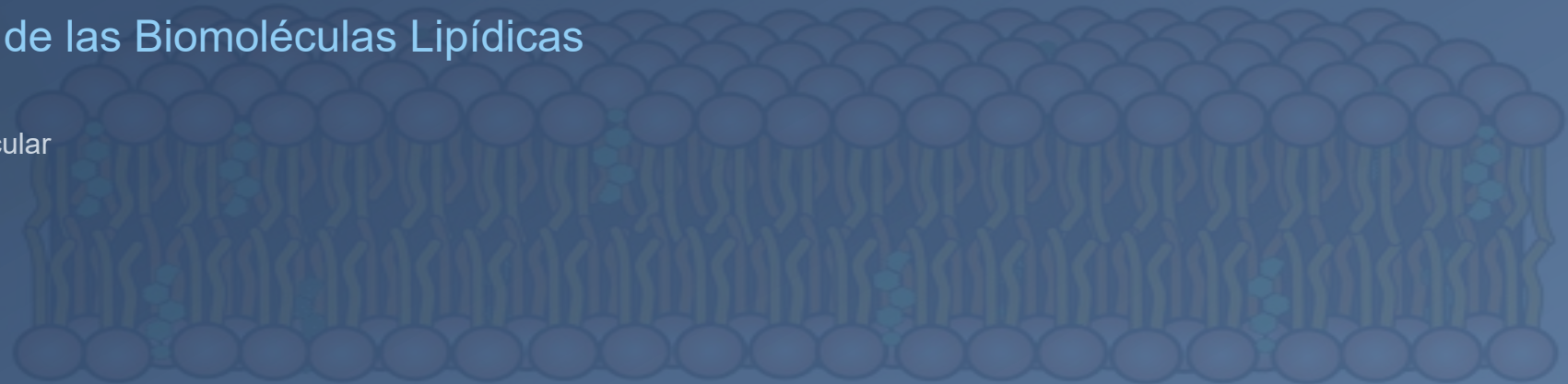


BIOQUÍMICA AVANZADA

Lípidos y Membranas Biológicas

Estructura, Función y Metabolismo de las Biomoléculas Lipídicas

 Bioquímica Estructural |  Biología Molecular



Contenido

01

Introducción y Funciones

Definición operacional de lípidos, clasificación molecular y roles biológicos esenciales en organismos vivos.

Conceptos fundamentales

02

Ácidos Grasos

Estructura química, clasificación en saturados e insaturados, nomenclatura sistemática y ácidos grasos esenciales.

Propiedades estructurales

03

Triacilglicerolos y Ceras

Almacenamiento de energía, estructura molecular y funciones de protección e impermeabilización.

Reservas lipídicas

04

Fosfolípidos

Componentes fundamentales de membranas, estructura anfipática y propiedades de liposolubilidad.

Membranas biológicas

05

Esfingolípidos

Cerebrósidos, gangliósidos y esfingomielina en membranas nerviosas y función en la mielinización.

Diversidad molecular

06

Isoprenoides

Terpenos y esteroides, colesterol y hormonas esteroideas con funciones reguladoras.

Sistema endocrino

07

Eicosanoides

Prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos con roles en inflamación y señalización celular.

Moléculas señal

08

Digestión de Lípidos

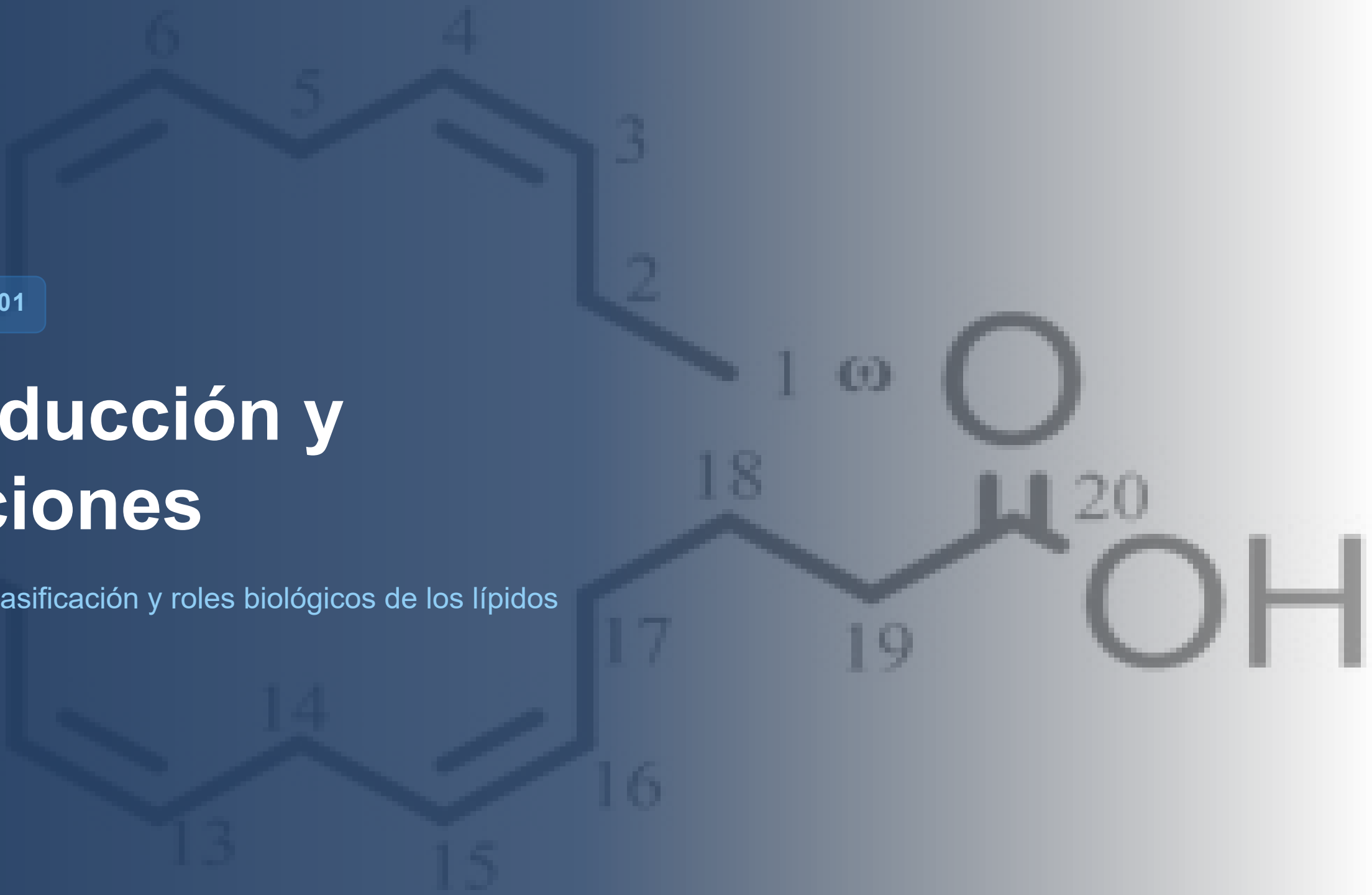
Procesos enzimáticos, absorción intestinal y transporte mediante lipoproteínas plasmáticas.

Metabolismo

CAPÍTULO 01

Introducción y Funciones

Definición, clasificación y roles biológicos de los lípidos



¿Qué son los Lípidos?

Definición Operacional

Los **lípidos** son sustancias de origen biológico que se caracterizan por su **insolubilidad en agua** pero **solubilidad en solventes no polares** como éter, cloroformo y acetona.

i Nota importante: La definición de lípido es **operacional**, no estructural. Esta diversidad estructural refleja la amplia gama de funciones biológicas que desempeñan.

Clasificación Principal

1 Ácidos Grasos

2 Triacilgliceroles

3 Ceras

4 Fosfolípidos

5 Esfingolípidos

6 Isoprenoides

Diversidad de Funciones

Reservas Energéticas

Almacenamiento eficiente de energía química en forma de grasa, liberando **38.9 kJ/g**.

Componentes Estructurales

Formación de membranas celulares y barreras biológicas mediante bicapas lipídicas.

Señalización Celular

Hormonas, eicosanoides y mensajeros intracelulares que regulan procesos fisiológicos.

Vitaminas y Pigmentos

Vitaminas liposolubles (A, D, E, K) y pigmentos fotosintéticos como carotenoides.

Protección

Recubrimientos impermeables en plantas y animales que previenen desecación.

Funciones Biológicas de los Lípidos



Almacenamiento de Energía

38.9

kJ/g

Energía liberada por gramo de
grasa

17.2

kJ/g

Energía de carbohidratos

Ventaja: Las grasas son hidrofóbicas y forman gotas compactas anhidras, ocupando **~1/3 del volumen del glucógeno**.

Distribución: El tejido adiposo se encuentra principalmente **bajo la piel y alrededor de órganos vitales**.



Aislamiento Térmico

Mala conductora de calor: La grasa previene la pérdida de calor corporal, actuando como **aislante térmico esencial**.

Ejemplo: Mamíferos marinos poseen capas gruesas de grasa (**blubber**) para sobrevivir en aguas frías.



Membranas Biológicas

Componentes estructurales: Los fosfolípidos y esfingolípidos forman la **bicapas lipídicas** que constituyen la base de todas las membranas celulares.

Barrera selectiva: Regulan el paso de moléculas y mantienen la integridad celular.

Función: Compartimentalización celular y control del transporte de sustancias.



Vitaminas Liposolubles

A

Visión

D

Huesos

E

Antioxidante

K

Coagulación



Señalización y Regulación

Hormonas esteroideas

Cortisol, aldosterona, estrógenos y testosterona.

Eicosanoides

Prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos regulan inflamación y contracción muscular.

Segundos mensajeros

DAG e IP3 en transducción de señales.

