



# Lípidos

## Clasificación

→ Sustancias insolubles en agua, solubles en solventes no polares tales como hexano, cloroformo, éter de petróleo

### Triglicéridos

### Lípidos polares

Mono y diglicéridos

Fosfolípidos

Ácidos grasos

### Otros lípidos

Ceras

Esteroles: colesterol, fitoesterol, etc.

Vitaminas liposolubles: A, D, E, K

Pigmentos: carotenoides

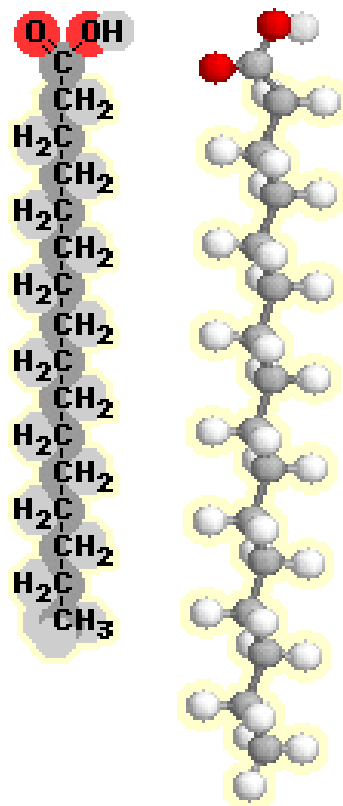
Lipoproteínas

Glucolípidos

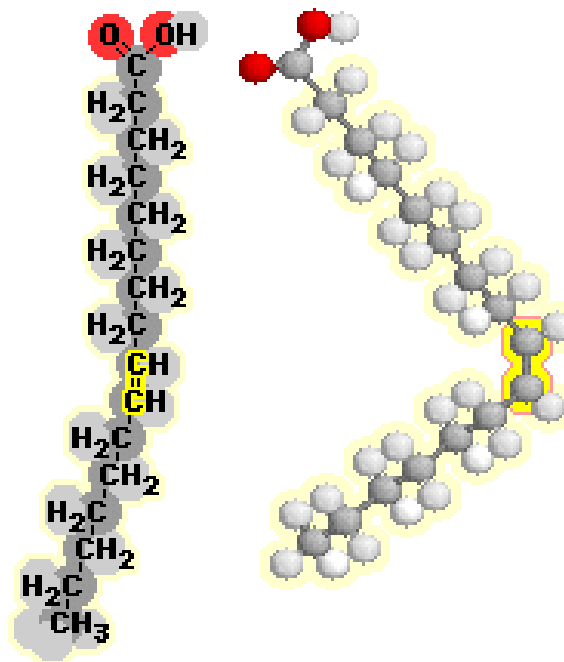


# Ácidos grasos

Ácido graso saturado

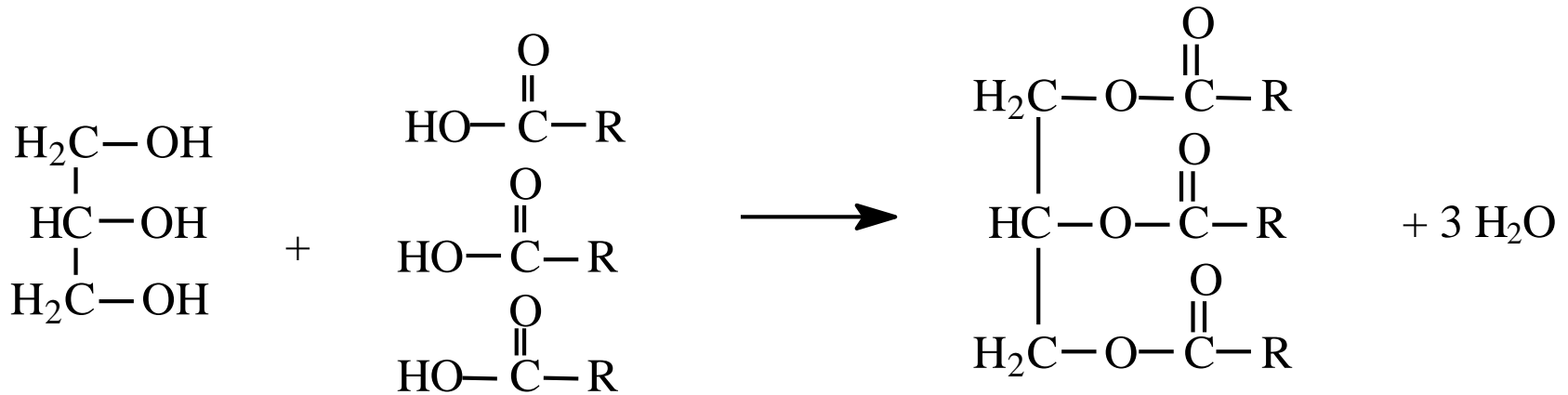


Ácido graso no saturado



# Triglicéridos

Acilglicerol: Ésteres de ácidos grasos y glicerol



Glicerina

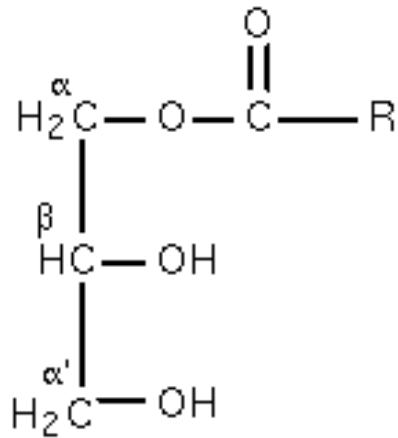
