

Lípidos



Fabrizio Marcillo Morla MBA

barcillo@gmail.com
(593-9) 4194239



Fabrizio Marcillo Morla

- Guayaquil, 1966.
- BSc. Acuicultura. (ESPOL 1991).
 - Magister en Administración de Empresas. (ESPOL, 1996).
- Profesor ESPOL desde el 2001.
- 20 años experiencia profesional:
 - ◆ Producción.
 - ◆ Administración.
 - ◆ Finanzas.
 - ◆ Investigación.
 - ◆ Consultorías.

Otras Publicaciones del mismo autor en Repositorio ESPOL

Lípidos

- Son biomoléculas orgánicas formadas básicamente por C e H y generalmente también O; pero en porcentajes mucho más bajos. Además pueden contener también P, N y S.
- Es grupo sustancias muy heterogéneas que sólo tienen en común estas dos características:
 1. Son insolubles en agua
 2. Son solubles en disolventes orgánicos, como éter, cloroformo, benceno, etc.
- Alta Energía y digestibilidad permiten ahorrar proteína en alimento

Función de Lípidos

- **Reserva energética:**
 - ◆ Principal reserva energía de animales. Un gr. grasa 9,4 kilocalorías, proteínas y glúcidos sólo 4,1 kilocalorías por gramo.
- **Estructural:**
 - ◆ Lípidos forman bicapas lipídicas de membranas celulares. Además recubren y proporcionan consistencia a órganos y protegen mecánicamente estructuras o son aislantes térmicos como tejido adiposo.
- **Catalizadora, hormonal o mensajeros químicos:**
 - ◆ Facilitan determinadas reacciones químicas y esteroides cumplen funciones hormonales.
- **Transportadora:**
 - ◆ Se absorben en intestino gracias a emulsión de sales biliares y transporte de lípidos por la sangre y linfa se realiza a través de lipoproteínas.

Clasificación de los lípidos

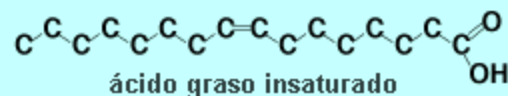
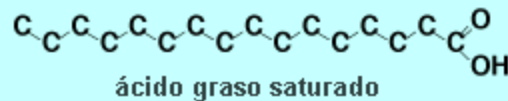
Ácidos grasos	Saturados Insaturados	
Lípidos saponificables	Triacilgliceroles o grasas	Aceites Mantecas Sebos
	Ceras	
	Lípidos complejos o de membrana	Glicerolípidos Esfingolípidos
Lípidos insaponificables	Terpenos Esteroides Hormonas eicosanoides	

(Tomado de Biología 2 -Bruño)



Acidos Grasos

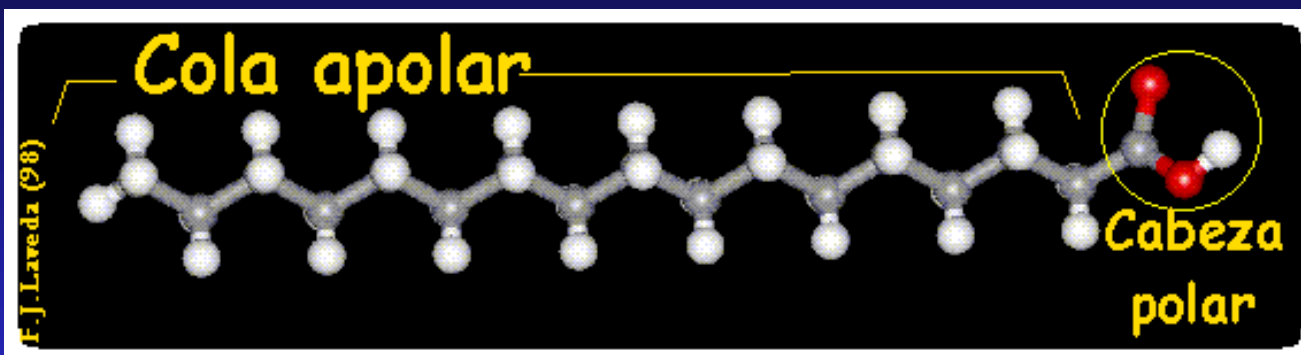
- Son moléculas formadas por larga cadena (8 – 22) hidrocarbonada de tipo lineal, y con número par de átomos C. Tienen en un extremo de la cadena un grupo carboxilo (-COOH).
- Se conocen unos 70 AG clasificados en 2 grupos :
 - ◆ AG saturados sólo tienen enlaces simples entre los átomos de carbono. Ej:
 - ◆ Mirístico (14C); palmítico (16C) y esteárico (18C) .
 - ◆ AG insaturados tienen uno o varios enlaces dobles en su cadena y sus moléculas presentan codos, con cambios de dirección en los lugares dónde aparece un doble enlace. Ej:
 - ◆ oléico (18C, 1 doble enlace) y linoleíco (18C y 2 doble enlaces).
 - ◆ Presencia de doble enlaces reduce punto de fusión.



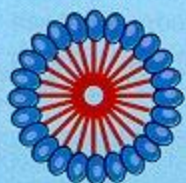
Propiedades AG

- **Anfipáticos:** Zona hidrófila: carboxilo (-COOH) y zona lipófila: cadena hidrocarbonada (-CH₃ y -CH₂-).
- **Punto fusión:** Depende longitud de cadena y número doble enlaces, AG insaturados menor PF
- **Esterificación:** Los ácidos grasos pueden formar ésteres con grupos alcohol de otras moléculas.
- **Saponificación:** Por hidrólisis alcalina los ésteres formados anteriormente dan lugar a jabones (sal del ácido graso).
- **Autooxidación:** AG insaturados pueden oxidarse espontáneamente, dando como resultado aldehídos donde existían los dobles enlaces covalentes.

Efectos Anfipáticos



Micelas monocapas



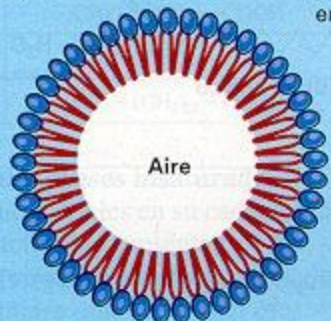
Micela monocapa

Agua



Aceite

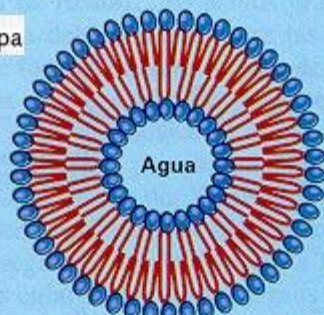
Efecto emulsionante



Aire

Efecto espumante
(Tomado de Biología 2 - Santillana)

Micela bicapa



Agua

Agua

Micela bicapa

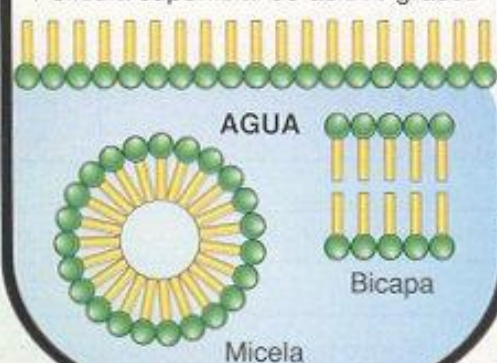
(Tomado de Biología 2 - Santillana)