Endocannabinoides

Anandamida y 2-AG regulan neurotransmisión.



Protección e Impermeabilización

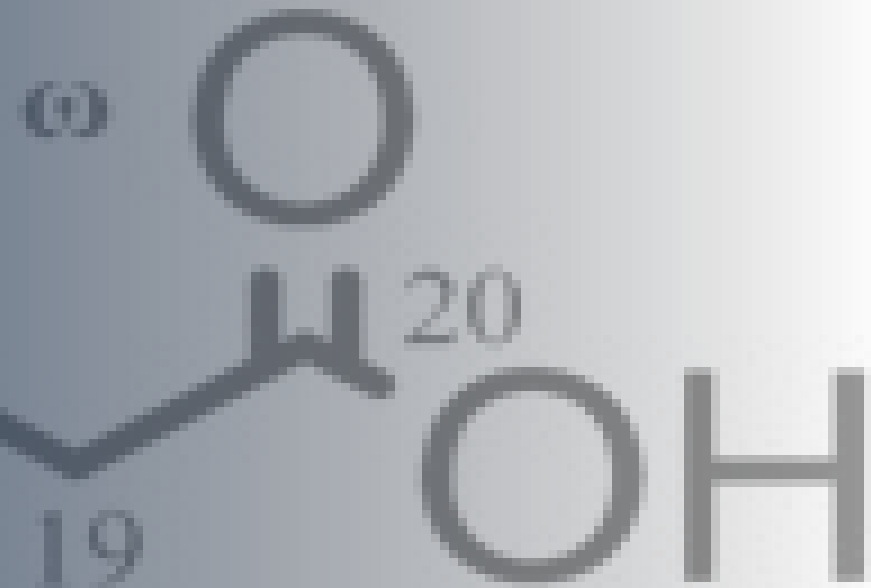
En plantas: Las ceras recubren hojas, tallos y frutos, previniendo la desecación.

En animales: Las ceras en piel y pelaje proporcionan impermeabilización.

CAPÍTULO 02

Ácidos Grasos

Estructura, clasificación y propiedades de los ácidos grasos



Estructura y Nomenclatura de Ácidos Grasos

Definición y Estructura

Los **ácidos grasos** son ácidos monocarboxílicos que típicamente contienen **cadenas hidrocarbonadas de longitud variable** (entre 12 y 20 o más carbonos).

Grupo carboxilato (-COOH) en un extremo

Cadena hidrocarbonada no ramificada

Número par de carbonos en la mayoría

Sistema de Numeración

Numeración desde carboxilato

Carbono 1 = grupo carboxilato (-COOH)

Letras griegas

α -carbono: adyacente al carboxilato

β -carbono: dos átomos del carboxilato

Carbono omega (ω)

Carbono terminal metilo (CH_3)

Ácidos Grasos Saturados Comunes

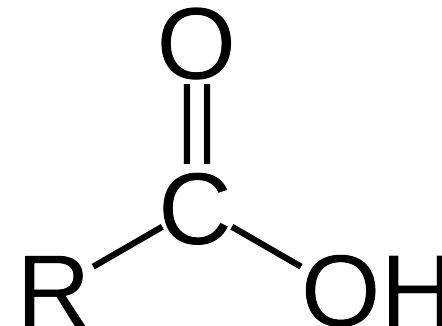
Nombre Común	Estructura	Abreviatura
Ácido mirístico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	14:0
Ácido palmítico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	16:0
Ácido esteárico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	18:0
Ácido aráquido	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	20:0
Ácido lignocérico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	24:0
Ácido cerótico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{COOH}$	26:0

Notación: El número a la izquierda de los dos puntos indica el total de carbonos; el número a la derecha indica el número de dobles enlaces.

Ejemplo: 16:0 = 16 carbonos, 0 dobles enlaces.

Ubicación:

Los ácidos grasos se ubican principalmente en triacilglicerolos y varios tipos de moléculas lipídicas unidas a membranas.



Ácidos Grasos Insaturados

Isómeros Cis y Trans



Isómero Cis

Grupos similares o idénticos están **del mismo lado** del doble enlace carbono-carbono.

Configuración más común en la naturaleza



Isómero Trans

Grupos similares están en **lados opuestos** del doble enlace.

Producto secundario de hidrogenación de aceites



Importante: Los ácidos grasos trans tienen estructuras 3D similares a los saturados, lo que aumenta su **riesgo cardiovascular**.

°Puntos de Fusión

63°C

Ácido palmítico (16:0)

Sólido a temperatura ambiente

0°C

Ácido palmitoleico (16:1Δ⁹)

Líquido a temperatura ambiente

Explicación: La configuración **cis** causa un que impide el empaquetamiento cercano, requiriendo menos energía para romper fuerzas intermoleculares.

≡Ácidos Grasos Insaturados Comunes

Nombre	Abrev.	Tipo
Ácido palmítico	16:1Δ ⁹	Mono
Ácido oleico	18:1Δ ⁹	Mono
Ácido linoleico	18:2Δ ^{9, 12}	Poli
α-Linolénico	18:3Δ ^{9, 12, 15}	Poli
γ-Linolénico	18:3Δ ^{6, 9, 12}	Poli
Ácido araquidónico	20:4Δ ^{5, 8, 11, 14}	Poli



Clasificación

Monoinsaturados

Un solo doble enlace en la cadena. **Ejemplo:** ácido oleico (18:1Δ⁹), uno de los más abundantes en organismos vivos.

Poliinsaturados

Dos o más dobles enlaces, usualmente separados por grupos metileno (-CH₂-). **Ejemplo:** ácido linoleico (18:2Δ^{9, 12}).



Nota: Los dobles enlaces hacen a los ácidos grasos susceptibles a **oxidación**, lo que causa estrés oxidativo en membranas y aceites rancios.

Ácidos Grasos Insaturados

Isómeros Cis y Trans

Isómero

Cis

Cis

Grupos similares o idénticos están **del mismo lado** del doble enlace carbono-carbono.

Configuración más común en la naturaleza

Isómero

Trans

Trans

Grupos similares están en **lados opuestos** del doble enlace.

Producto secundario de hidrogenación de aceites

Importante: Los ácidos grasos trans tienen estructuras 3D similares a los saturados, lo que aumenta su **riesgo cardiovascular**.

Clasificación

Monoinsaturados

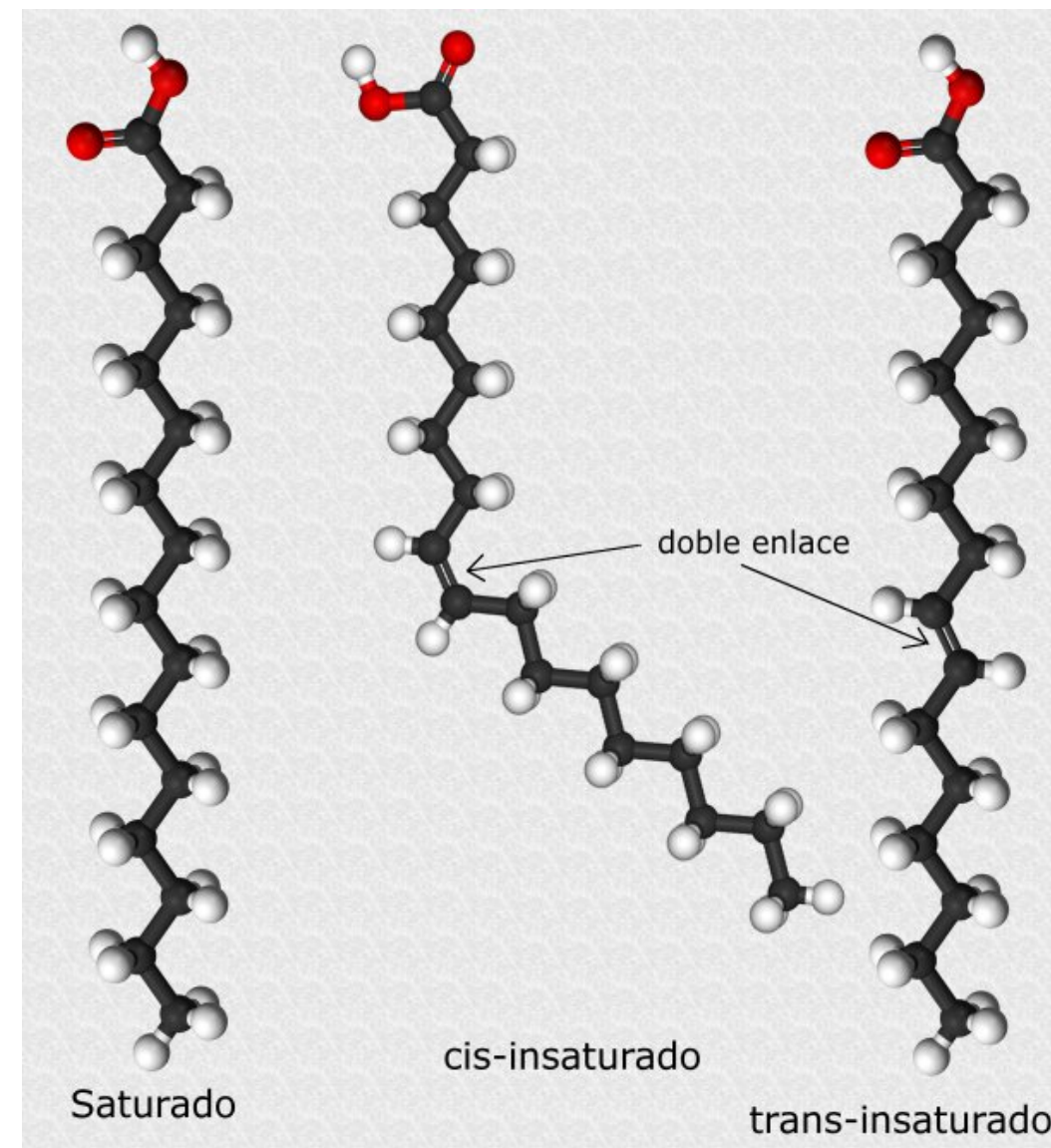
Un solo doble enlace en la cadena. **Ejemplo:** ácido oleico ($18:1\Delta^9$), uno de los más abundantes en organismos vivos.