Ácidos  
grasos

Triglicéridos

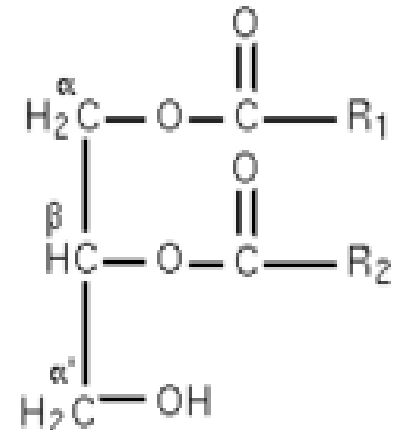
# Mono y diglicéridos

Acilglicerolos: Ésteres de ácidos grasos y glicerol

Monoglicérido

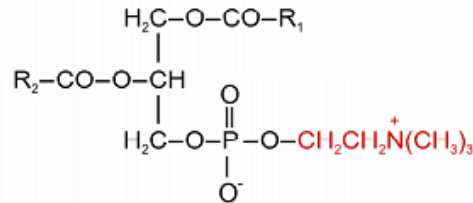
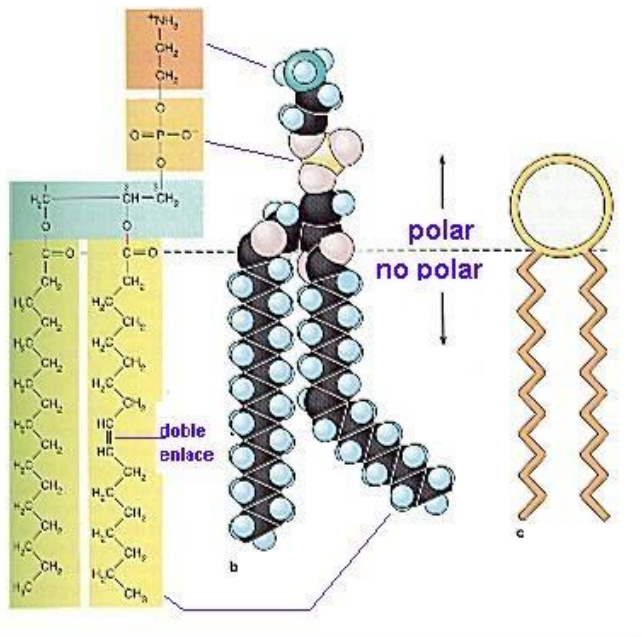


Diglicérido

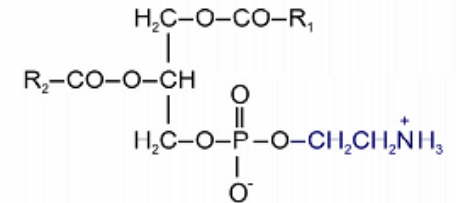


# Fosfolípidos

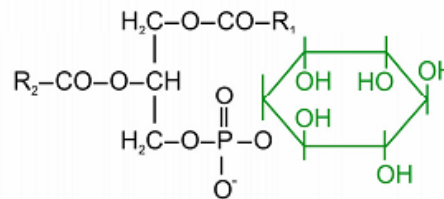
Ésteres que contienen ácido fosfórico en reemplazo de un ácido graso, combinado con un compuesto polar



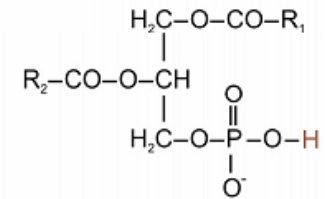
Fosfatidilcolina (PC)



Fosfatidiletanolamina (PE)



Fosfatidilinositol (PI)



Acido fosfatídico (PA)

R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> = Ácidos Grasos (saturados o insaturados)