Representación de una molécula de ácido graso

Cabeza hidrofílica
Cola hidrofóbica



Película superficial de ácidos grasos



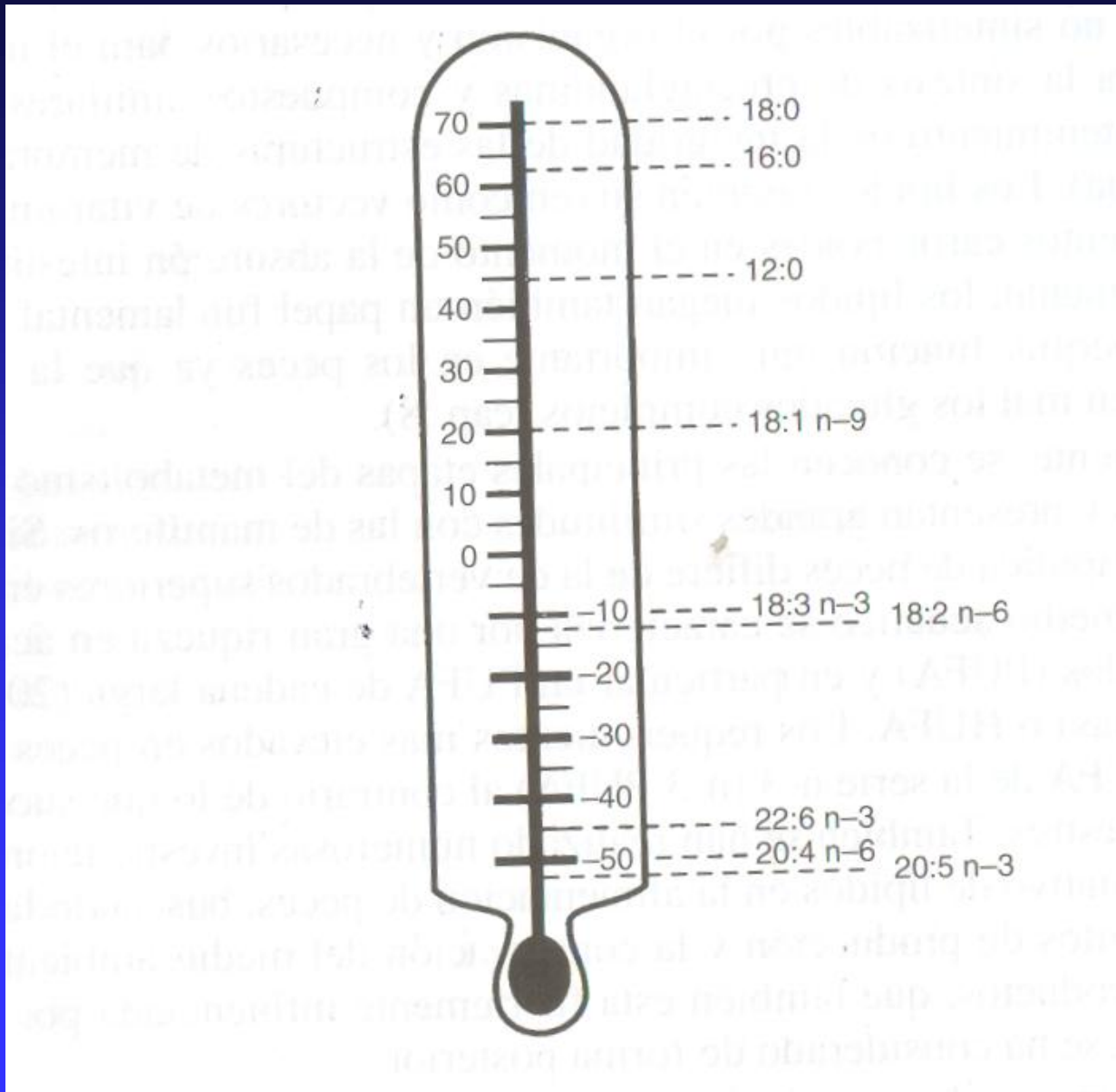
AGUA

Bicapa

Micela

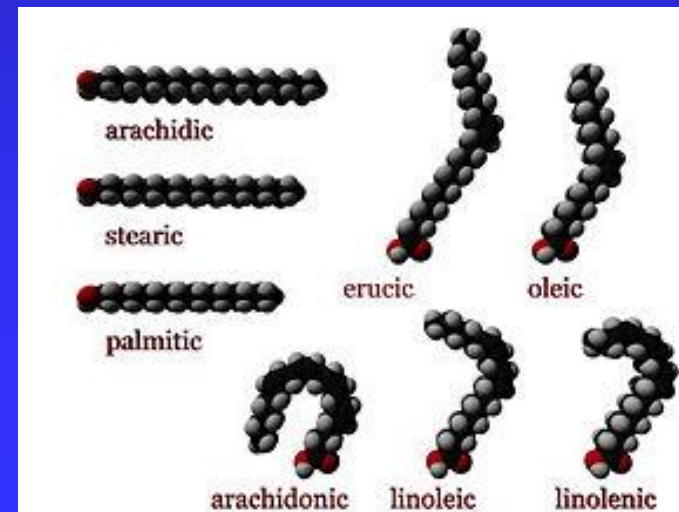
(Tomado de Biología COU - Anaya)

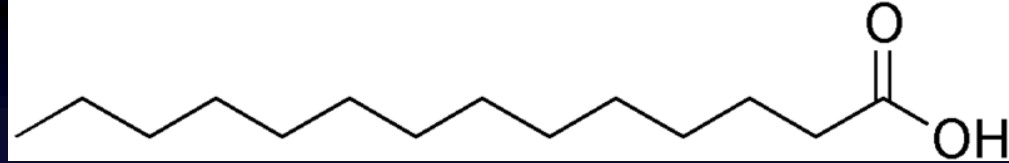
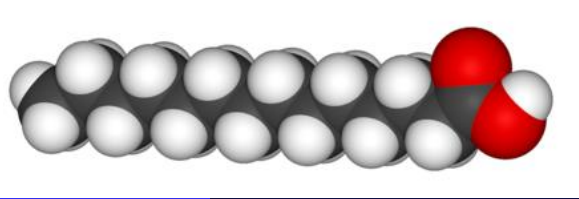
Punto Fusión AG



Clasificación AG

- Por su obtención:
 - ◆ Esenciales: Deben ingerirse
 - ◆ No esenciales: Pueden ser sintetizados
- Por Enlaces:
 - ◆ Saturados
 - ◆ Insaturados
 - ◆ Por número de doble enlaces
 - Mono insaturados (1 doble enlace)
 - Poli insaturados PUFA (varios doble enlace)
 - Altamente insaturados HUFA (varios D.E. y >20C)
 - ◆ Por disposición carbono
 - cis
 - trans





AG Saturados

- Aquellos con cadena hidrocarbonada repleta H.
- Sin doble enlaces en su estructura. Sólo enlaces simples.
- Cadenas lineales.
- Más comunes en los animales.

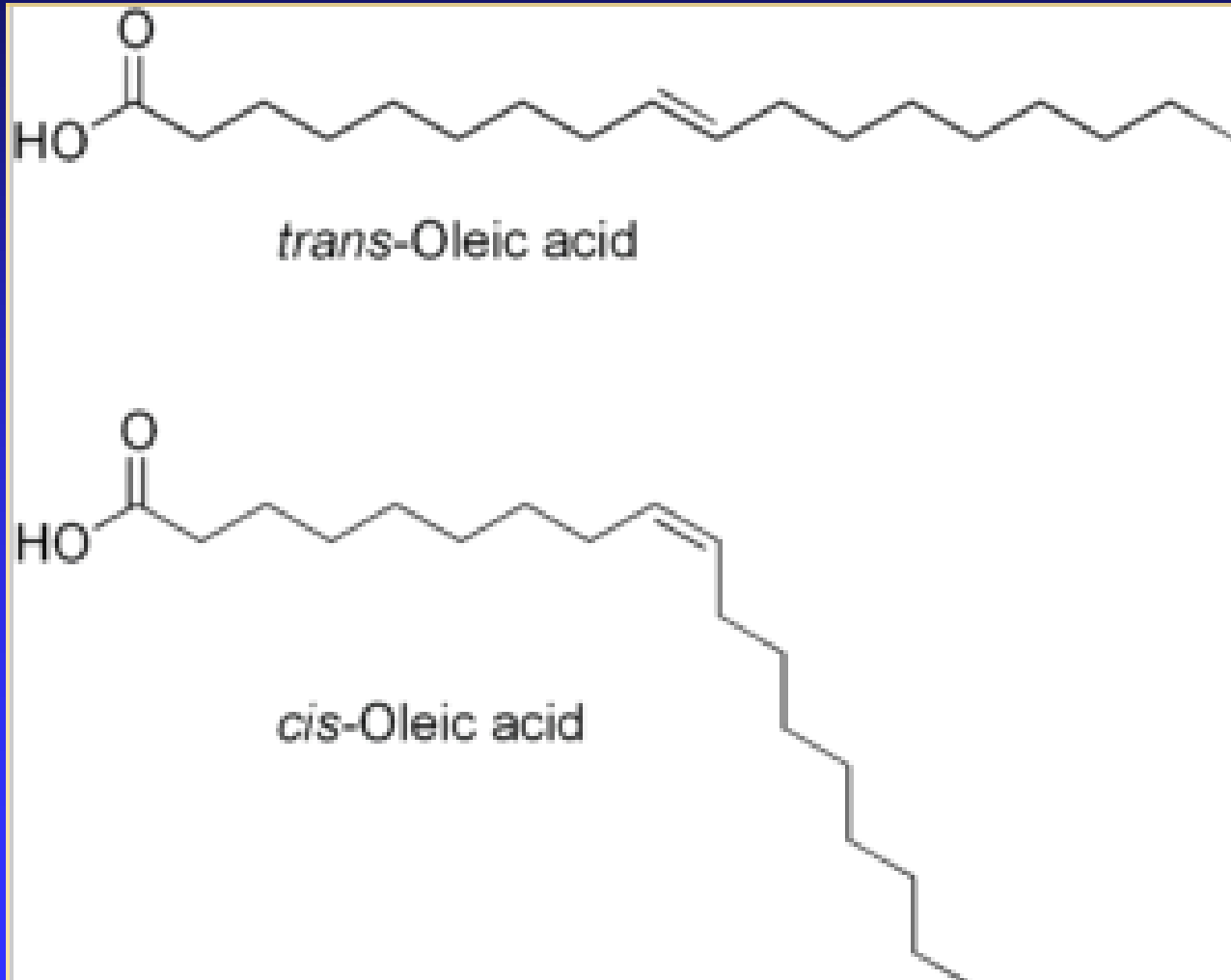
AG Saturados Más Comunes

Nombre Común	Nombre IUPAC	Estructura Química	Abrev.	Punto Fusión
Acético	Acido Etanoico	CH_3COOH	C2:0	-16 °C
Butírico	Acido Butanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	C4:0	-8 °C
Caproico	Acido Hexanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	C6:0	-3 °C
Caprílico	Acido Octanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	C8:0	16-17 °C
Cáprico	Acido Decanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	C10:0	31 °C
Laurico	Acido Dodecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	C12:0	44-46 °C
Mirístico	Acido Tetradecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	C14:0	58.8 °C
Palmitico	Acido Hexadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	C16:0	63-64 °C
Estearico	Acido Octadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	C18:0	69.9 °C
Araquídico	Acido Eicosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	C20:0	75.5 °C
Behenico	Acido Docosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	C22:0	74-78 °C
Lignocérico	Acido Tetracosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	C24:0	77-83 °C

AG Insaturados

- A. carboxílicos de cadena larga con un o varios doble enlaces entre átomos de C.
- Punto fusión grasas insaturadas < saturados. Margarina satura doble enlaces por hidrogenación
- Posición 1ª insaturación indicada por ω o n y número que designa enlace desde final cadena (metil -CH₃) donde se encuentra:
 - ◆ 18:2 ω 6 / 18:2 (n-6)
- Bioquímicos cuentan al revez desde grupo carboxilo:
 - ◆ 18:2 Δ 9,12
- 2 C junto a doble enlace pueden estar en configuración cis o trans:
 - ◆ cis: C del mismo lado de doble enlace. Causa doblez en cadena. Limitan habilidad de empacarse juntos y afectan T fusión.
 - ◆ trans: C de lados opuestos de doble enlace. No se dobla cadena forma similar a saturados.
 - ◆ Mayoría de AG naturales son cis, trans mayoría artificiales.