Poliinsaturados

Dos o más dobles enlaces, usualmente separados por grupos metileno ($-\text{CH}_2-$).

Ejemplo: ácido linoleico ($18:2\Delta^9,^{12}$).

Nota: Los dobles enlaces hacen a los ácidos grasos susceptibles a **oxidación**, lo que causa estrés oxidativo en membranas y aceites rancios.



Ácidos Grasos Esenciales y Familias C

★ Ácidos Grasos Esenciales

Los **ácidos grasos esenciales (AGE)** son aquellos que el cuerpo **no puede sintetizar** y deben obtenerse **obligatoriamente de la dieta**.



Ácido Linoleico

ω -6

18:2 $\Delta^{9,12}$ o 18:2 ω -6

Precursor de la familia omega-6.
Mamíferos no poseen enzimas para introducir dobles enlaces más allá del C-9.



α -Linolénico

ω -3

18:3 $\Delta^{9,12,15}$ o 18:3 ω -3

Precursor de la familia omega-3. Primera doble ligadura en el carbono 3 desde el extremo metilo.

🍏 Fuentes y Deficiencias

🌿 Fuentes ω -6

Aceites vegetales (girasol, soja), huevos, aves de corral.

🐟 Fuentes ω -3

Linaza, nueces, aceite de soja, pescados grasos (salmón, atún, sardinas).

Deficiencias ω -6:

Piel seca escamosa, cabello quebradizo, fatiga, presión arterial alta, aterosclerosis, inmunidad deprimida, depresión.

🐟 Familia Omega-6 (ω -6)



Ácido Linoleico (LA)

18:2 ω -6 - Precursor principal



Ácido γ -Linolénico (GLA)

18:3 ω -6 - Derivado por elongación/desaturación



Ácido Araquidónico (AA)

20:4 ω -6 - Precursor de eicosanoides



DPA (ω -6)

22:5 ω -6 - Ácido docosapentaenoico

🐟 Familia Omega-3 (ω -3)



α -Linolénico (ALA)

18:3 ω -3 - Precursor principal



EPA

20:5 ω -3 - Eicosapentaenoico



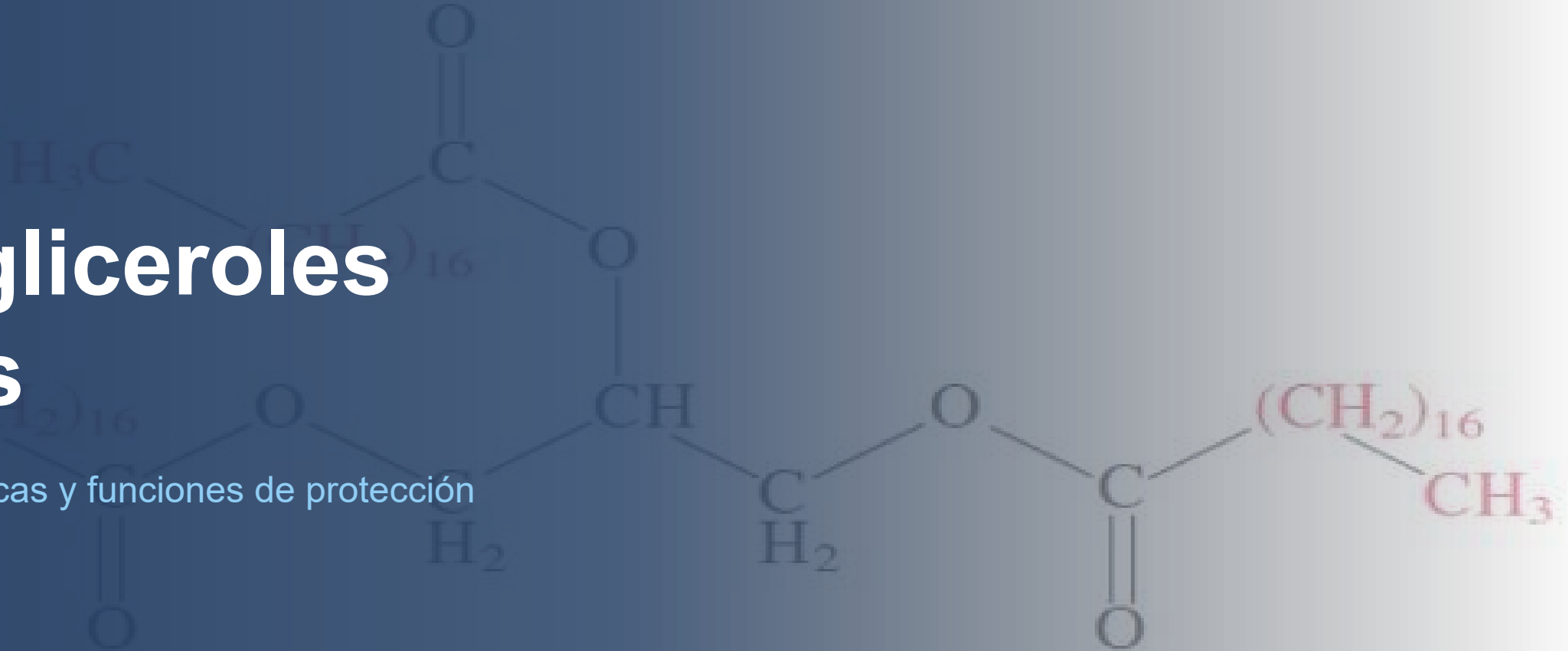
DHA

22:6 ω -3 - Docosahexaenoico

Beneficios: EPA y DHA promueven salud cardiovascular: niveles más bajos de triacilglicerolos, presión arterial reducida, menor agregación plaquetaria.

Triacilgliceroles y Ceras

Reservas energéticas y funciones de protección



Triacilgliceroles: Estructura y Función

↻ Estructura Molecular

Los **triacilgliceroles** son ésteres de glicerol con tres moléculas de ácidos grasos. También se conocen como **triglicéridos**.

Glicero
Alcohol de **3 carbonos** (esqueleto)

3 Ácidos grasos
Unidos por **enlaces éster**

Intermediarios metabólicos: Monoacilgliceroles y diacilgliceroles son intermediarios presentes en pequeñas cantidades.

📦 Almacenamiento de Energía

38.9

kJ/g grasa

17.2

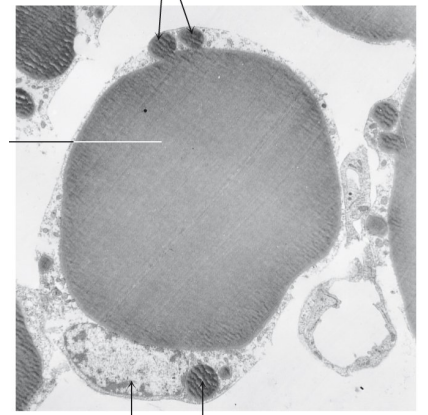
kJ/g CHO

Las grasas liberan **más del doble de energía** que carbohidratos o proteínas.

- ✓ **Hidrofóbicos:** Forman gotas compactas anhidras
- ✓ **Grasas neutras:** Sin carga eléctrica neta
- ✓ **Volumen:** ~1/8 del volumen del glucógeno
- ✓ **Reducidos:** Liberan más electrones al oxidarse

↻ Adipocitos

Células especializadas del **tejido adiposo** que almacenan triacilgliceroles en forma de **gotas lipídicas**.



⚖️ Grasas vs Aceites

Grasas

- Sólidas a temperatura ambiente
- Alto contenido de ácidos grasos insaturados

Aceites

- Líquidos a temperatura ambiente
- Alta proporción de ácidos grasos saturados

Explicación: Los insaturados no se empaquetan tan cercanamente, resultando en puntos de fusión más bajos.

🐾 Funciones en Plantas y Animales

🐾 En Animales

- Almacenamiento energético
- Aislamiento térmico
- Protección de órganos
- Impermeabilización

🌱 En Plantas

- Reserva en semillas
- Energía para germinación
- Aceites en frutos
- Maní, maíz, soja, aguacate, oliva

Las **ceras** son mezclas complejas de lípidos no polares que actúan como **recubrimientos protectores**.

- ✓ **Ésteres de cera:** Ácidos grasos + alcoholes de cadena larga
- ✓ **Hidrocarburos:** Cadenas saturadas
- ✓ **Alcoholes de cadena larga**
- ✓ **Aldehídos y ácidos grasos**
- ✓ **Esteroides** (alcoholes esteroideos)

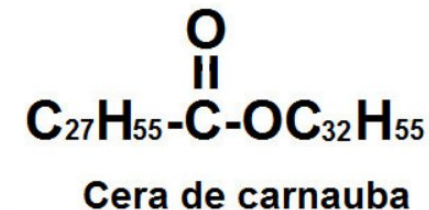
Recubrimiento de **hojas, tallos y frutos**. Previenen desecación, protegen contra patógenos y radiación UV.

Recubrimiento de **piel y pelaje**.
Proporcionan impermeabilización,
protección física y prevención de
deseccación.