# Fosfolípidos

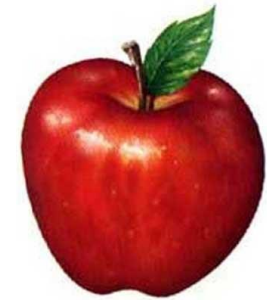
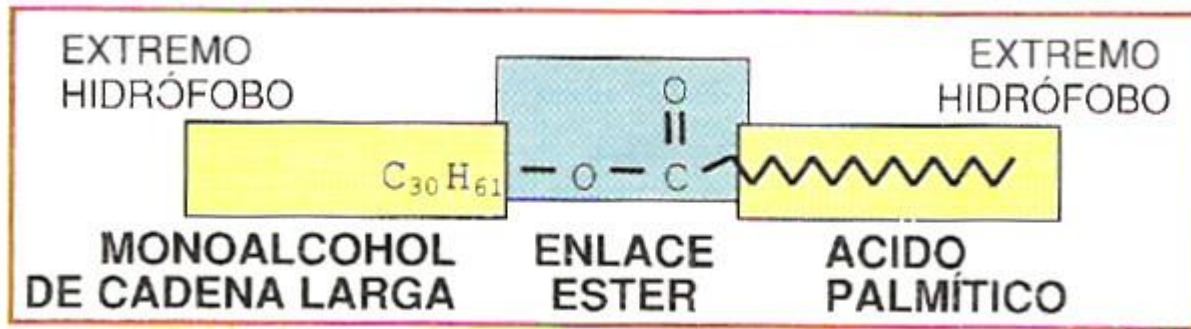
Lecitina: Mezcla de fosfolípidos

Fosfolípidos	Soja <sup>1</sup>	Canola <sup>1</sup>	Girasol <sup>1</sup>	Maíz <sup>1</sup>	Yema de huevo
Fosfatidilcolina	22	25	25	30	74
Fosfatidiletanolamina	14	22	11	3	17
Fosfatidilinositol	12	15	19	16	1
Ácido fosfatídico	6	-	3	9	-
Lisofosfolípidos	2	5	-	5	3
Otros fosfolípidos	4	19	3	5	1

<sup>1</sup>El 100% de las lecitinas de origen vegetal se completa con glicolípidos y carbohidratos