Isómeros de Acido Oleico



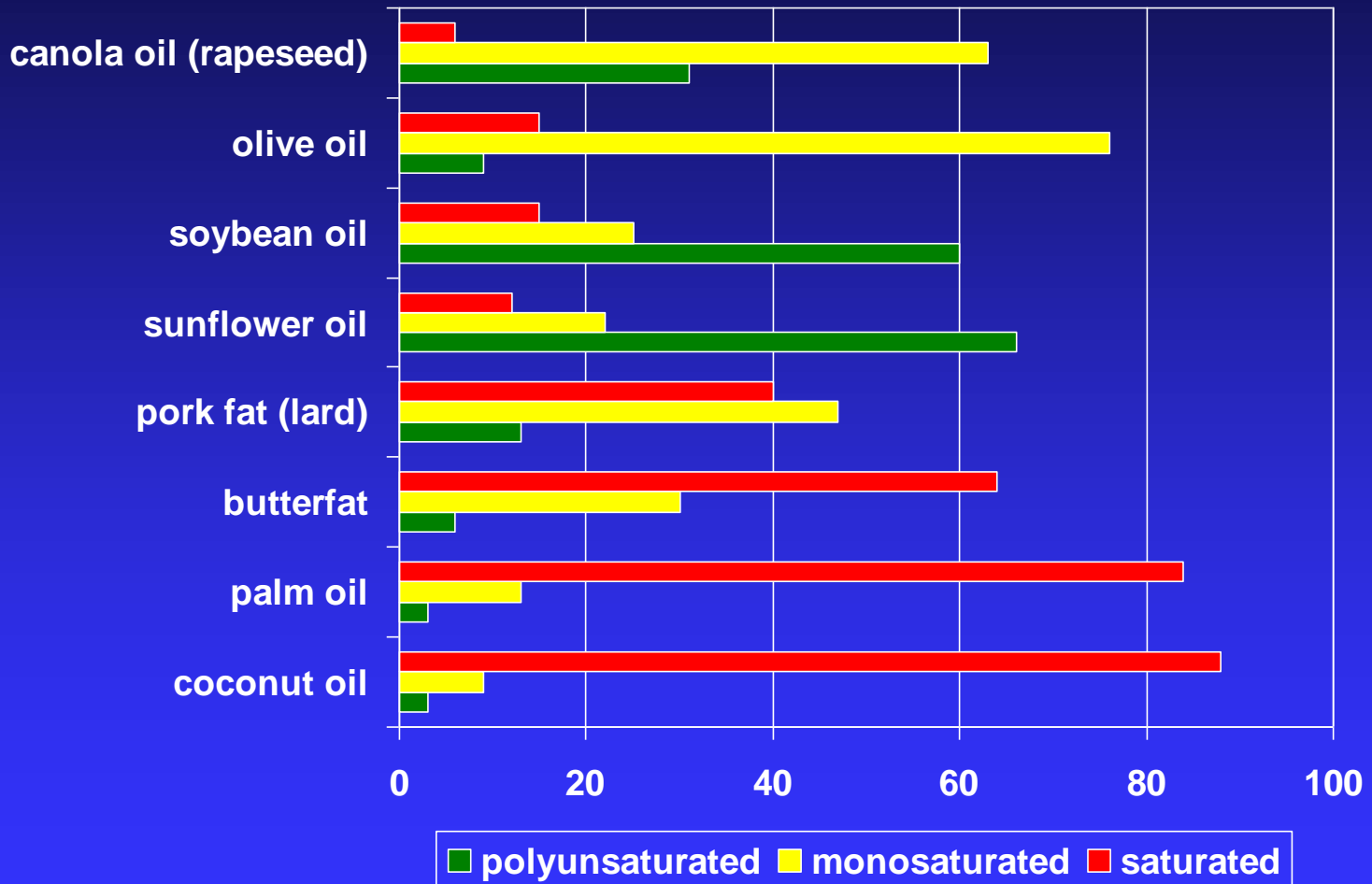
Principales AG Insaturados

Nombre Común	Estructura Química	ω
Acido Miristoleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	14:1 ω -5
Acido Palmitoleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	16:1 ω -7
Acido Oleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	18:1 ω -9
Acido Linoleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	18:2 ω -6
Acido Linolenico	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	18:3 ω -3
Acido Araquidonico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	20:4 ω -6
Acido Eicosapentaenoico	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	20:5 ω -3
Acido Erucico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$	22:1 ω -9
Acido Docosahexaenoico	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	22:6 ω -3

% AG en Grasas

	Saturados	Mono insaturados	Poli insaturados
Manteca Chancho	40.80	43.80	9.60
Mantequilla	54.00	19.80	2.60
Aceite Coco	85.20	6.60	1.70
Aceite hígado Pescado	5.28	7.43	85.29
Aceite Palma	45.30	41.60	8.30
Aceite Algodón	25.50	21.30	48.10
Aceite Germen Trigo	18.80	15.90	60.70
Aceite Soya	14.50	23.20	56.50
Aceite Oliva	14.00	69.70	11.20
Aceite Maíz	12.70	24.70	57.80
Aceite Girasol	11.90	20.20	63.00
Aceite Canola	5.30	64.30	24.80

% AG en Grasas



Clasificación de Lípidos

- Aparte de AG hay 2 grupos: posean en composición AG (L. saponificables) o no lo posean (L. insaponificables).