Cera de Carnauba *Copernicia prunifera*
Constituyente principal: Melisil cerotato
 (éster de cera)

Triacontanol + ácido cerótico (C26)

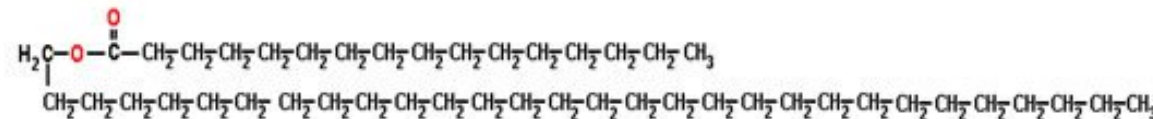
Usos: Autos, cosméticos, productos farmacéuticos, confitería.



Constituyente principal: Cerotato de miricilo

Múltiples ésteres de cera con cadenas C16-C32

Función: Construcción de panales, protección de crías y almacenamiento de miel.



Lanolina

De lana de oveja

Candelilla

De planta mexicana

Espermaceti

De cachalote

Jojoba

Líquida a 25°C

Fosfolípidos

Componentes estructurales de membranas biológicas

Los **fosfolípidos** son moléculas **anfipáticas** (poseen dominios polares y no polares), ideales para formar membranas.

- Grupo fosfato cargado negativamente
- Otros grupos polares o cargados
- Interactúa con agua (hidrofílico)

- Cadenas hidrocarbonadas de ácidos grasos
- 12-24 carbonos de longitud
- Repelen agua (hidrofóbico)

Cuando se suspenden en agua, los fosfolípidos se reorganizan espontáneamente en estructuras ordenadas:

- 1 Grupos hidrofóbicos se entierran en el interior para excluir agua
- 2 Grupos hidrofílicos se orientan expuestos al agua
- 3 A concentraciones suficientes, forman bicapas moleculares

★ **Importante:** Esta propiedad es la base de la estructura de todas las membranas biológicas.

Contienen **glicerol, ácidos grasos, fosfato y un alcohol.**
Mayoría en membranas celulares

Contienen **esfingosina** en lugar de glicerol.
Clasificadas también como esfingolípidos

Difosfatidilglicerol (cardiolipina)

Ácidos grasos en fosfoglicéridos: C-1: Saturado (16-20C), C-2: Insaturado

Fosfolípidos Específicos y Funciones

Fosfatidilcolina (PC)

Abundancia

- Fosfolípido más abundante en las membranas

Ubicación

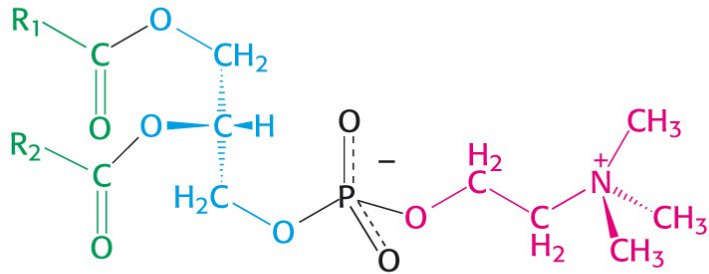
- Forma parte del surfactante pulmonar

Característica

- Cabeza polar relativamente pequeña

Funciones

- Contribuye a mantener la integridad alveolar.



Fosfatidilcolina

Cardiolipina (dPG)

Ubicación específica

Membranas que generan potencial electroquímico para síntesis de ATP:

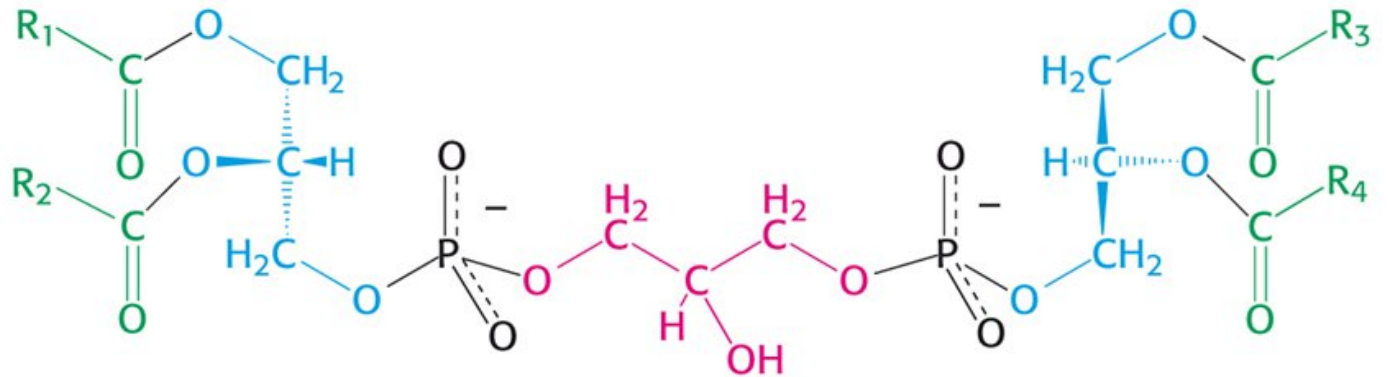
- Membrana plasmática bacteriana
- Membrana interna mitocondrial (20% de lípidos)

Estructura única

Dímero lipídico con dos grupos fosfatidil y cuatro cadenas hidrocarbonadas

Función

Estabiliza supercomplejos de la cadena de transporte de electrones



Difosfatidilglicerol (cardiolipina)

Fosfolípidos Específicos y Funciones

Fosfatidiletanolamina (PE)

Abundancia

~25% de todos los fosfolípidos en humanos

Ubicación

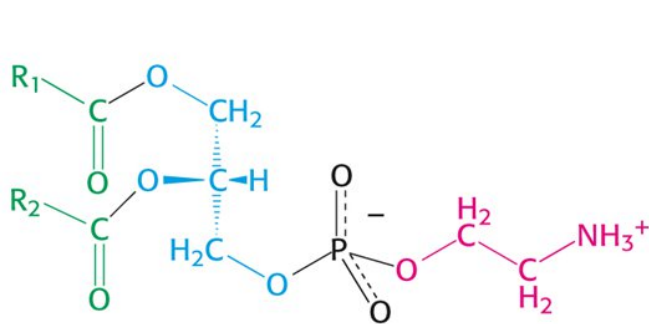
Hoja interna (citoplásmica) de membranas

Característica

Cabeza polar relativamente pequeña

Funciones

- Estabiliza curvatura de membrana
- Papel en fusión de membranas



Fosfatidiletanolamina

Fosfatidilinositol (PI)

Función estructural

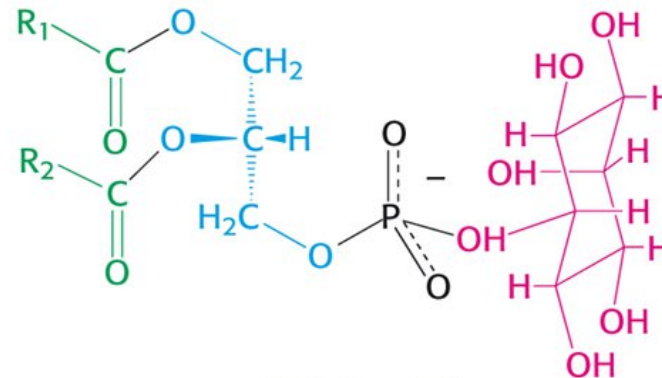
Componente prominente de anclas GPI que unen proteínas a membrana

PIP₂ - Transducción de señales

Fosfatidilinositol-4,5-bisfosfato es componente importante de transducción de señales intracelular

Función

- El ciclo del fosfatidilinositol se inicia cuando hormonas se unen a receptores de membrana
- Es importante como fuente de ácido araquidónico



Fosfatidilinositol

Anclas GPI

Estructura

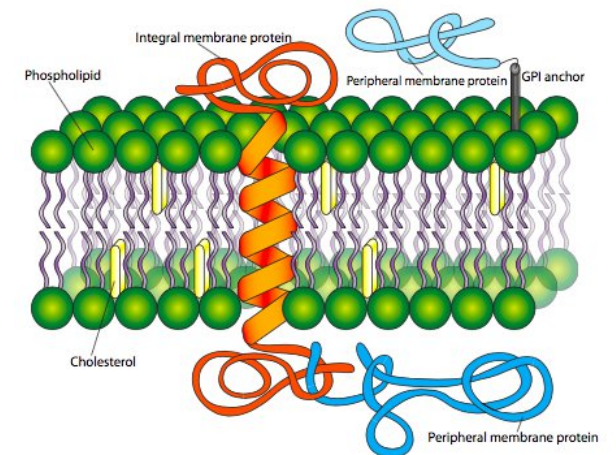
Unen proteínas a superficie externa de membrana plasmática mediante:

- Grupo trimanosilglucosamina
- Fosfoetanolamina
- Fosfatidilinositol

Función

Los dos ácidos grasos del PI se incrustan en membrana; proteínas unidas por enlace amida

Proteínas GPI-unidas son componentes de balsas lipídicas





CAPÍTULO 05

Esfingolípidos

Cerebrósidos, gangliósidos y esfingomielina

Esfingolípidos: Estructura y Función

⚙️ Estructura Básica

Los **esfingolípidos** son componentes importantes de membranas de animales y plantas. Todos contienen un **aminoalcohol de cadena larga**.

Esfingosina

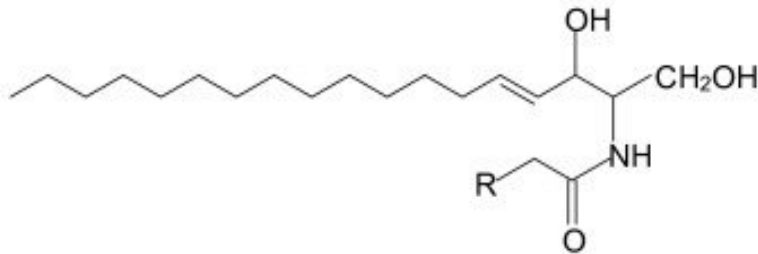
Aminoalcohol principal en animales. Cadena hidrocarbonada de **18 carbonos** con grupo amino y grupos hidroxilo.



