetge (300 g) i als músculs (150 g)*	1 g de glucogen oxidat totalment dóna 4,1 kcal . Això significa que les reserves glucídiques d'energia representen entre 850 i 1.800 kcal.

*Quantitats aproximades en una persona de 70 kg.

Els triacilglicèrids es poden emmagatzemar relativament en poc espai, ja que per cada gram de triacilglicèrid només calen 0,15 ml d'aigua.

En canvi, per dissoldre i poder emmagatzemar 1 g de glucogen, es necessiten com a mínim de 5 a 10 ml d'aigua.

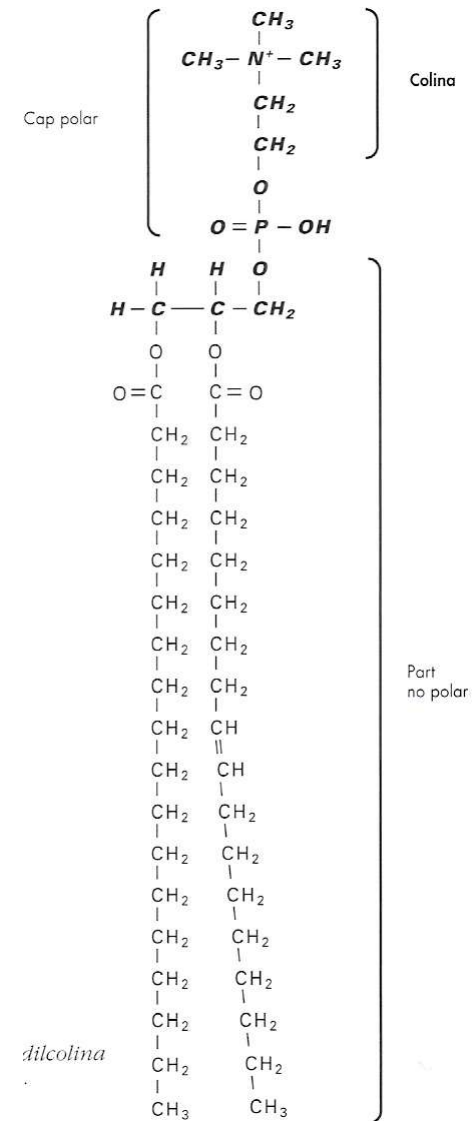
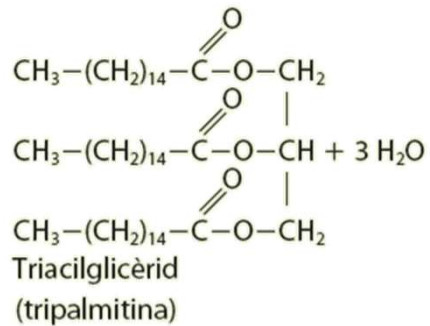
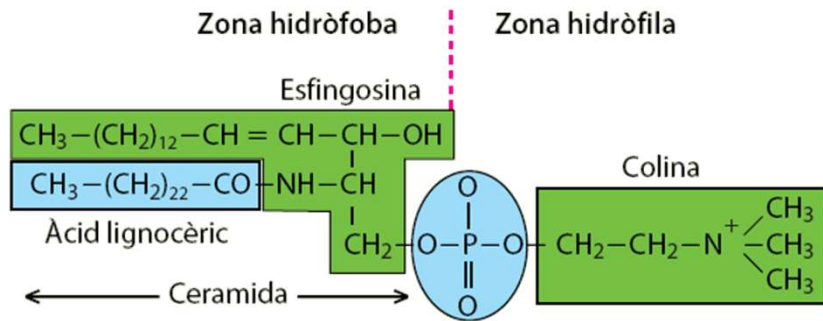
En teoria, des d'un punt de vista energètic, 14 kg de triacilglicèrids poden ser substituïts per 31,8 kg de glucogen. Però mentre que 14 kg de triacilglicèrids ocupen un volum d'uns 16 l, l'equivalent energètic del glucogen ocuparia un volum d'uns 300 l.