1. Lípidos saponificables

A. Simples

- ◆ Acilglicéridos
- ◆ Céridos

B. Complejos

- ◆ Fosfolípidos
- ◆ Glucolípidos

2. Lípidos insaponificables

A. Terpenos

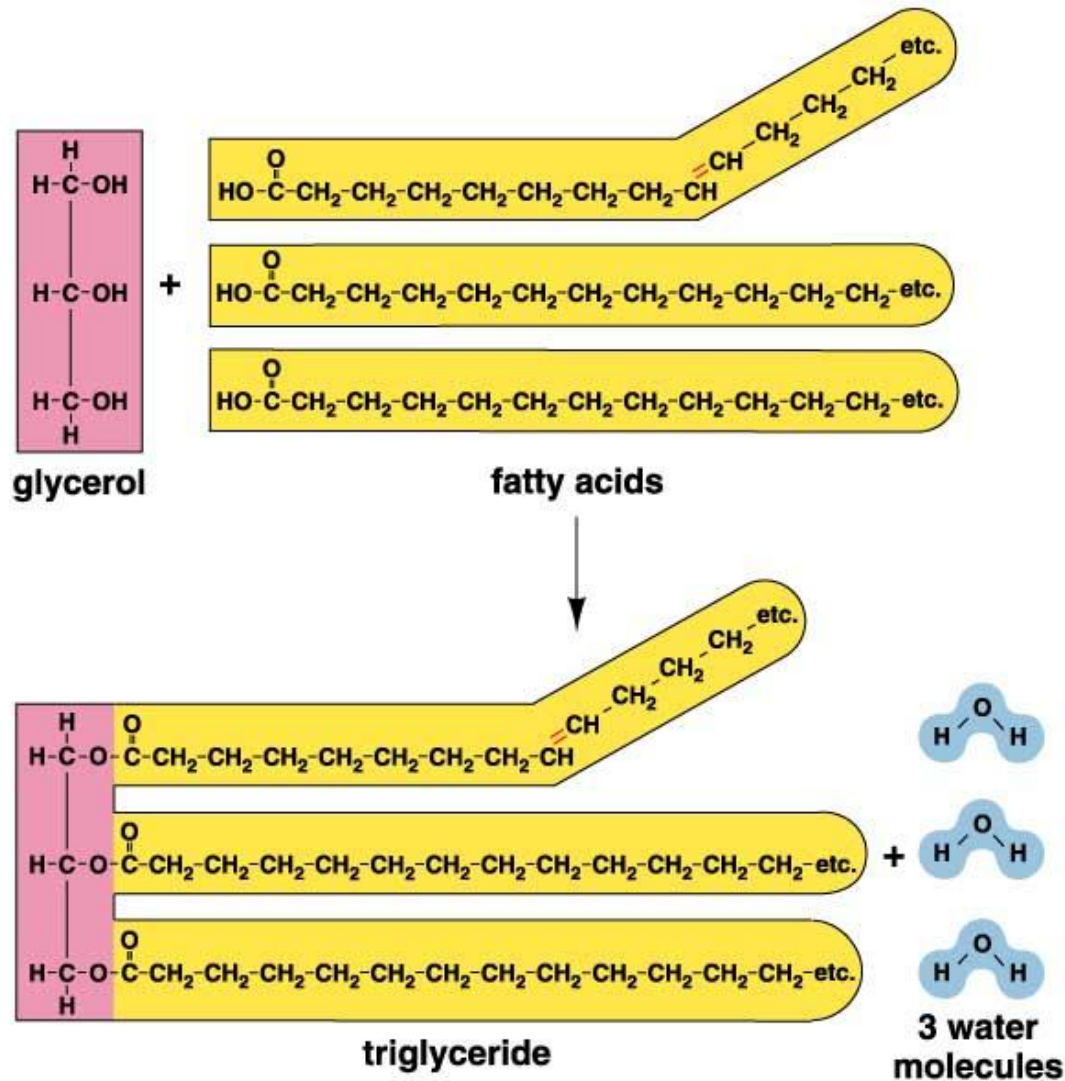
B. Esteroides

C. Prostaglandinas

Lípidos Simples

- Lípidos saponificables en cuya composición química sólo intervienen C, H y O.
- Acilglicéridos: Lípidos simples formados por esterificación de 1, 2 o 3 moléculas de AG con 1 de glicerina. También se llaman glicéridos o grasas simples
- Los acilglicéridos frente a bases dan lugar a reacciones de saponificación en la que se producen moléculas de jabón
- Según número AG, se dividen en:
 - ◆ **Monoglicéridos**: contienen 1 molécula de AG
 - ◆ **Diglicéridos**: con 2 moléculas de AG
 - ◆ **Triglicéridos**: con 3 moléculas de AG

Triglicérido



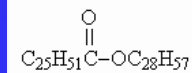
Funciones TG

- Energía Concentrada (dieta y almacenamiento)
- Proveen AG esenciales
- Transporte de vitaminas liposolubles (A,D,E,K)
- Aislamiento térmico y amortiguamiento de órganos
- Membranas celulares
- Dan sabor y textura a alimentos
- Contribuyen a saciedad

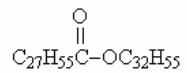


Lípidos Simples

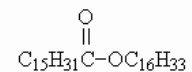
- **Céridos:** Las ceras son ésteres de ácidos grasos de cadena larga, con alcoholes de cadena larga.
- En general sólidas y totalmente insolubles en agua. Todas las funciones que realizan están relacionadas con su impermeabilidad al agua y con su consistencia firme.
- Plumas, pelo , piel, hojas, frutos, cubiertas de capa cerosa protectora.
- Una de las ceras más conocidas es la que segregan las abejas para confeccionar su panal.
- Ciertos animales marinos de aguas polares utilizan cera como almacén de energía.



cera de oveja.



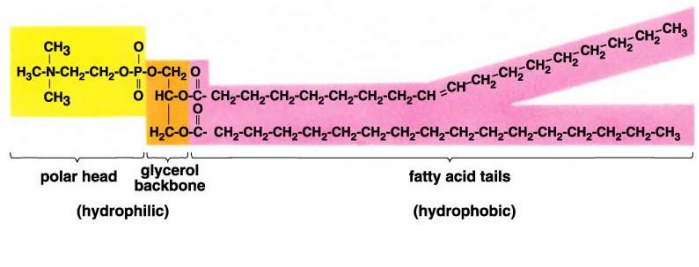
cera de carnauba.



cera de plantas.

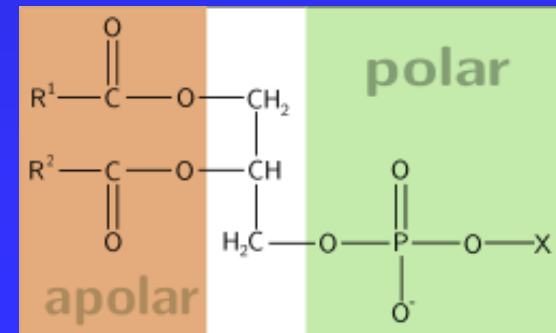
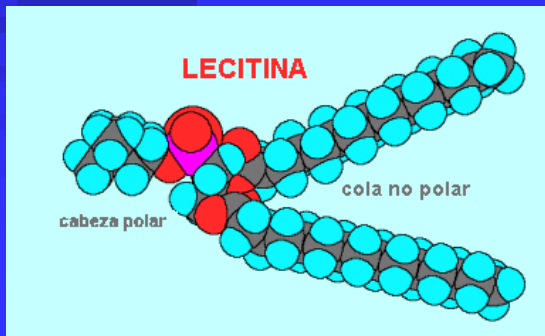
Lípidos Complejos

- Lípidos saponificables en cuya estructura molecular además de C, H y O, hay también N, P, S o un glúcido.
- Principales constituyentes de doble capa lipídica de membrana celular: también se llaman lípidos de membrana.
- Son también moléculas anfipáticas.



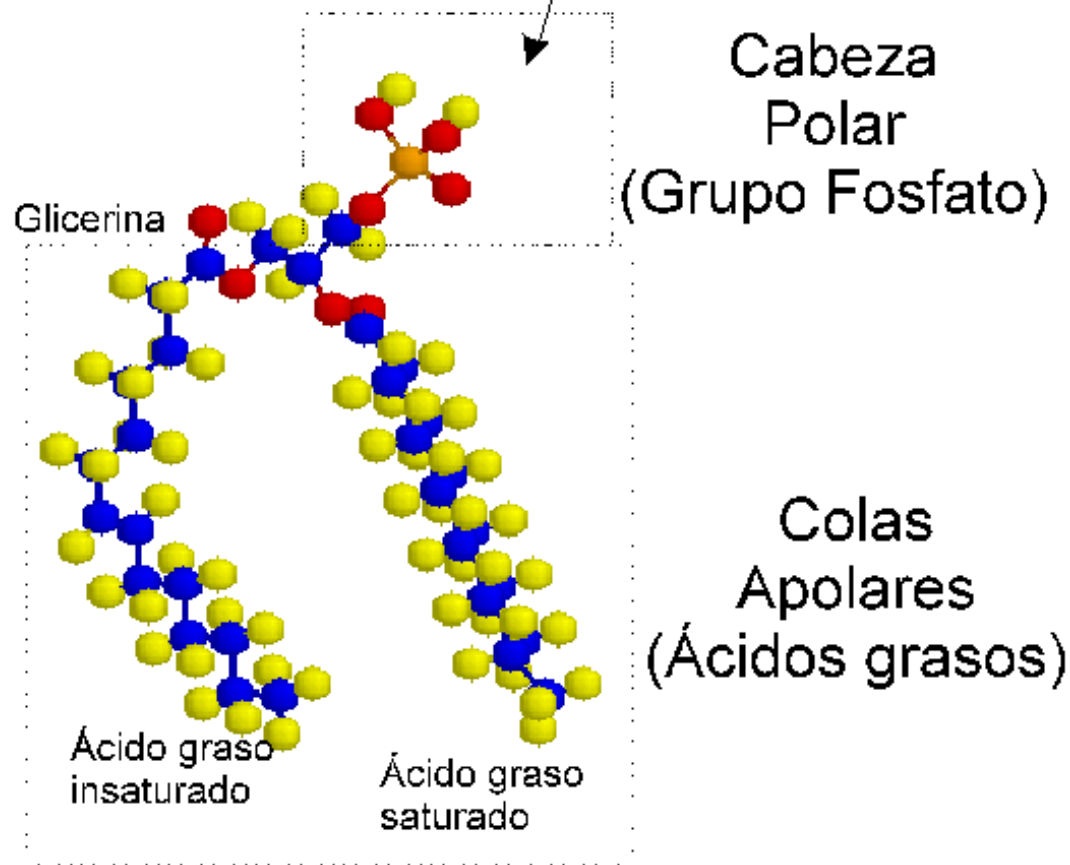
Fosfolípidos

- Lípidos iónicos, compuestos por un glicerol, con 2 ácidos grasos y un grupo fosfato
- Grupo fosfato se une mediante un enlace fosfodiéster a otro grupo de átomos, que frecuentemente contienen nitrógeno, como colina, serina o etanolamina y muchas veces posee una carga eléctrica.
- Todas las membranas activas de las células poseen una capa doble de fosfolípidos. Son las moléculas más abundantes de la membrana citoplasmática.
- Los fosfolípidos más conocidos son: fosfatidiletanolamina, fosfatidilinositol, ácido fosfatídico, fosfatidilcolina y fosfatidilserina.
- También presentes en lecitina en un 50% aproximadamente.