Esfingosina

Ceramida

El **núcleo** de cada tipo de esfingolípido. Derivado amida de ácido graso de esfingosina.



🧠 Esfingomielina

Estructura

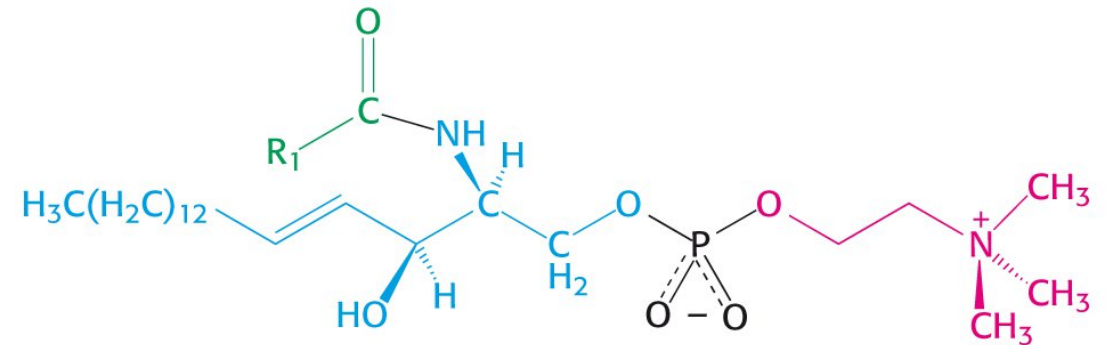
Grupo 1-hidroxilo de ceramida esterificado al grupo fosfato de fosforilcolina o fosforiletanolamina

Ubicación

Mayor abundancia en la **vaina de mielina** de células nerviosas

Función

Propiedades aislantes que facilitan **transmisión rápida** de impulsos nerviosos



📌 NOTA

En los esfingolípidos el ácido graso se une al grupo amino de la esfingosina y no al hidroxilo.

Esfingolípidos: Estructura y Función

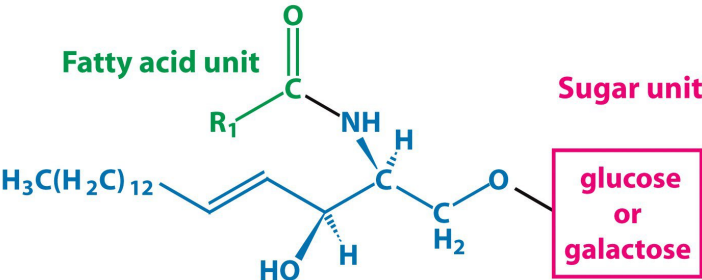
Glicolípidos

Moléculas lipídicas con grupos carbohidrato unidos. Incluyen glicoesfingolípidos y anclas GPI.

1 Cerebrósidos

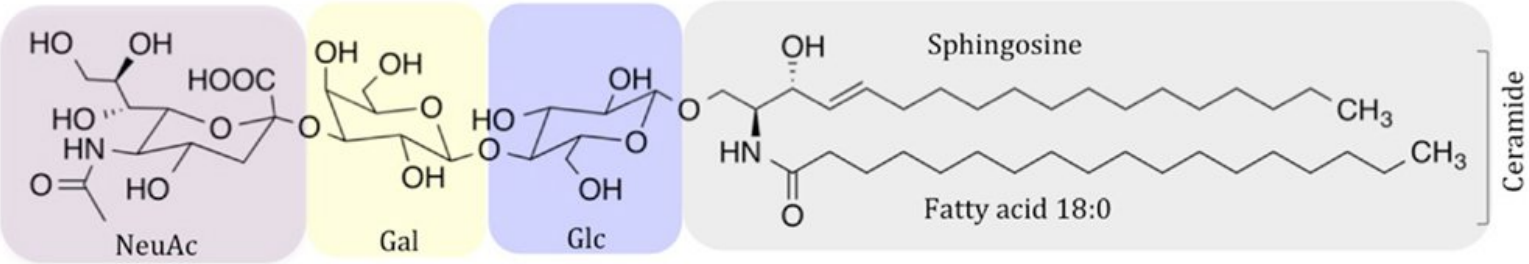
Esfingolípidos donde el grupo cabeza es un **monosacárido**. No iónicos.

Galactocerebrósidos: Encontrados casi enteramente en membranas de células del cerebro



3 Gangliósidos

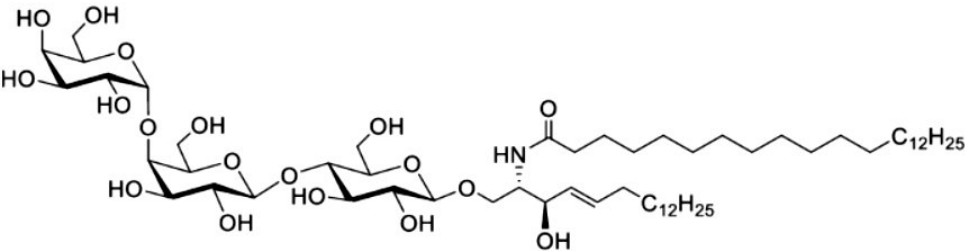
Poseen grupos oligosacárido con uno o más residuos de **ácido siálico**. Primero aislados de tejido nervioso, pero presentes en la mayoría de tejidos animales



2 Globosidos

Contienen dos o más residuos de azúcar, generalmente: galactosa, glucosa y N-acetilgalactosamina. Los oligosacáridos de ceramida son compuestos neutros ya que no tienen carga a PH 7 y además no contienen grupos amino libres.

Los implicados en diversas funciones de reconocimiento en la superficie de la membrana.



Funciones Biológicas y Patologías

? Rol Normal de Glicolípidos

El rol normal de glicolípidos aún no está completamente aclarado, pero se conocen varias funciones importantes:

🦠 Unión de Toxinas Bacterianas

Ciertas moléculas de glicolípidos pueden unir toxinas bacterianas y células bacterianas a membranas de células animales.

Toxinas de **cólera**, **tétanos** y **botulismo** se unen a receptores de glicolípidos

🦠 Unión de Bacterias

Bacterias que se unen a receptores de glicolípidos:

- **E. coli** - Infecciones del tracto urinario
- **Streptococcus pneumoniae** - Neumonía
- **Neisseria gonorrhoeae** - Gonorrea

⚙️ Esfingolipidosis

Enfermedades de **almacenamiento lisosomal** causadas por deficiencia hereditaria de enzimas requeridas para degradación de esfingolípidos.

🏠 Enfermedades de Almacenamiento

Enfermedad	Síntomas	Acumulación
Tay-Sachs	Ceguera, debilidad muscular, convulsiones, retardo mental	Gangliósido GM2
Gaucher	Retardo mental, hepatoesplenomegalia, erosión de huesos	Glucocerebrósido
Krabbe	Demielinización, retardo mental	Galactocerebrósido
Niemann-Pick	Retardo mental	Esfingomielina

⌚ Enfermedad de Tay-Sachs

Causa

Deficiencia de **β-hexosaminidasa A**, enzima que degrada gangliósido GM2. Células acumulan esta molécula, hinchan y mueren.

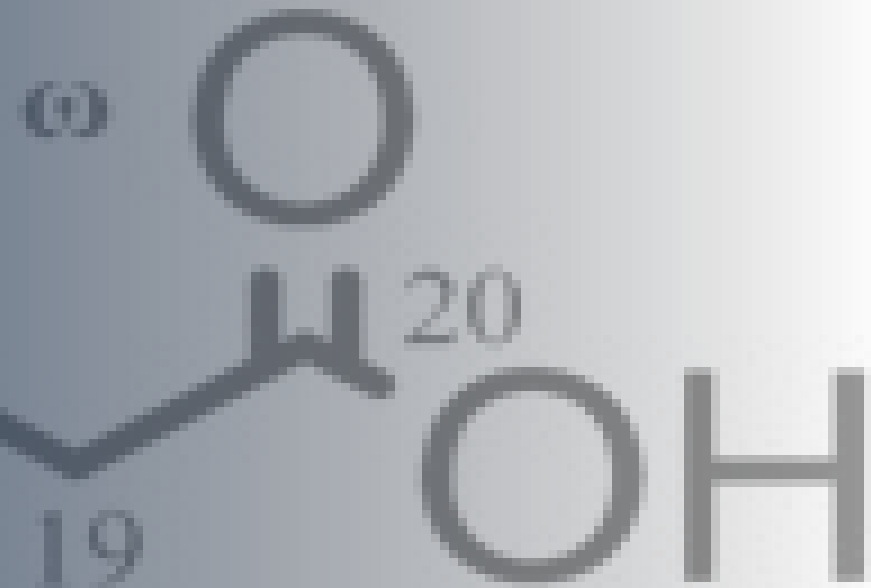
Síntomas y pronóstico

Síntomas aparecen meses después del nacimiento. **Siempre fatal** (usualmente a los 3 años). No existe terapia actual.

CAPÍTULO 06

Isoprenoides

Terpenos, esteroides y hormonas esteroideas



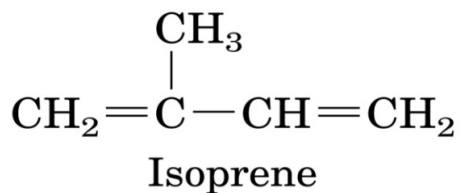
Isoprenoides: Estructura y Función

Definición

Los **isoprenoides** son compuestos derivados de **unidades de isopreno** (C₅H₈).