Tenint en compte que el volum d'un cos humà de 70 kg és aproximadament de 70 l, emmagatzemar en forma de glucogen tota la reserva energètica suposaria superar de llarg el volum normal de les persones. El cos humà es convertiria en una esfera i caldria un altre sistema esquelètic i de suport.



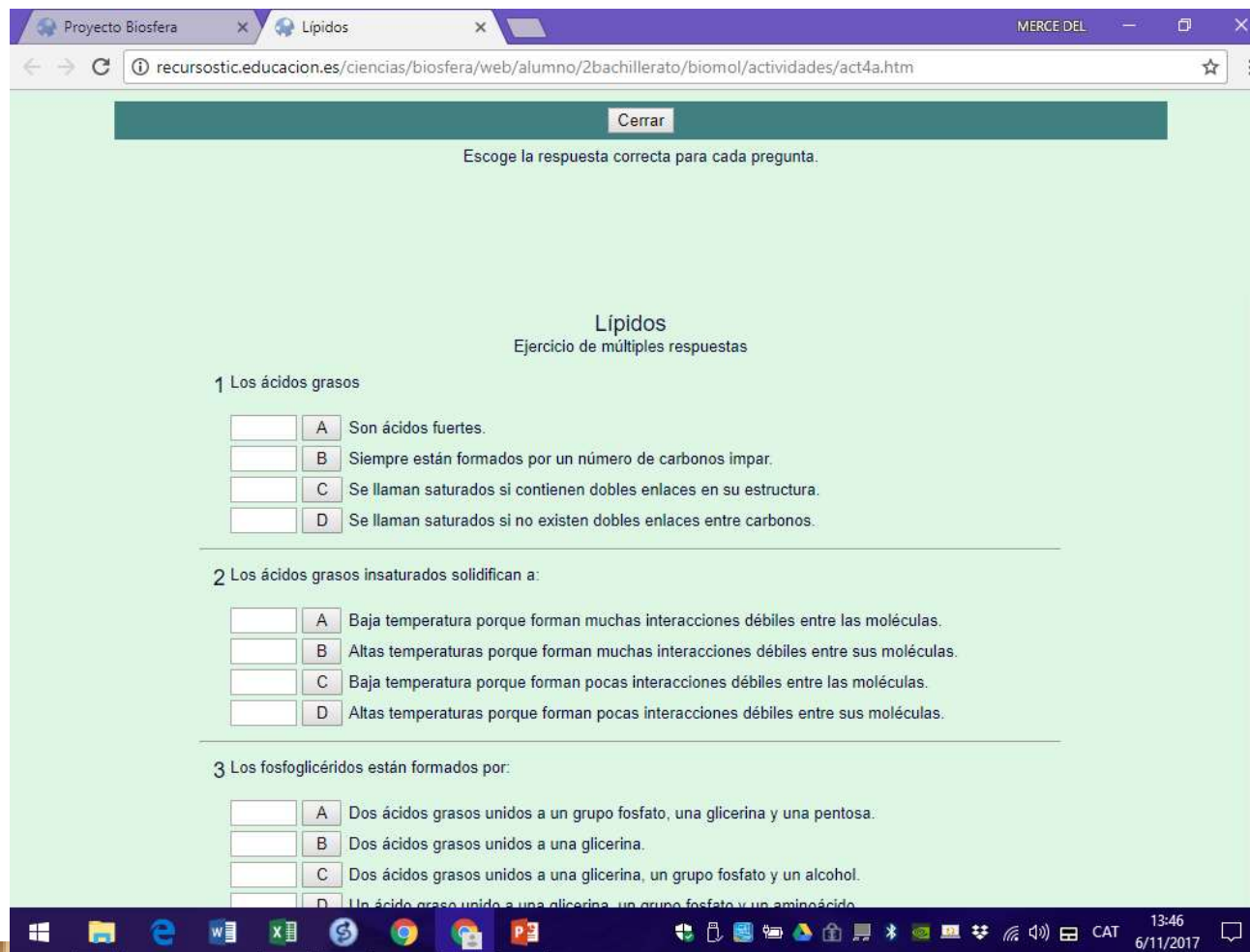
1. Teòricament, i pel que fa a les necessitats energètiques, quants dies podria sobreviure una persona de 70 kg sense menjar res si suposem que fa una despesa de 2.500 kcal/dia?
2. Si tota l'energia emmagatzemada en forma de triacilglicèrids per una persona de 70 kg fos substituïda per glucogen, quin volum i quina massa aproximada tindria el cos d'aquesta persona?
3. Les necessitats energètiques d'una persona se satisfan en primer lloc per la glucosa i les reserves de glucogen, que són limitades. Amb els nutrients que ingerim obtenim un determinat valor energètic, però si aquest és superior a les nostres necessitats d'energia:
 - a) On van a parar les molècules que no s'utilitzen?
 - b) Formula unes quantes hipòtesis i explica d'una manera raonada què passa quan una persona sana menja més del compte.
4. Quan les reserves de glucogen s'exhaureixen, per exemple després d'un exercici físic de llarga durada, s'utilitzen els triacilglicèrids acumulats al teixit adipós. Així, doncs:
 - a) Aprima l'exercici físic?
 - b) Com s'utilitzen les reserves d'energia durant l'activitat física? Explica'n l'efecte en el cos.
 - c) Què creus que és el més recomanable per aprimar-se d'una manera raonable, quan sigui totalment necessari, i sense posar en perill la salut?