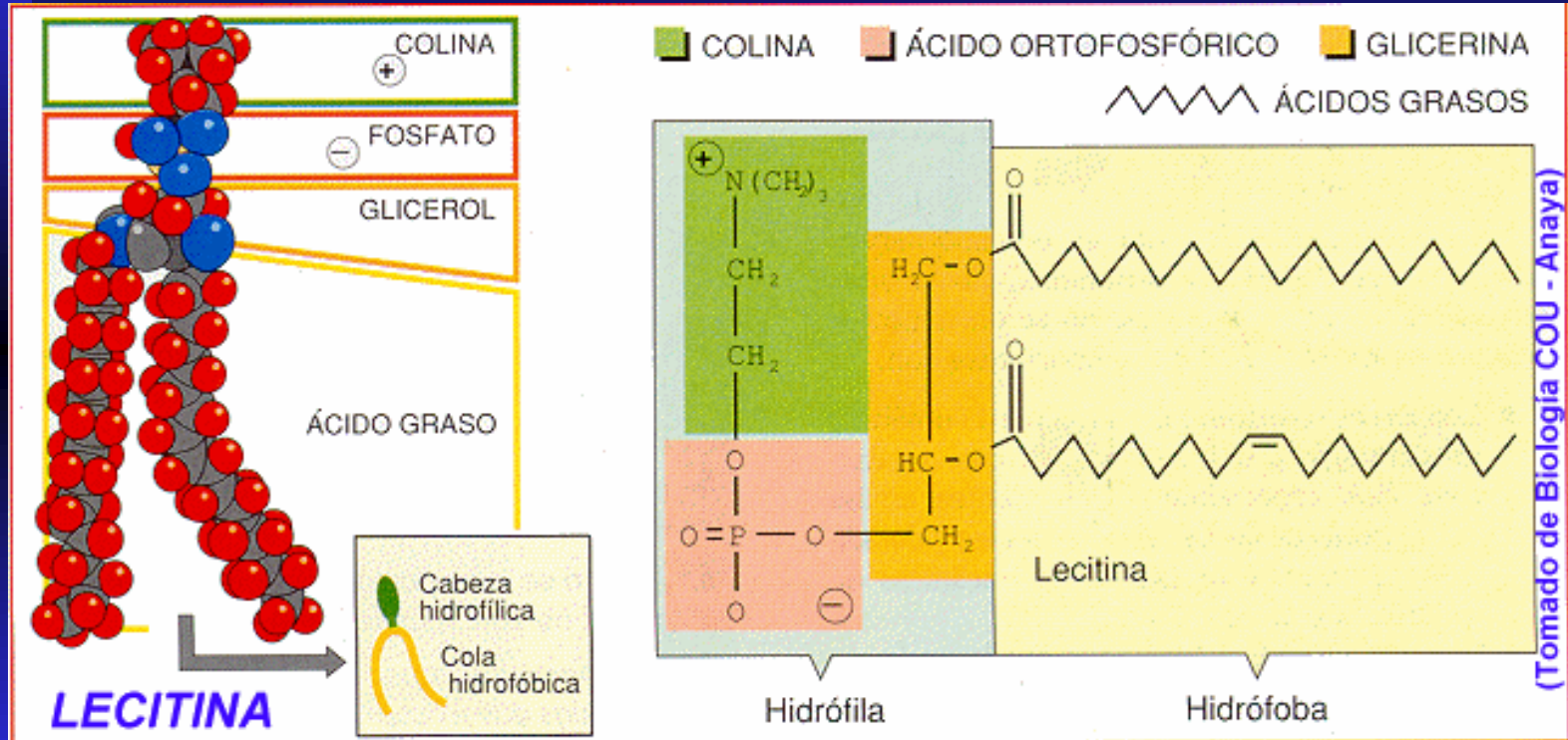


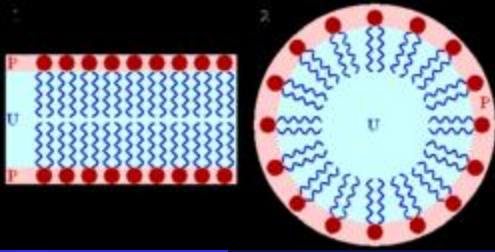
Ácido Fosfatídico

- Lugar para esterificación de alcoholes:
- Inositol
 - Glicerina
 - Etanolamina
 - Serina
 - Colina



Lecitina





Funciones de Fosfolípidos

- **Componente estructural membrana celular:** Carácter anfipático permite que cabezas polares proyectan afuera, para interactuar con moléculas proteicas y cola apolar al interior de bicapa lipídica.
- **Activación de enzimas:** Participan como mensajeros en transmisión señales a interior célula como diacilglicerol o fosfatidilcolina que activa a una enzima mitocondrial.
- **Componentes del surfactante pulmonar:** Funcionamiento normal de pulmón requiere aporte constante de fosfolípido poco común dipalmitoilfosfatidilcolina.
- **Componente detergente de bilis:** Fosfolípidos, y sobre todo fosfatidilcolina solubilizan colesterol. Disminución provoca formación cálculos biliares de colesterol y pigmentos biliares.
- **Síntesis sustancias de señalización celular:** Fosfatidinol y fosfatidilcolina actúan como donadores ácido araquidónico para síntesis prostaglandinas, tromboxanos, leucotrienos y compuestos relacionados.

Glucolípidos

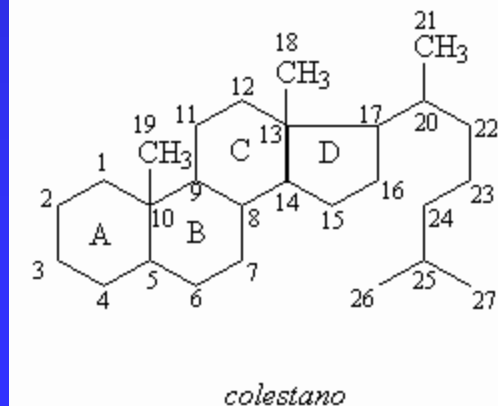
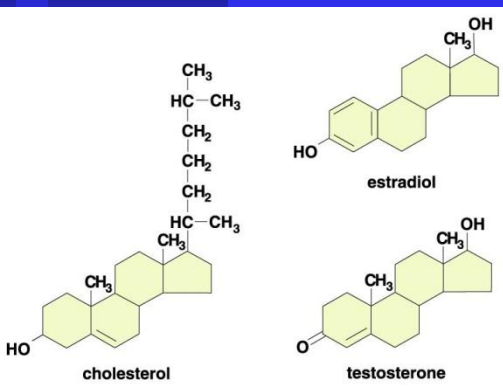
- Lípidos complejos que poseen un glúcido. Forman parte bicapas lipídicas de membrana celular, especialmente neuronas. Presentes en cara externa membrana, realizan función relación celular, receptores moléculas externas que darán lugar a respuestas celulares.
- Principales glúcidos en glucolípidos: galactosa, manosa, fructosa, glucosa, glucosamina, galactosamina y ácido siálico.
- Glucolípidos más comunes están los cerebrósidos (donde la porción glúcida está formada por galactosa o glucosa), gangliósidos y sulfolípidos (monosacárido esterificado con ácido sulfúrico).
- Cadena carbohidrato puede tener entre 1 y 15 monómeros de monosacárido. Cabeza carbohidrato hidrofílica, y colas de AG hidrofóbicas. En solución acuosa, glucolípidos comportan igual que fosfolípidos.
- Las principales funciones de los glucolípidos en los organismos vivientes son la del reconocimiento celular y como receptores antigénicos.

Terpenos

- Son moléculas lineales o cíclicas que cumplen funciones muy variadas, entre los que se pueden citar:
 - ◆ Esencias vegetales como el mentol, el geraniol, limoneno, alcanfor, eucaliptol, vainillina.
 - ◆ Vitaminas, como la vit.A, vit. E, vit.K.
 - ◆ Pigmentos vegetales, como la carotina y la xantofila.
- Son hidrocarburos divisibles en unidades de isopreno, mientras que los terpenoides exhiben grupos funcionales presente en sus moléculas; tales como; hidroxilo, carbonilos y carboxilos.
- Abundantes en naturaleza y muchos son responsables del olor, color y resistencia al ataque de microorganismos e insectos en la madera de las plantas superiores lignificadas.

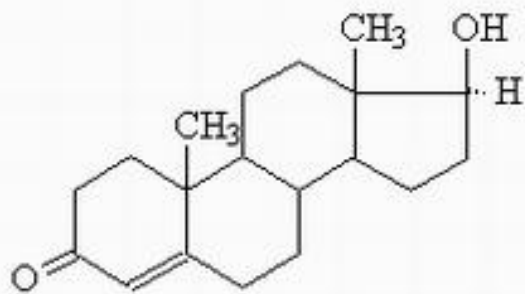
Esteroides

- Son lípidos que derivan del esterano.
- Dos grandes grupos:
 - ◆ Esteroles: Como el colesterol y las vitaminas D.
 - ◆ Hormonas esteroideas: Como las hormonas suprarrenales y las hormonas sexuales.
- Lípidos no hidrolizables, no saponificables, contienen estructura química muy particular, presentando cuatro anillos condensados, designados por A, B, C, D.
- Varían por los grupos funcionales unidos a los anillos