Unidad básica de isopreno



Terpenos

Compuestos formados por unidades de isopreno, clasificados por número de unidades:

Monoterpenos

C₁₀

Sesquiterpenos

C₁₅

Diterpenos

C₂₀

Triterpenos

C₃₀

Tetraterpenos

C₄₀

Funciones de Terpenos

Pigmentos fotosintéticos

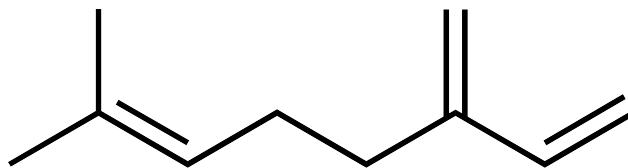
Carotenoides - β-caroteno, licopeno, luteína

Aromas y fragancias

Aceites esenciales de plantas (limoneno, mentol)

Componentes de aceites esenciales

Usados en medicina tradicional y aromaterapia



Esteroides

Estructura característica de **cuatro anillos de carbono** fusionados:

3

Anillos de 6C

1

Anillo de 5C

Los esteroides son derivados del **esqualeno** (triterpeno C₃₀)

Colesterol

Componente esencial

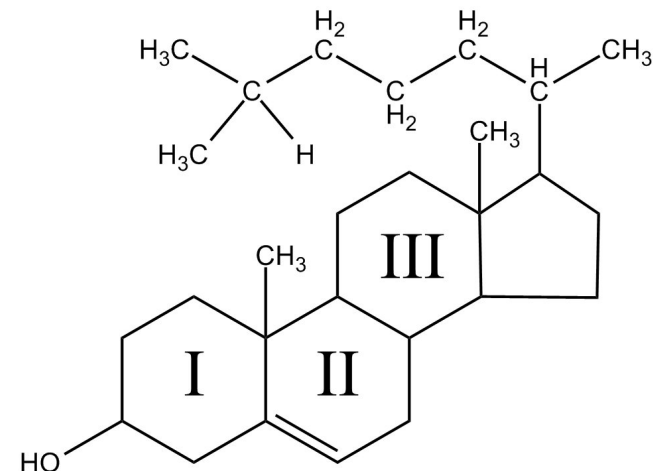
De membranas celulares de animales

Precursor

De hormonas esteroideas y ácidos biliares

Función

Regula fluidez de membranas



Derivados del colesterol: Estructura y Función

Hormonas Esteroideas

Los esteroides son derivados de triterpenos con cuatro anillos fusionados.

Se encuentran en todas las eucariotas y en un pequeño número de bacterias.

Los esteroides se diferencian entre sí por la posición de los dobles enlaces carbono-carbono y por diversos sustituyentes (p. ej., grupos hidroxilo, carbonilo y alquilo).

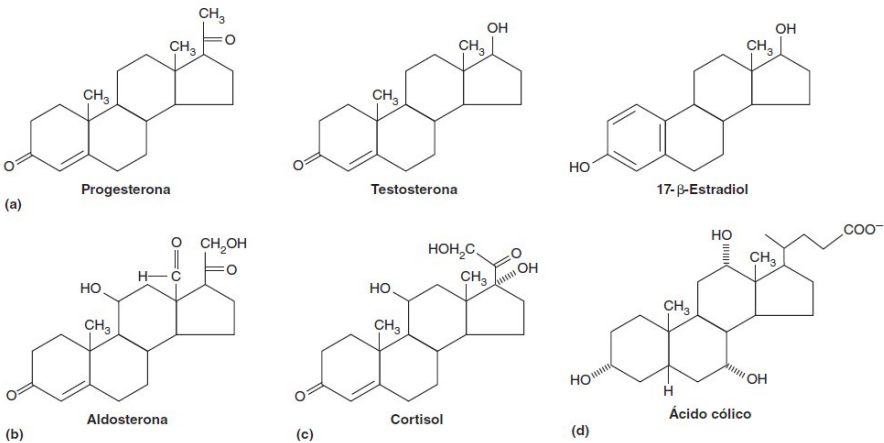
Además de ser un componente esencial de las membranas de las células animales, el colesterol es precursor de la biosíntesis de todas las hormonas esteroideas, de la vitamina D y de las sales biliares.

Corticosteroides

Cortisol, aldosterona

Hormonas sexuales

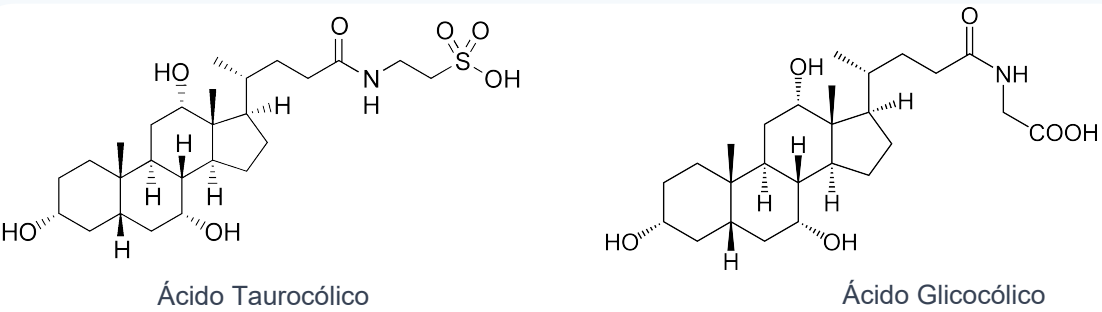
Estrógenos, andrógenos, progesterona



Otros Isoprenoides

Ácidos biliares

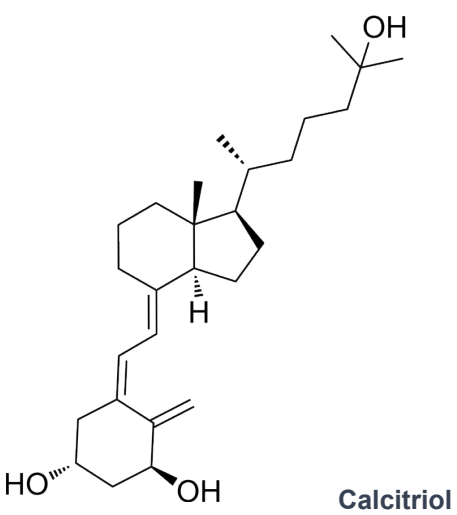
Emulsionantes en digestión de lípidos



Vitamina D

El calcitriol es la forma biológicamente activa de la vitamina D3, sintetizada principalmente en los riñones a partir del calcifediol mediante la enzima 1- α -hidroxilasa.

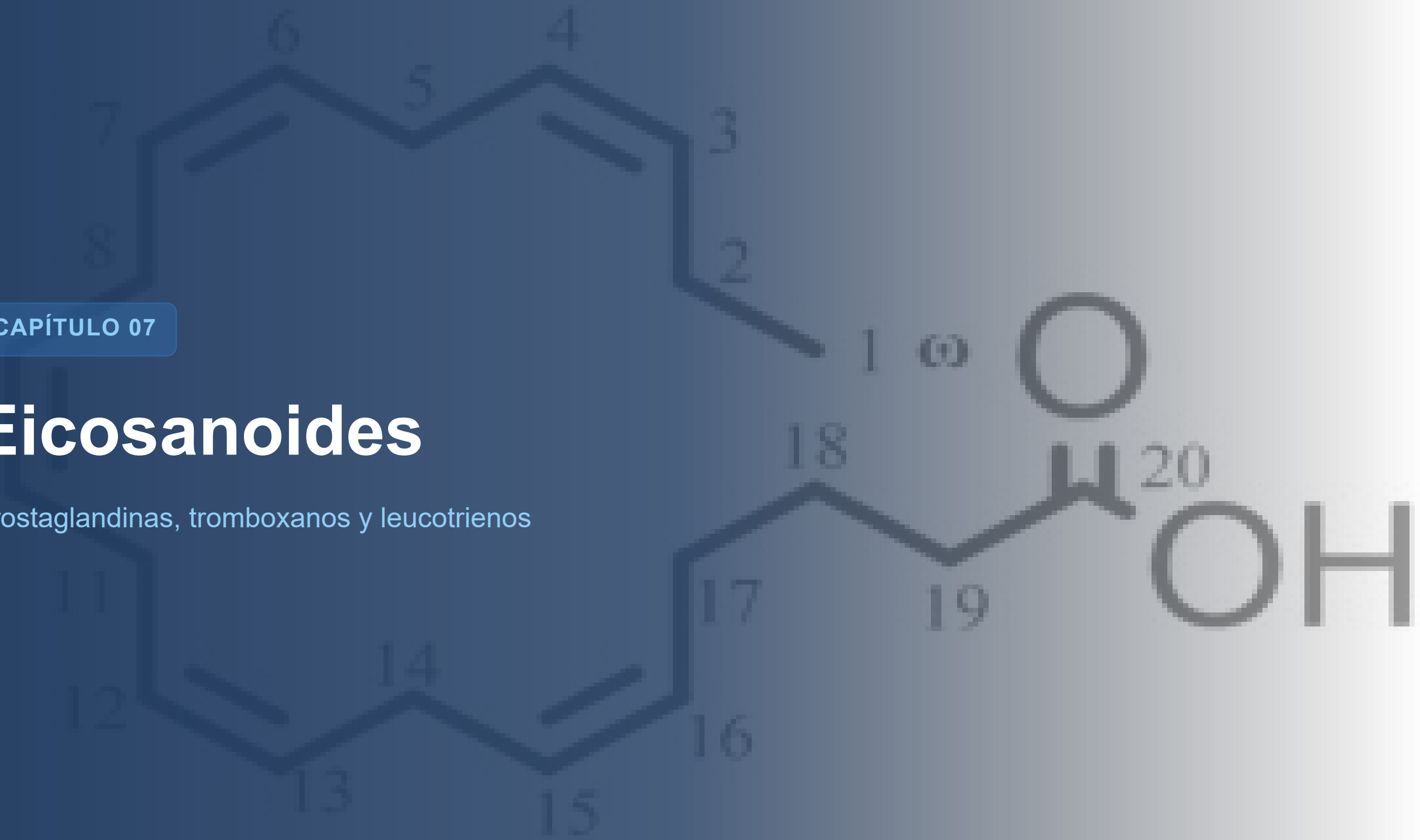
Su producción está regulada por la hormona paratiroidea (PTH), estimulando la absorción de calcio y la homeostasis ósea.