# Ceras

Ésteres de alcoholes monohidroxilados y ácidos grasos

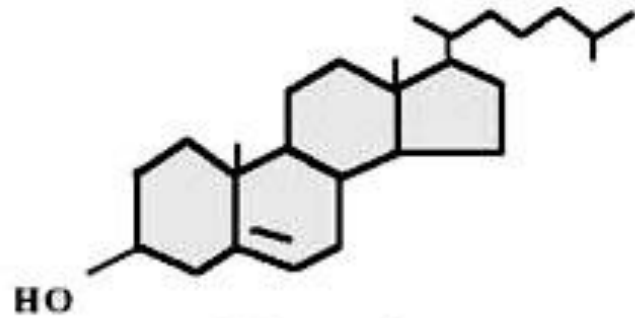


Alcohol entre 16 y 36 carbonos

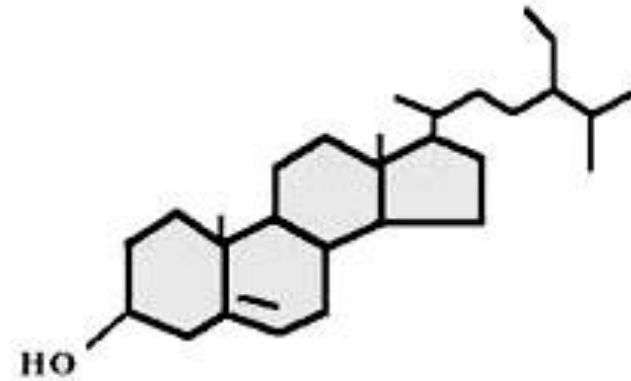
Ácido graso entre 8 y 20 carbonos



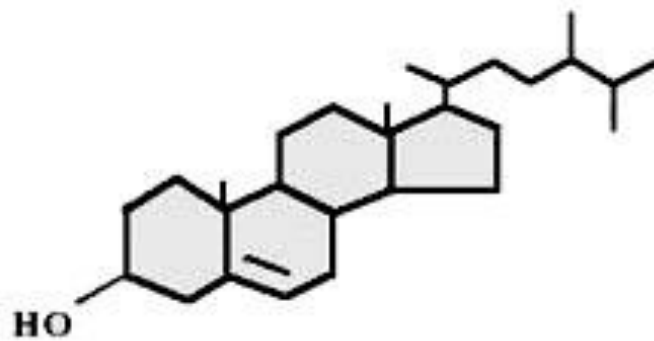
# Esteroles



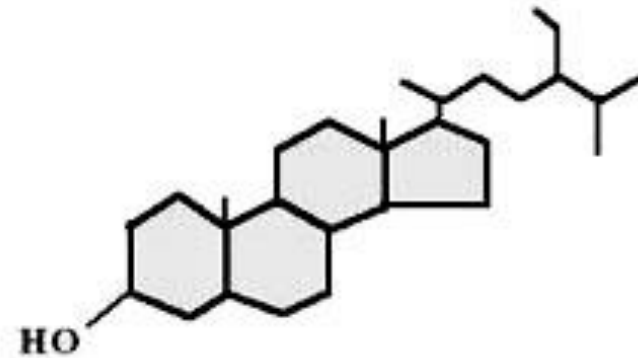
Colesterol



Sitosterol

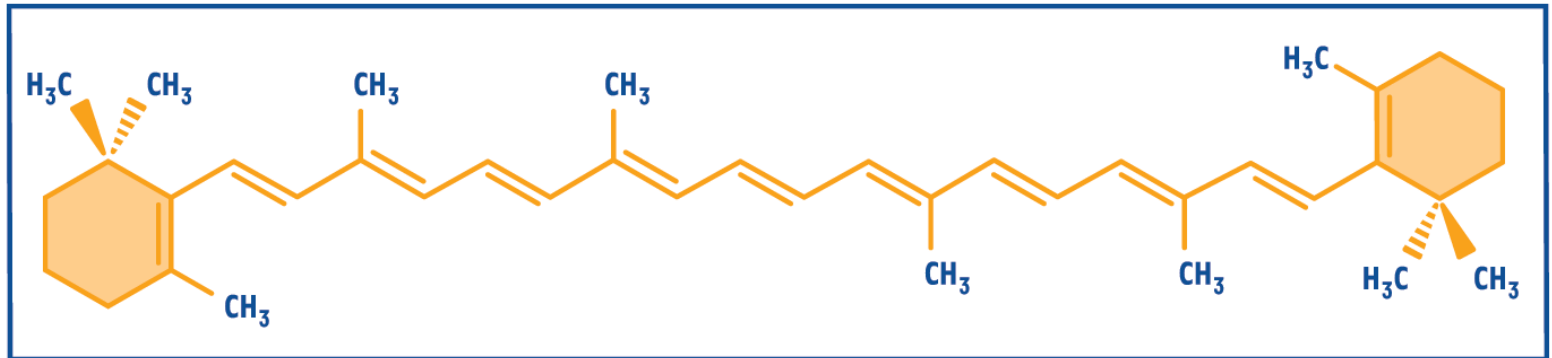


Campesterol

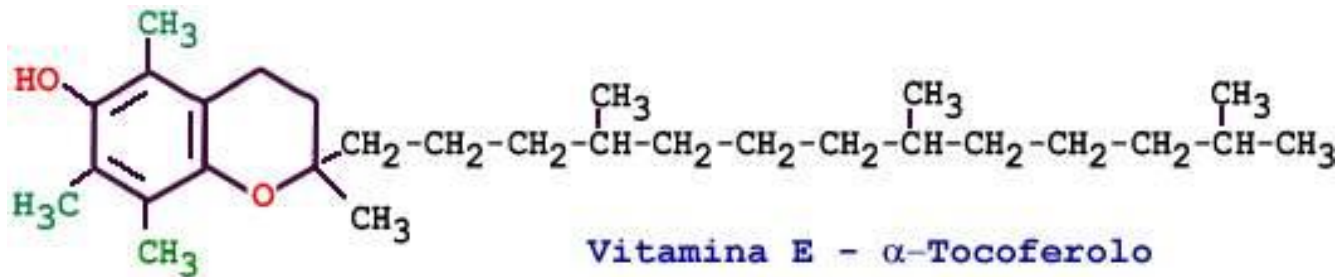


Sitostanol

# Pigmentos



# Vitaminas liposolubles

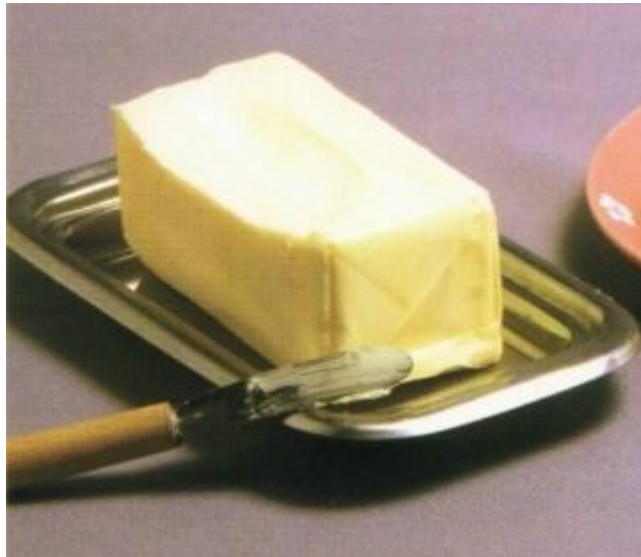


**Grasas y aceites**



**Mezclas de  
triglicéridos**

**Líquidos a temperatura  
ambiente**



**Sólidos a temperatura  
ambiente**

# Aceites comestibles

Los aceites alimenticios se obtienen a partir de semillas o frutos oleaginosos.