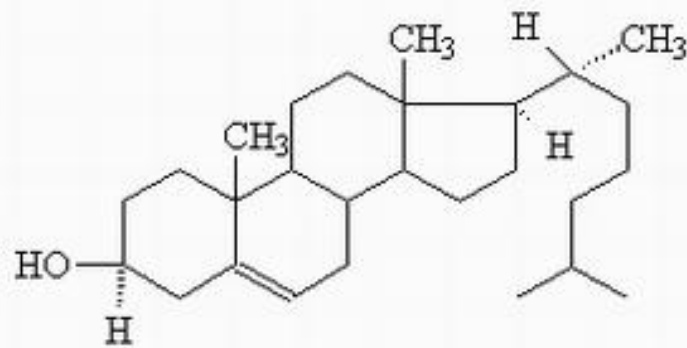


Esteroides

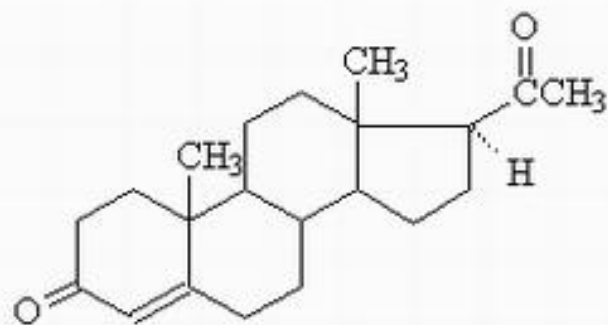
- Muchos considerados derivados del colestano.
- Pueden ser encontrados en casi todos los tejidos de organismos vivos. Muchos actúan como hormonas.
- Dentro grupo, colesterol importante componente membranas celulares animales superiores e intermediario necesario en biosíntesis hormonas esteroidales. En peces puede ser sintetizado a partir del acetil CoA. No así en crustaceos. No presente en plantas.
- Otros, como cortisona y cortisol ampliamente utilizados para tratamiento inflamación por alergias o artritis reumatoidea.
- Andrógenos, estrógenos y progesterona son compuestos esteroidales, igual ácidos biliares. Cumplen funciones de regulación sexual, reproductivo y en caso último, combina con sales de sodio en intestino para formar emulsificantes, facilitando digestión.



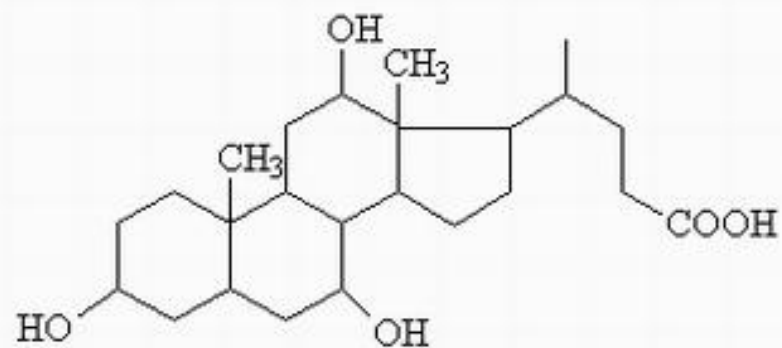
testosterona



colesterol



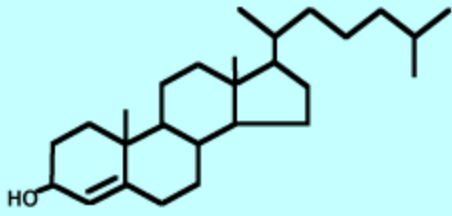
progesterona



ácido cólico

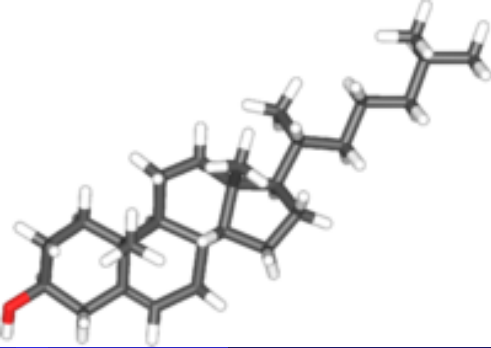
Funciones Esteroides

- Reguladora: Regulan niveles sal y secreción de bilis
- Estructural: Colesterol parte membrana celular y Regula su fluidez.
- Hormonal: las hormonas esteroides son:
 - ◆ Corticoides: glucocorticoides (regulan metabolismo y sistema inmune) y mineralocorticoides (controlan excreción y mantenimiento volumen sangre).
 - ◆ Hormonas sexuales masculinas: andrógenos como testosterona y sus derivados y los anabolizantes androgénicos esteroides.
 - ◆ Hormonas sexuales femeninas.
 - ◆ Hormonas de muda: ecdysterona
 - ◆ Vitamina D y sus derivados.
- Las hormonas esteroides tienen en común que:
 - ◆ Se sintetizan a partir del colesterol.
 - ◆ Son lipófilas que atraviesan libremente membrana, se unen a receptor citoplasmático, y este complejo receptor-hormona tiene su lugar de acción en el ADN, activando genes o modulando transcripción ADN.



Colesterol

- Nombre procede del griego kole (bilis) y stereos (sólido), por haberse identificado en cálculos de vesícula biliar
- El colesterol forma parte estructural de las membranas a las que confiere estabilidad.
- Es la molécula base que sirve para la síntesis de casi todos los esteroides.
- Precursor de vitaminas A, D, E, K
- Componente principal de bilis.
- Solo presente en animales.
- No calórico
- Debido a su insolubilidad agua circula exclusivamente asociado a lipoproteínas.
- Solo presente en animales, nunca en plantas.
- No esencial en vertebrados pero si en crustáceos.



Funciones Colesterol

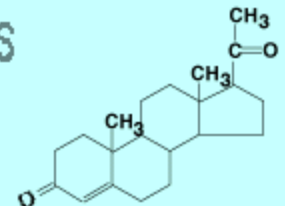
- Estructural: componente importante de membrana de animales
- Regulando sus propiedades físico-químicas, en particular fluidez.
- Precursor vitamina A, D, E, K.
- Precursor hormonas sexuales: progesterona, estrógenos y testosterona.
- Precursor hormonas corticoesteroidales: cortisol y aldosterona.
- Precursor sales biliares: esenciales en absorción de algunos nutrientes lipídicos y vía principal para excreción colesterol corporal.

Hormonas Sexuales

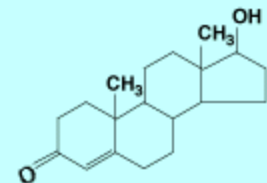
- Entre las hormonas sexuales se encuentran la progesterona que prepara los órganos sexuales femeninos para la gestación y la testosterona responsable de los caracteres sexuales masculinos

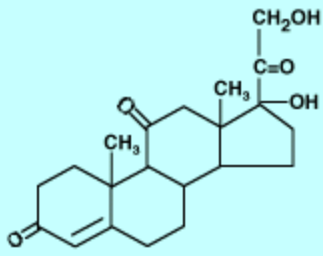
ESTEROIDES

Progesterona



Testosterona



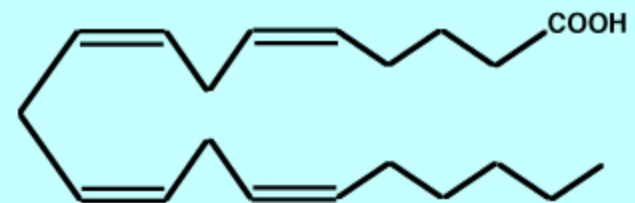


Hormonas Suprarenales

- Entre las hormonas suprarrenales se encuentra la cortisona, que actúa en el metabolismo de los glúcidos, regulando la síntesis de glucógeno.

Prostaglandinas

- Las prostaglandinas son lípidos cuya molécula básica está constituida por 20 átomos de carbono que forman un anillo ciclopentano y dos cadenas alifáticas.
- Las funciones son diversas. Entre ellas destaca la producción de sustancias que regulan la coagulación de la sangre y cierre de las heridas; la aparición de la fiebre como defensa de las infecciones; la reducción de la secreción de jugos gástricos. Funcionan como hormonas locales.



Prostaglandinas

Lipoproteins

- Macromoléculas esféricas, formadas por núcleo lípidos apolares (colesterol esterificado y triglicéridos) y capa externa polar de fosfolípidos, colesterol libre y proteínas.
- Sirven para el transporte de lípidos no solubles.
- Se clasifican en diferentes grupos según densidad, a mayor densidad menor contenido en lípidos:
 - ◆ Quilomicrones
 - ◆ Lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL)
 - ◆ Lipoproteínas de baja densidad (LDL)
 - ◆ Lipoproteínas de alta densidad (HDL)

Quilomicrones

- Lipoproteínas de grandes partículas esféricas que transportan lípidos en sangre hacia los tejidos.
- Las proteínas que contienen (apolipoproteínas) sirven para aglutinar y estabilizar las partículas de grasa en un entorno acuoso como el de la sangre.
- Actúan como una especie de detergente y también sirven como indicadores del tipo de lipoproteína de que se trata.
- Los receptores de lipoproteínas de la célula pueden así identificar a los diferentes tipos de lipoproteínas y dirigir y controlar su metabolismo

VLDL

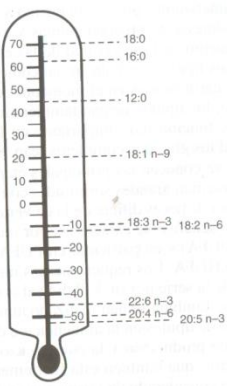
- Lipoproteínas de Muy Baja Densidad (Very low density lipoprotein)
- Son lipoproteínas precursoras compuestas por triacilgliceridos y esteres de colesterol principalmente.
- Sintetizadas en hígado y a nivel de capilares de tejidos extra hepaticos (adiposo, mama, cerebro, glándulas suprarrenales)
- Atacadas por enzima Lipoprotein Lipasa que libera triacilgliceroles, convirtiéndolos en AG libres.
- Esta enzima es controlada por insulina.
- Producto de acción enzima aumenta concentración relativa de colesterol para pasa a LDL

LDL

- Lipoproteínas de Baja Densidad (Low Density Lipoprotein)
- Se forma cuando VLDL pierden TG, y hacen más pequeñas y densas, conteniendo altas proporciones de colesterol.
- Muy alta en colesterol (mayor componente de colesterol sanguíneo)
- Transporta colesterol desde hígado a resto cuerpo, para ser usado
- Nivel alto LDL asociado con enfermedades cardiacas
- “Colesterol malo”, no debe ser usada: LDL cumple una importante función en organismo.