CAPÍTULO 07

Eicosanoides

Prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos



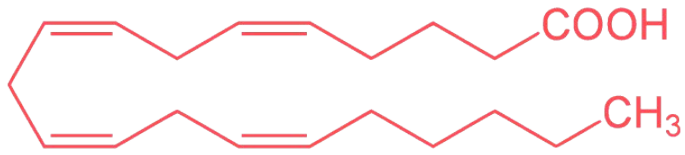
Eicosanoides: Estructura y Función

Definición y Funciones

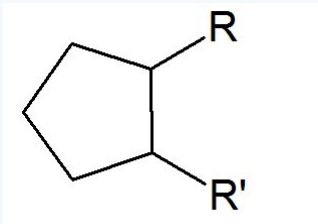
Los **eicosanoides** son moléculas tipo hormona producidas en la mayoría de tejidos de mamíferos.

Biosíntesis

Derivados de **ácido araquidónico** o EPA. Producción comienza después de liberación de membrana fosfolípidos por **fosfolipasa A₂**.

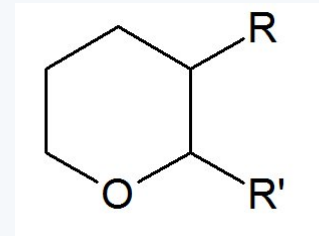


Prostaglandinas (PG)



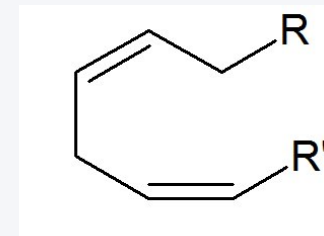
Contienen un anillo de ciclopentano con dos cadenas laterales. Las letras (A, E, F) indican diferentes grupos funcionales en el anillo, y los subíndices numéricos o la "α" denotan la insaturación y la estereoquímica

Tromboxanos (TX)



Presentan una estructura con un anillo de seis miembros con un puente de oxígeno.

Leucotrienos (LT)



Se caracterizan por tener tres dobles enlaces conjugados. El subíndice numérico indica la cantidad de dobles enlaces en la molécula.

Eicosanoides: Estructura y Función

Definición y Funciones

Los **eicosanoides** son moléculas tipo hormona producidas en la mayoría de tejidos de mamíferos.

Prostaglandinas (PG)

Regulan procesos fisiológicos como inflamación, dolor y contracción muscular.

Tromboxanos (TX)

Involucrados en agregación plaquetaria y vasoconstricción.

Leucotrienos (LT)

Mediadores de respuestas inflamatorias y alérgicas.

Biosíntesis

Derivados de **ácido araquidónico** o EPA. Producción comienza después de liberación de membrana fosfolípidos por **fosfolipasa A₂**.

Nomenclatura

Sistema de nomenclatura:

Primeras 2 letras: Tipo de eicosanoide

PG = prostaglandina, **TX** = tromboxano, **LT** = leucotrieno

Tercera letra: Tipo de modificación

A = grupo hidroxilo + anillo éter, **B** = dos grupos hidroxilo, **C** = Cisteinílicos

En **Prostaglandinas** las letras **A-I** según los sustituyentes del anillo ciclopentano

Número: Dobles enlaces en la molécula

PGE₂

Prostaglandina E2

TXA₂

Tromboxano A2

LTC₄


Leucotrieno C4

Características de Estudio

Extremadamente difíciles de estudiar

 Activos por períodos cortos (**segundos o minutos**)

 Producidos solo en **pequeñas cantidades**

 Reguladores **autocrinos**: Generalmente activos dentro de la célula donde se producen

Eicosanoides en Inflamación y Tratamiento

✿ Artritis Reumatoide

Definición

Enfermedad autoinmune donde articulaciones están **crónicamente inflamadas**

Mecanismo autoinmune

Sistema inmune falla en distinguir entre propio y extraño. Los linfocitos producen **autoanticuerpos** que se unen a células del paciente.

Factor reumatoide (RF)

Autoanticuerpo que se une a porción Fc de IgG, promoviendo inflamación e infiltración de glóbulos blancos

Daño tisular

Fuga de enzimas lisosomales de neutrófilos y macrófagos fagocitando activamente

Perpetuación

Macrófagos producen **PGE₄**, **TXA₂** y varios leucotrienos

♥ Enfermedades Asociadas

Infarto de miocardio

Los eicosanoides están implicados en patogénesis de ataques cardíacos

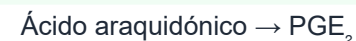
Artritis reumatoide

Enfermedad autoinmune con inflamación crónica de articulaciones perpetuada por eicosanoides

💊 Tratamiento: Aspirina

Mecanismo de acción

Inhibe **ciclooxigenasa (COX)**, enzima que cataliza primera reacción en síntesis de prostaglandina:



Ventajas

- **Bajo costo**
- **Seguridad relativa**
- Efectivo en artritis reumatoide y otros tipos de inflamación

💉 Tratamiento: Esteroides

Mecanismo de acción

Inhiben **fosfolipasa A₂**, previniendo liberación de ácido araquidónico de membrana

Potencia

Más potentes que aspirina en reducir inflamación. Reducen síntomas dolorosos **inmediata y dramáticamente**

Efectos secundarios serios

- Depresión del sistema inmune
- Redistribución de grasa a cuello ("joroba de búfalo")
- Cambios conductuales serios

Uso: Solo cuando paciente no responde a aspirina

CAPÍTULO 08

Digestión de Lípidos

Procesos enzimáticos y absorción de lípidos

hydrophilic

Fosfolipasas: Funciones y Mecanismos

🔗 Definición y Clasificación

Las **fosfolipasas** son enzimas que hidrolizan enlaces éster en moléculas de fosfolípidos.

Clasificación según enlace escindido

PLA1 Hidrólisis en C-1 de glicerol	PLA2 Hidrólisis en C-2 de glicerol
PLB Hidrólisis en C-1 y C-2	PLC Fosfodiesterasa → DAG
PLD Fosfodiesterasa → Ácido fosfatídico	

Productos PLA1 y PLA2: Ácido graso + lisofosfatida (fosfolípido sin un ácido graso)

🔄 Remodelado de Membrana

Función
Células usan fosfolipasas para alterar flexibilidad de membranas ajustando proporción de ácidos grasos saturados e insaturados

Reacilación
Remoción de ácido graso seguida de reacción de reacilación catalizada por aciltransferasa

Reemplazo
Reemplazo de ácidos grasos dañados en membranas

📡 Transducción de Señales

Hormonas y señalización
Numerosas hormonas inician mecanismos que involucran hidrólisis de fosfolípidos

PLC y PIP₂
PLC cataliza escisión de PIP₂ produciendo:

IP₃ Inositol-1,4,5-trisfosfato	DAG Diacilglicerol
---	------------------------------

Eicosanoides
Síntesis se inicia con liberación de ácido araquidónico por PLA2

☠️ Fosfolipasas Tóxicas

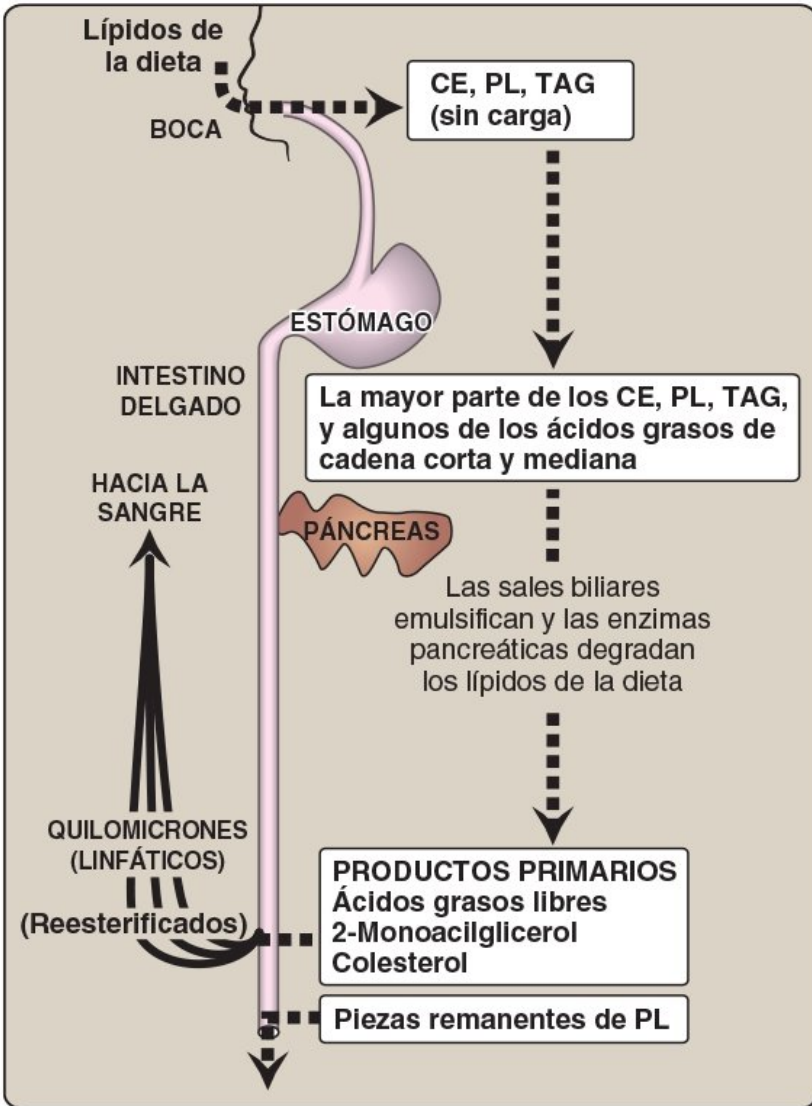
Veneno de serpientes
PLA2 digiere membranas celulares en sitio de mordedura y causa daño sistémico:

- Necrosis de músculo esquelético y cardíaco
- Neurotoxicidad
- Lisis de glóbulos rojos

Clostridium perfringens
Bacteria anaerobia Gram-positiva que causa gangrena gaseosa. Secreta fosfolipasa α-toxina que facilita penetración en tejido.