- Girasol
- Maíz
- Soja
- Oliva
- Colza
- Coco
- Maní
- Uva
- Cártamo
- Algodón
- Sésamo
- Palma
- Arroz



# Grasas

Las grasas comestibles animales se obtienen a partir de los tejidos grasos y partes adiposas limpias e inalteradas de animales bovinos, ovinos, porcinos o caprinos.

- Manteca de cerdo
- Grasa de cerdo
- Primer jugo bovino u ovino
- Grasa bovina u ovina
- Oleomargarina bovina u ovina
- Oleoestearina bovina u ovina

**¿Qué características  
tiene cada materia  
grasa?**

# Propiedades funcionales

## Triglicéridos

- Textura
- Apariencia
- Cremosidad
- Sabor
- Aspecto

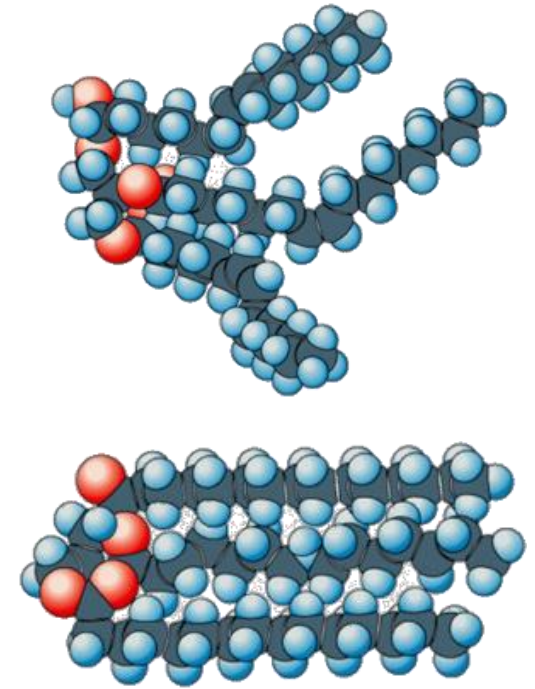


# Punto de fusión de triglicéridos

Depende del grado de interacción entre las cadenas de los ácidos grasos

## Factores












- Longitud de la cadena de los ácidos grasos
- Cantidad de insaturaciones en el ácido graso
- Cantidad de ácidos grasos insaturados en el triglicérido
- Posición del ácido graso insaturado en el triglicérido
- Isómero cis-trans



# Punto de fusión de triglicéridos

Longitud de cadena de los ácidos grasos

Cantidad de insaturaciones en el ácido graso

Ácido Láurico	12:0	$\text{CH}_3$  $\text{COOH}$
Ácido Mirístico	14:0	$\text{CH}_3$  $\text{COOH}$
Ácido Palmítico	16:0	$\text{CH}_3$  $\text{COOH}$
Ácido Estearico	18:0	$\text{CH}_3$  $\text{COOH}$
Ácido Elaídico trans	18:1 / omega-9	$\text{CH}_3$  $\text{COOH}$
Ácido Oleico cis	18:1 / omega-9	$\text{CH}_3$  $\text{COOH}$
Ácido Linoleico cis	18:2 / omega-6	$\text{CH}_3$  $\text{COOH}$
Ácido Alfa-linolénico cis	18:3 / omega-3	$\text{CH}_3$  $\text{COOH}$
Ácido Araquidónico cis	20:4 / omega-6	$\text{CH}_3$  $\text{COOH}$
Ácido Eicosapentanoico (EPA) cis	20:5 / omega-3	$\text{CH}_3$  $\text{COOH}$
Ácido Docosahexanoico (DHA) cis	22:6 / omega-3	$\text{CH}_3$  $\text{COOH}$

■ AG esencial   ■ AG semiesencial

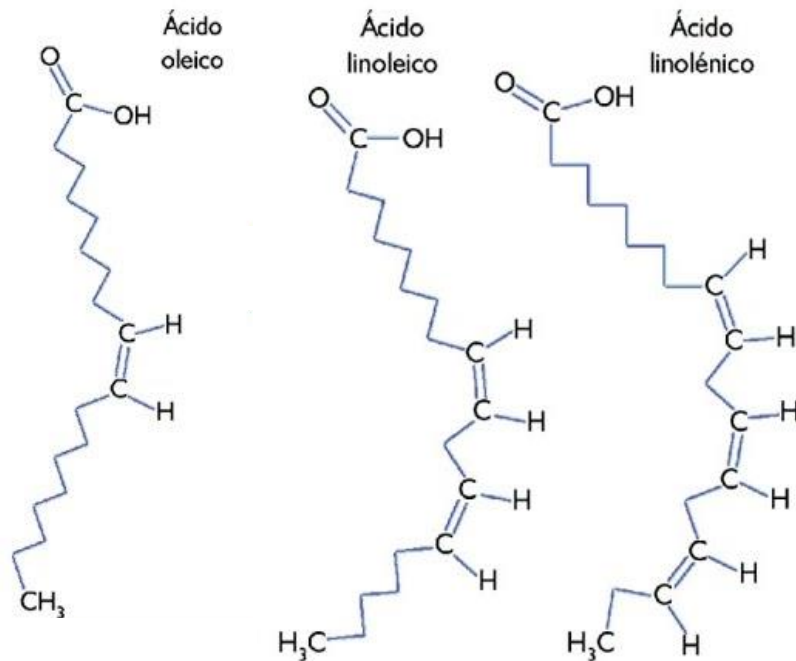
Tabla 1. Estructura química de los ácidos grasos biológicamente más importantes en nutrición humana