HDL

- Lipoproteínas de Alta Densidad (High Density Lipoproteins)
- Son lipoproteínas más pequeñas y densas, compuestas de alta proporción proteínas.
- Fabricadas por hígado e intestino y alteradas en sangre: Hígado las sintetiza como proteínas vacías y tras recoger el colesterol incrementan su tamaño al circular a través del torrente sanguíneo.
- Transportan colesterol desde tejidos al hígado.
- Debido a que pueden retirar colesterol de arterias, y transportarlo de vuelta al hígado para su excreción, se le conoce como el "colesterol bueno".



Digestibilidad Lípidos

- Por lo general muy bien digeridos, excepto si punto fusión muy alto. Hidrogenación que aumenta resistencia a oxidación reduce digestibilidad.
- PUFA muy bien digeridos (80-98%)
- AGS menor e inversa a longitud. C14=70%, C18=50%.
- Diferencias ínter específicas:
 - ◆ Rodaballo >15% lípidos en dieta: disminuye % Digestibilidad y crecimiento .
 - ◆ Salmón >30% lípidos en dieta: excelente resultados

Transporte Lípidos

- AG absorbidos reesterificados en enterocito en TG y PL y estos en lipoproteínas. En estos existen “lípidos estacionarios” temporales.
- Quilomicrones transportadas a hígado por vía linfática.
- Lípidos en hígado acoplan con apoproteínas y colesterol libre y esterificado para formar nuevas lipoproteínas.
- Transporte desde hígado a otros tejidos por 3 tipos de lipoproteínas:
 - ◆ VLDL
 - ◆ LDL
 - ◆ HDL (mayoritarias en muchas especies, pero proporción varía por especie y edad)
- 5-10% lípidos transportado como AG libres o con albúmina.
- LP transformadas por enzimas para cambio de densidad.
- HDL vitelogenina presente en hembras en maduración. Sintetizada en hígado y transportada a ovarios en primera fase de ovogénesis. Constituida 80% proteínas y 20% lípidos (PL).

Almacenaje Lípidos

- PL, en membranas parte constante de tejidos.
- TG y a veces céridos constituyen lípidos de reserva. Resintetizados en tejidos a partir de AG libres liberados por lipasas.
- Almacenamiento de lípidos en tejido adiposo perivisceral, hígado, músculo y tejido subcutáneo.
- En músculo blanco en grasa insertada entre fibras y en rojo dentro fibras.
- Localización grasa varia por especies:
 - ◆ Peces grasos: lípidos músculo > 10%
 - ◆ Peces magros: lípidos músculo < 2%
 - ◆ Peces intermedios: lípidos músculo 2.5 - 6%
- Lípidos reserva peces difiere de terrestres:
 - ◆ Terrestres mayoritariamente AG saturados y monoinsaturados
 - ◆ Peces: alto porcentaje de HUFA, especies agua fría alto porcentaje n-3 para mantenimiento fluidez menmbranas a bajas temperaturas.

Movilización Lípidos

- Depende de TG-lipasa que hidroliza TG
- AG liberados se oxidan en mitocondrias para finalizar con β -oxidación
- Durante ciclo biológico, períodos que lípidos reserva movilizan activamente: Ayuno invernal y desarrollo gonadal.
- TG en grasa perivisceral y luego músculo movilizados
- Reserva lipídica importante para maduración y reproducción.

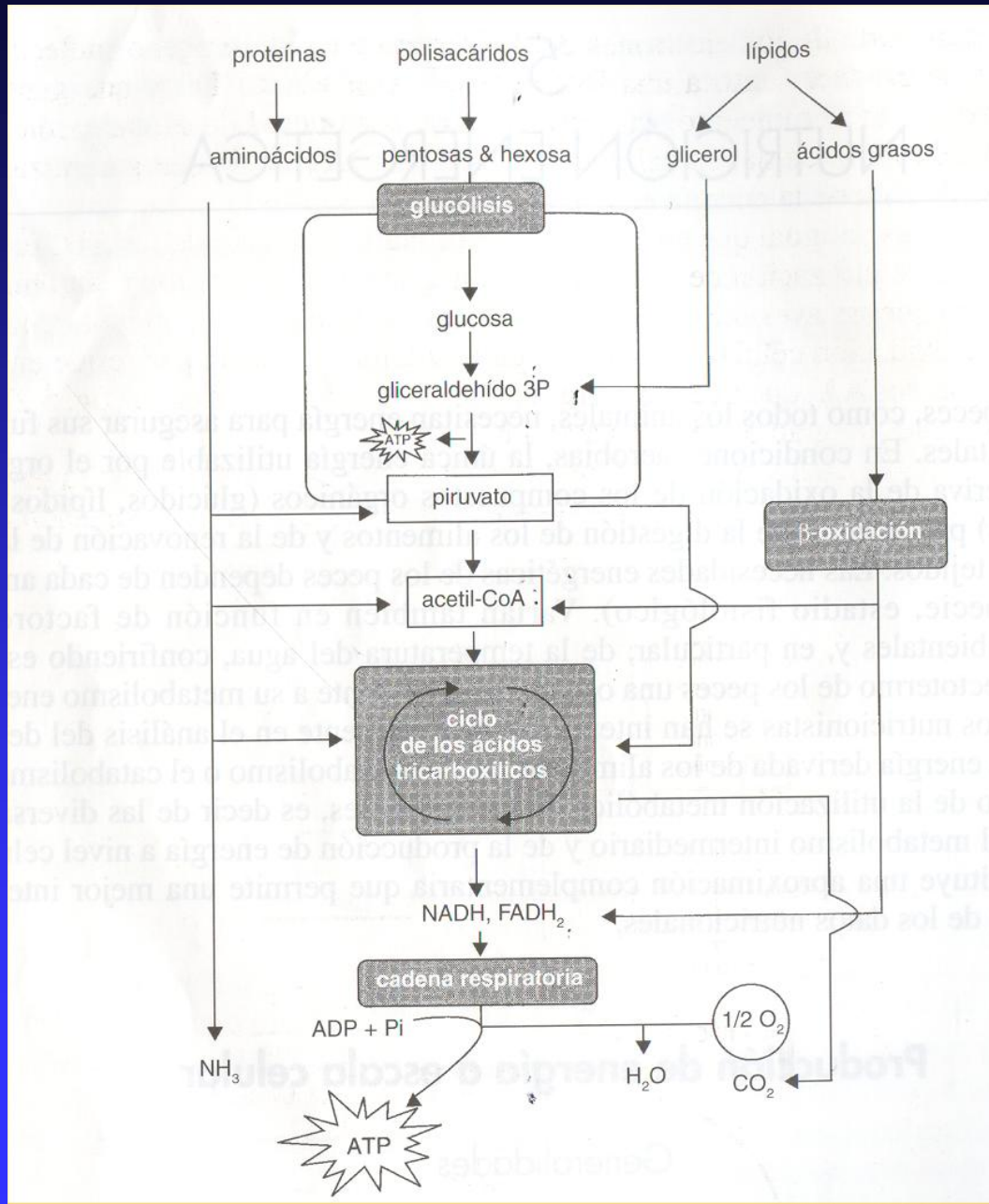
Metabolismo AG

- Lipólisis llevada a cabo por lipasas.
- Una vez libre del glicerol, AG libres pueden entrar en sangre y músculo por difusión.
- β -oxidación rompe cadenas largas en acetyl CoA que puede entrar en ciclo de Krebs

Oxidación AG

- AG proporcionan energía a través de β -oxidación en mitocondrias células
- Entran mitocondria como derivados de acil carnitina.
- AGS de cadena corta, media y larga se someten al primer paso de β -oxidación con distintas deshidrogenasas. Proceso va generando sucesivamente moléculas de acetil-CoA que entran en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos o en otras rutas metabólicas.
- Producto final de AG con número par de átomos de carbono es acetato.
- AGI requieren 2 pasos enzimáticos más para cambiar los dobles enlaces de cis a trans y para desplazarlos de la posición alfa a la beta.
- Aún así, oxidación de AGI, es tan rápida o más que la de AGS
- Reacción de oxidación inicial realizada por enzima distinta de la que se encuentra en las mitocondrias; el acil-CoA graso entra directamente en esta organelo.
- Proceso no produce completamente acetato, sino que se transfiere un AG acortado para completar oxidación.
- AG de $>20C$ oxidados por peroxisomas; también AG $<14C$ se oxidan así
- Oxidación peroxisomal menos eficaz que mitocondrial y produce más calor.