Digestión y Absorción de Lípidos

🍴 Digestión en Intestino Delgado



💧 Emulsificación

Sales biliares convierten glóbulos grandes de grasa en gotas más pequeñas que pueden ser actuadas por enzimas

🧴 Fosfolipasas pancreáticas

Entregadas a intestino delgado junto con otras enzimas digestivas. Degradan fosfolípidos dietéticos.

🔧 Fosfolipasas lisosomales

Degradan componentes de fosfolípidos de membranas celulares

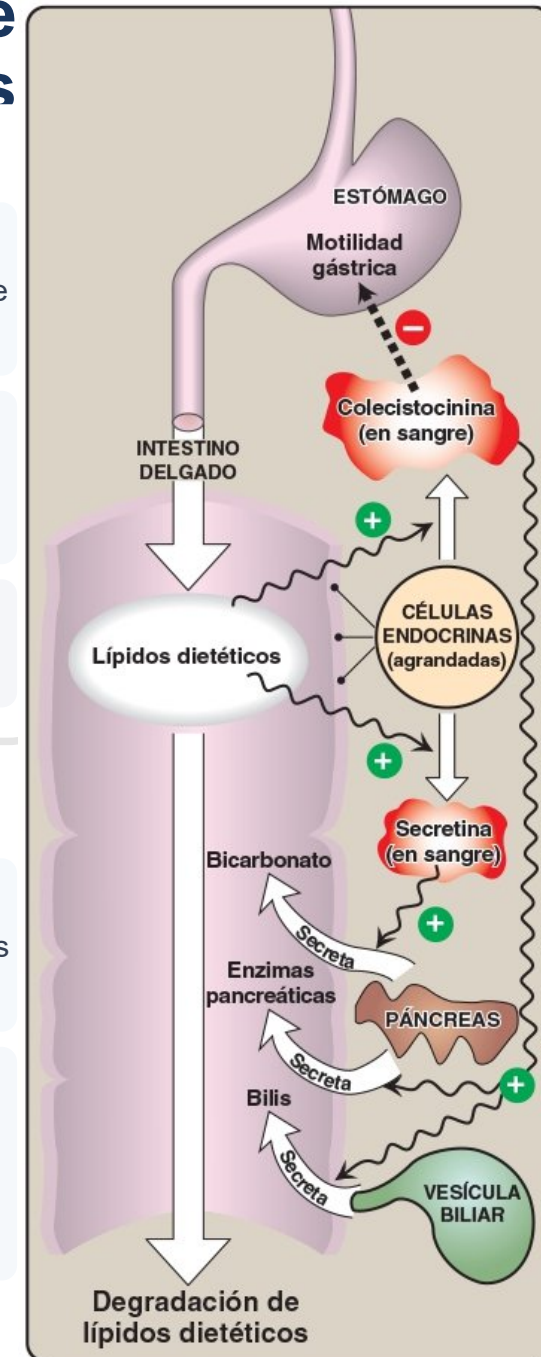
🚚 Lipoproteínas Plasmáticas

Función

Transportan moléculas lipídicas (triacilgliceroles, fosfolípidos, colesterol) a través del torrente sanguíneo de un órgano a otro

Composición

- **Apolipoproteínas (apoproteínas):** A, B, C, D, E
- **Lípidos:** Triacilgliceroles, fosfolípidos, colesterol
- **Antioxidantes:** α -tocoferol, carotenoides



Digestión y Absorción de Lípidos

Lipoproteínas Plasmáticas

1 ESTRUCTURA

Éster de colesterol (EC)
Colesterol
Apoproteína
Triglicérido (TG)
Fosfolípido (PL)

2 FUNCIÓN

Transporte de lípidos entre los diferentes tejidos del organismo

3 CLASIFICACIÓN

Cholesterol bueno
Cholesterol malo

QM (Quilomicrones)
VLDL (Lipoproteína muy baja densidad)
IDL (Lipoproteína densidad intermedia)
LDL (Lipoproteína baja densidad)
HDL (Lipoproteína alta densidad)

4 COMPOSICIÓN

Cholesterol
Triglicéridos (TG)
Éster de colesterol (EC)
Fosfolípidos

A-I
A-II
B-100
B-48
C-II
E

QM
VLDL
IDL
LDL
HDL

Triglicéridos (TG)
Colesterol
Éster de colesterol (EC)
Fosfolípidos
Proteína

5 PATOLOGÍA

Deposita colesterol
Elimina colesterol

La aterosclerosis es una enfermedad, que conlleva el estrechamiento o oclusión de arterias grandes. Es generada por acúmulo de colesterol depositado por el LDL y puede producir cardiopatía coronaria

Tipo dislipemia	Aumento tipo lipoproteína	Aumento colesterol	Aumento triglicérido
I	QM	SÍ	SÍ
IIa	LDL	SÍ	NO
IIb	VLDL+LDL	SÍ	SÍ
III	IDL	SÍ	SÍ
IV	VLDL	NO	SÍ
V	VLDL+QM	SÍ	SÍ

Dislipemias (hiperlipemias): defectos en el metabolismo de las lipoproteínas

@aula.bioquimica
Creador: David Moreno Lastres

Clasificación por Densidad

Quilomicrones

<0.95 g/cm³

D = hasta 1000 nm

Transportan TAG dietéticos desde intestino

Apolipoproteínas: A-I, A-II, B-48, C-I, C-II, C-III, E

VLDL

0.98 g/cm³

D = 30-90 nm

Sintetizadas en hígado, transportan lípidos a tejidos

Apolipoproteínas: B-100, C-I, C-II, C-III, E

IDL

1 g/cm³

D = 40 nm

Remanentes de VLDL

Apolipoproteínas: B-100, E

LDL

1.04 g/cm³

D = 20 nm

Transportadores principales de colesterol a tejidos

Apolipoproteínas: B-100

HDL

1.2 g/cm³

D = 9 nm

Ricas en proteína, **recogen exceso de colesterol**

Apolipoproteínas: A-I, A-II, C-I, C-II, C-III, E

Membranas Biológicas: Estructura y Función

Modelo de Mosaico Fluido

La mayoría de propiedades de organismos vivos dependen de membranas. Todas las membranas biológicas tienen la **misma estructura general**.

Modelo Singer-Nicholson
Membrana = **bicapa lipídica no covalente + proteínas asociadas**

La naturaleza de estas moléculas determina **funciones biológicas y propiedades mecánicas** de cada membrana

Composición de Membranas

Membrana	Prot.	Líp.	CH
Eritrocitos humanos	49%	43%	8%
Hepatocitos de ratón	46%	54%	2-4%
Membrana interna mitocondrial	76%	24%	1-2%
Cloroplasto (espinaca)	70%	30%	6%

Proporciones de lípido y proteína varían considerablemente entre tipos de célula y organelos

Propiedades de Membranas

Fluididad
Determinada por porcentaje de ácidos grasos insaturados. Aumenta con más insaturados. El colesterol contribuye estabilidad pero mantiene fluididad.

Permeabilidad selectiva
Cadenas hidrocarbonadas hidrofóbicas proporcionan barrera casi impenetrable a sustancias iónicas y polares

Autocierre
Cuando bicapas lipídicas se disrumen, se resellan espontáneamente por flujo lateral de moléculas lipídicas

Asimetría
Composición lipídica de cada mitad de bicapa es diferente. **PE y PS** en hoja interna; **PC y esfingomielina** en externa.

Proteínas de Membrana



Integrales
Incrustadas en bicapa



Periféricas
Unidas a superficie



Anclas GPI
Unen proteínas a membrana

Lípidos: Diversidad y Función en Sistemas Biológicos

Diversidad Estructural

Los lípidos son biomoléculas extraordinariamente diversas que desempeñan funciones esenciales en todos los organismos vivos, desde almacenamiento de energía hasta formación de membranas.

Almacenamiento Eficiente

Los triacilglicerolos almacenan energía de forma altamente eficiente (38.9 kJ/g), ocupando solo 1/8 del volumen del glucógeno, ideales para reservas energéticas a largo plazo.

Membranas Biológicas

Fosfolípidos y esfingolípidos forman bicapas lipídicas que constituyen la base estructural de todas las membranas celulares, proporcionando compartimentalización y control del transporte.

Señalización Celular


Los ácidos grasos son precursores de moléculas señal importantes como eicosanoides (prostaglandinas, tromboxanos, leucotrienos) que regulan procesos fisiológicos críticos.

Versatilidad Isoprenoide

Los isoprenoides, incluyendo terpenos y esteroides, demuestran la increíble versatilidad estructural que surge de unidades de isopreno simples, desde pigmentos fotosintéticos hasta hormonas.

Metabolismo Sofisticado

La digestión y transporte de lípidos involucran procesos enzimáticos sofisticados (fosfolipasas) y sistemas de lipoproteínas especializados que aseguran distribución eficiente.

 Comprender la estructura y función de los lípidos no solo es crucial para la bioquímica básica, sino que también tiene implicaciones directas en **nutrición, medicina y salud pública**, desde dietas balanceadas hasta tratamientos farmacológicos.