# Punto de fusión de triglicéridos

Longitud de cadena de los ácidos grasos

Cantidad de insaturaciones en el ácido graso



Ácido graso		T° Fusión
Butírico	4:0	-5,9
Caprónico	6:0	-3,4
Caprílico	8:0	16,7
Caprico	10:0	31,6
Laurico	12:0	44,2
Mirístico	14:0	54,4
Palmitico	16:0	63
Palmitoleico	16:1	-0,5
Estearico	18:0	69,4
Oleico	18:1	13
Linoleico	18:2	-5
Linolenico	18:3	-11
Araquídico	20:0	76
Gadoleico	20:1	23,5
Behenico	22:0	79,9

# Punto de fusión de triglicéridos

Cantidad de ácidos grasos insaturados en el triglicérido

Posición de los ácidos grasos insaturados en el TG

## Aceite de maní

1% S-S-S

10% S-I-S

1% S-S-I

1% I-S-I

42% S-I-I

43% I-I-I

## Grasas de cerdo

47% I-S-I

21% S-S-I

## Aceite de soja

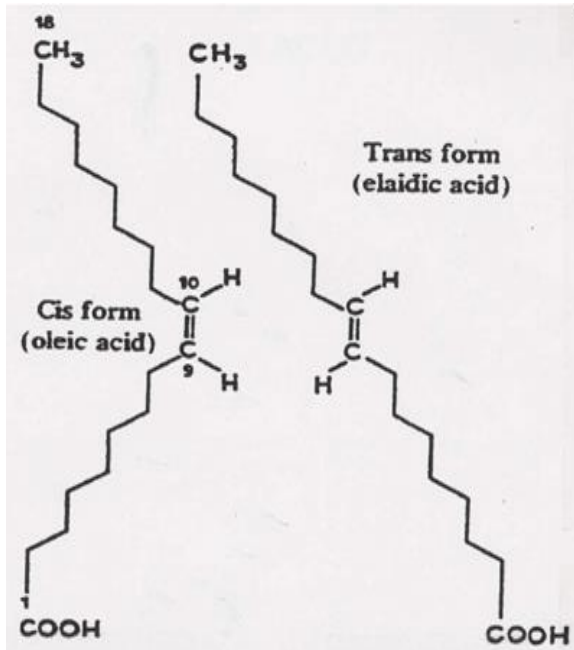
65% I-I-I

4% S-I-S

31% I-I-S

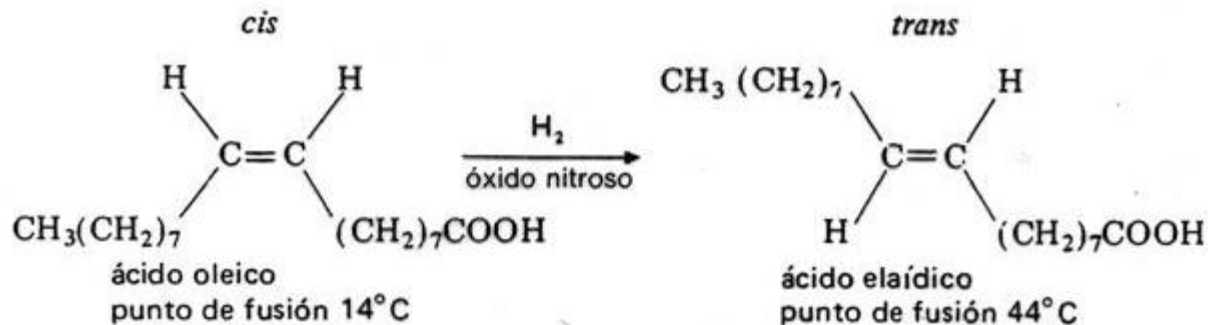
# Punto de fusión de triglicéridos

## Isómeros cis - trans



El efecto de la isomería cis-trans queda de manifiesto en los PF del ácido oleico (13 °C) y elaidico, su isómero trans, 46 °C.

El primero de ellos es líquido a temperatura ambiente y el segundo se presenta al estado sólido.