Exercici 25



Exercici 50

- <http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/2bachillerato/biomol/actividades/act4a.htm>



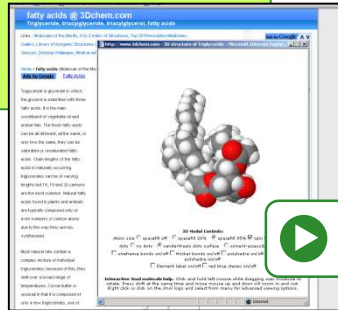
The screenshot shows a web browser window with the following content:

- Browser tabs: "Proyecto Biosfera" and "Lípidos".
- Address bar: recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/2bachillerato/biomol/actividades/act4a.htm
- Page title: "Lípidos"
- Section: "Ejercicio de múltiples respuestas"
- Question 1: "1 Los ácidos grasos". Options: A) Son ácidos fuertes. B) Siempre están formados por un número de carbonos impar. C) Se llaman saturados si contienen dobles enlaces en su estructura. D) Se llaman saturados si no existen dobles enlaces entre carbonos.
- Question 2: "2 Los ácidos grasos insaturados solidifican a:". Options: A) Baja temperatura porque forman muchas interacciones débiles entre las moléculas. B) Altas temperaturas porque forman muchas interacciones débiles entre sus moléculas. C) Baja temperatura porque forman pocas interacciones débiles entre las moléculas. D) Altas temperaturas porque forman pocas interacciones débiles entre sus moléculas.
- Question 3: "3 Los fosfoglicéridos están formados por:". Options: A) Dos ácidos grasos unidos a un grupo fosfato, una glicerina y una pentosa. B) Dos ácidos grasos unidos a una glicerina. C) Dos ácidos grasos unidos a una glicerina, un grupo fosfato y un alcohol. D) Un ácido graso unido a una glicerina, un grupo fosfato y un aminoácido.



Enllaços d'interès

3D Chem: fatty acids



 **PASSA AL WEB**



- Models moleculars en tres dimensions:
 - ✓ <http://www2.uah.es/biomodel/model3j/inicio.htm>
 - ✓ <http://www.xtec.net/~mmulet/Bmols/> (En català)
- http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/ibonilla/biologia/ZeroYear/2.1.GluciLipidos.PPT
- http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo_ov/2BCH/INDICES/index_biomoleculas.htm
- <http://www.cienciasnaturales.es/>
- <http://www.um.es/molecula/lipi.htm>
- Pàgina general del “*Proyecto Biosfera*” (MEC):
<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/biomol/contenidos.htm>
- Bioquímica en la web “*Aula virtual de Biología*”:
<http://www.um.es/molecula/indice.htm>