Vías Producción Energía



Síntesis AG

- Síntesis AG en hígado por AG sinteasa
- Principales sintetizados: FW= 16:0 y 14:0 SW= 16:0 y 18:0
- No sintetizados FW= 18:2 ω 6 y 18:3 \diamond 3 SW= 20:5 w 3 y 22:6 \diamond 3
- Síntesis de novo de AGI por acción de Δ 9 desaturasa. Solo FW. Signo deficiencia.
- Bioconversión en AG de cadena mas larga por elongación de +2C o insaturación por Δ 6, Δ 5, Δ 4 desaturasas.
- Bioconversión AG 18C en HUFA varia por especies. FW es elevada. SW casi nula. Mayor requerimiento SW de AG 20C y 22C.

Síntesis y Bioconversión AG

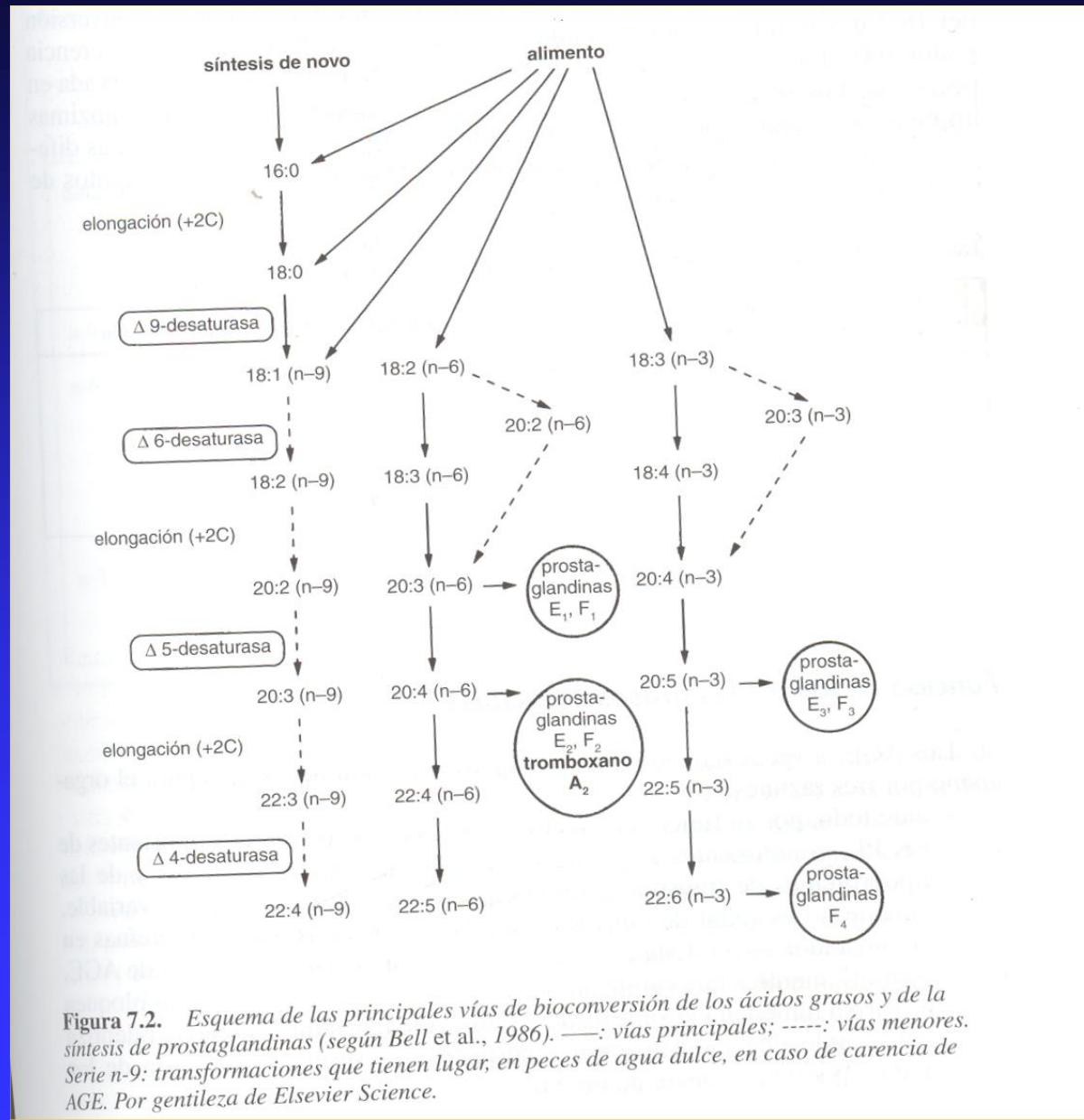


Figura 7.2. Esquema de las principales vías de bioconversión de los ácidos grasos y de la síntesis de prostaglandinas (según Bell et al., 1986). —: vías principales; -----: vías menores. Serie n-9: transformaciones que tienen lugar, en peces de agua dulce, en caso de carencia de AGE. Por gentileza de Elsevier Science.

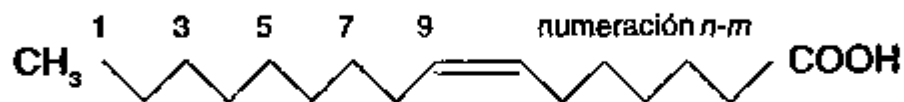
Metilo

Carboxilo

Acido esteárico
18:0



Acido oleico
18:1, *n*-9

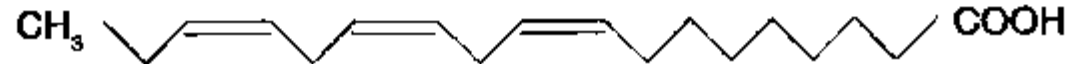


Los animales son capaces de insertar dobles enlaces

Acido linoleico
18:2, *n*-6



Acido α -linolénico
18:3, *n*-3



Acidos
grasos
esenciales

Tabla 7.2. Capacidad de bioconversión del 18:3 n-3 (según Kanazawa *et al.*, 1979).

Especie	Capacidad relativa de bioconversión
Trucha	100
Ayu	36
Anguila	20
Dorada	15
Pez globo	13
Cabracho	7

AG Esenciales

- Son AG que pez no puede sintetizar y debe por lo tanto ingerir en la dieta.
- Pueden variar un poco, pero en general:
- FW:
 - ◆ Linoleico 18:2◆6
 - ◆ Linolenico 18:3◆3
- SW:
 - ◆ Eicosapentanoico: 20:5◆3 EPA
 - ◆ Docosahexanoico: 22:6◆3 DHA
 - ◆ Araquidónico: 20:4◆6

Requerimientos AG Esenciales

Especie	Ácido graso esencial	Requerimiento (en % de la ración)
Trucha	18: 3 n-3	0,8-1,7
Salmón keta	} 18: 2 n-6 ou 20: 4 n-6	1
(agua dulce o agua de mar)		18: 3 n-3
Salmón plateado	18: 3 n-3	1,0-2,5
Carpa común	} 18: 2 n-6	1
		18: 3 n-3
Anguila	} 18: 2 n-6	0,5
		18: 3 n-3
Tilapia	18: 2 n-6 ou 20: 4 n-6	1
Tilapia del Nilo	18: 2 n-6	0,5
Pez gato	} 18: 3 n-3 ou	1,0-2,0
		n-3 PUFA
Ayú	18: 3 n-3 ou 20: 5 n-3	1
Seriola	20: 5 n-3 ou 22: 6 n-3	0,5
Rodaballo	n-3 PUFA	0,8
Dorada japonesa	n-3 HUFA	0,4
Perca	n-3 HUFA	1,7

Función AG Esenciales

- Función constitutiva, componentes de PL (membranas y lipoproteínas transporte). PL composición poco variable pero no fija.
- Substrato para síntesis de prostaglandinas, leucotrienos y tromboxanos (enlace entre hormonas y sitios celulares regulados por hormonas). Funciones en sistema nervioso, circulatorio, digestivo, reproductores, riñones, inducción ovulación, excreción y osmoregulación.
- Segundo mensajero (A. araquidónico C_{20:4n-6}). Mediador sobre proteínas quinasas y dos enzimas que regulan multiplicación celular.

Deficiencias AG Esenciales

- Ralentización crecimiento
- Disminución eficiencia alimentaria
- A cabo de cierto tiempo signos patológicos:
 - ◆ Degeneración hepática y acumulación grasa
 - ◆ Erosión aletas
 - ◆ Lesiones branquiales
 - ◆ Anemia
 - ◆ Síndrome choque (parálisis por estrés)
- Reproductores:
 - ◆ Disminución producción huevos
 - ◆ Menor tasa eclosión
 - ◆ Deformidad en larvas
 - ◆ Supervivencia disminuida larvas

Peroxidación Lípidos

- Oxidación dobles enlaces PUFA (enranciamiento), liberan radicales libres y manoldehido
 - ◆ En alimentos almacenados o animal muerto.
 - ◆ In vivo: controlado por enzimas.
- Efectos:
 - ◆ Dificultad conservación mariscos por esto.
 - ◆ Oxidación causa perdida energía
 - ◆ Producto de oxidación tóxicos
 - ◆ Destruye Vit A, E, ácido fólico, riboflavina, etc)
 - ◆ Daño celular por radicales libres
 - ◆ Diarrea al disminuir actividad de enzimas
 - ◆ Inhibición enzimas ciclo Krebs
 - ◆ Distrofia muscular y lisis hematíes
- Prevenido por antioxidantes: Vit C y E

Esquema Peroxidación AG