# Composición de ácidos grasos y punto de fusión de distintos aceites y grasas

Ácido Graso	Butírico	Capróico	Caprílico	Caprico	Laurico	Mirístico	Miristoleico	Pentadecanoico	Palmitico	Palmitoleico	Margarico	Margaroleico	Estearico	Oleico	Linoleico	Linolenico	Araquidónico	Gadoleico	Eicosadienoico	Behénico	Punto de fusión
	4:0	6:0	8:0	10:0	12:0	14:0	14:1	15:0	16:0	16:1	17:0	17:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	20:1	20:2	22:0	°C
Maíz						0,1			10,9	0,2	0,1		2	25,4	59,6	1,2	0,4			0,1	-20
Girasol						0,1			7	0,1	0,1		4,5	18,7	67,5	0,8	0,4	0,1		0,7	-17
Soja						0,1			10,6	0,1	0,1		4	23,2	53,7	7,6	0,3			0,3	-16
Oliva									9	0,6			2,7	80,3	6,3	0,7	0,4				0
Manteca	3,6	2,2	1,2	2,5	2,9	10,8	0,8	2,1	26,9	2	0,7		12,1	28,5	3,2	0,4		0,1			32
Cacao						0,1			26,3	0,4	0,3		33,8	34,4	3,1		1,3	0,1		0,2	22
Sebo					0,1	3,2	0,9	0,5	24,3	3,7	1,5	0,8	18,6	42,6	2,6	0,7	0,2	0,3			45

# Modificaciones de lípidos

- **Fraccionamiento**
- **Hidrogenación**
- **Interesterificación**
  - **Acidólisis**
  - **Alcohólisis**
  - **Transesterificación**

# Fraccionamiento

## Objetivos

- Separar distintas fracciones de triglicéridos según su punto de fusión
- Prevenir la turbidez de aceites almacenados a bajas temperaturas

## ¿Cómo se realiza?

- 1) Enfriamiento controlado.
- 2) Reposo para permitir el crecimiento de cristales.
- 3) Separación por filtración o centrifugación en frío.

# Hidrogenación

## Objetivos

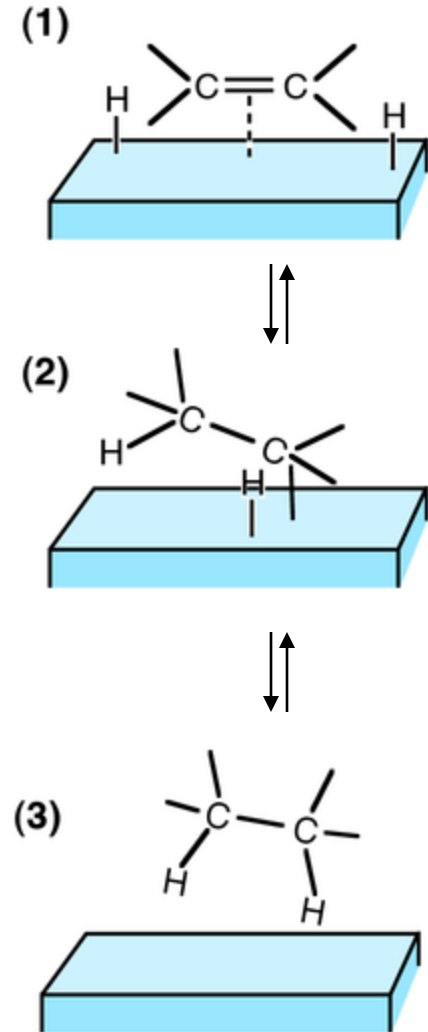
- Aumentar el punto de fusión
- Aumentar la estabilidad frente a la oxidación

## ¿Qué ocurre?

- Saturación de dobles enlaces
- Isomerización *cis* – *trans*
- Isomerización posicional

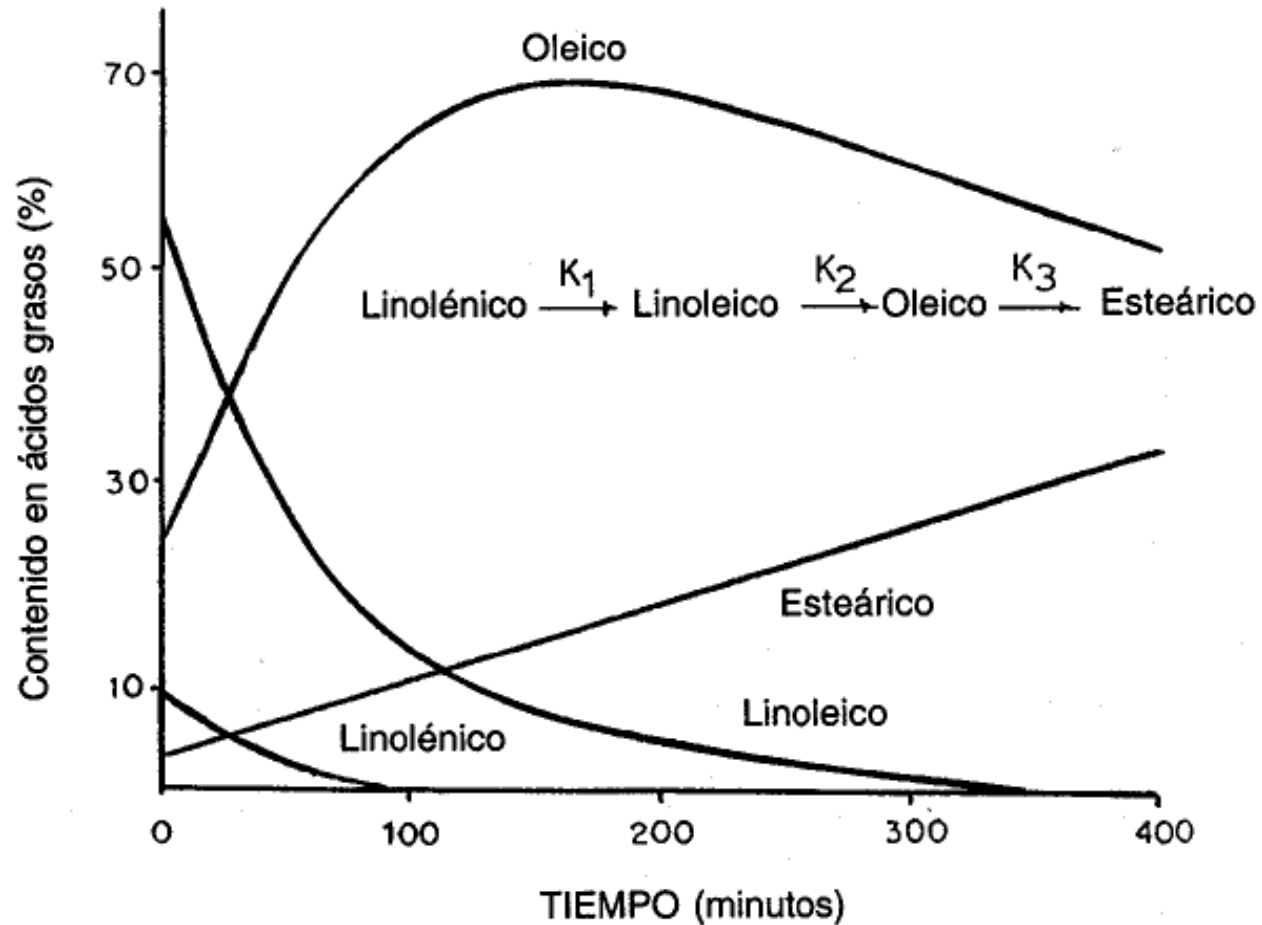
## ¿De que depende la formación de isómeros *trans*?

- Baja concentración de hidrógeno
- Poca agitación
- Alta temperatura
- Alta concentración de catalizador



# Hidrogenación

## Selectividad



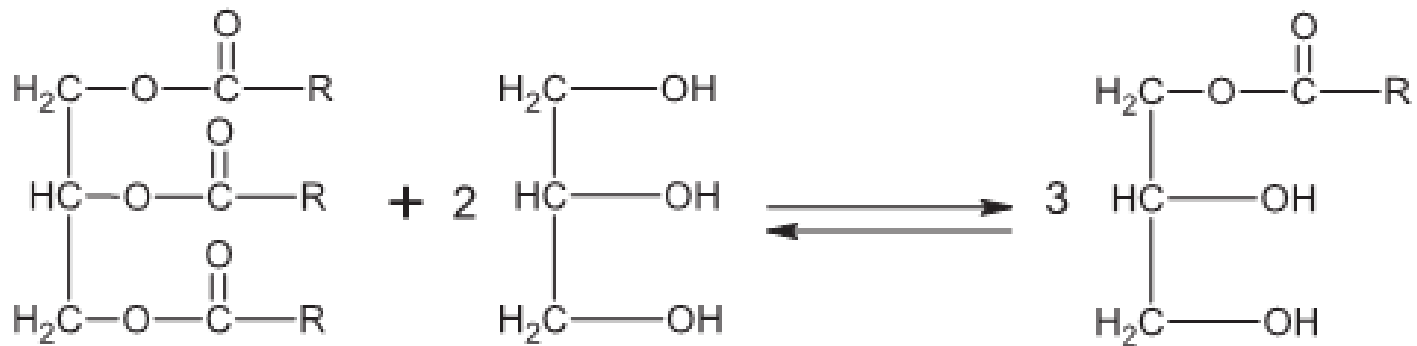


# Interesterificación

# Alcoholólisis

## Objetivo

- Producir mono- y diglicéridos

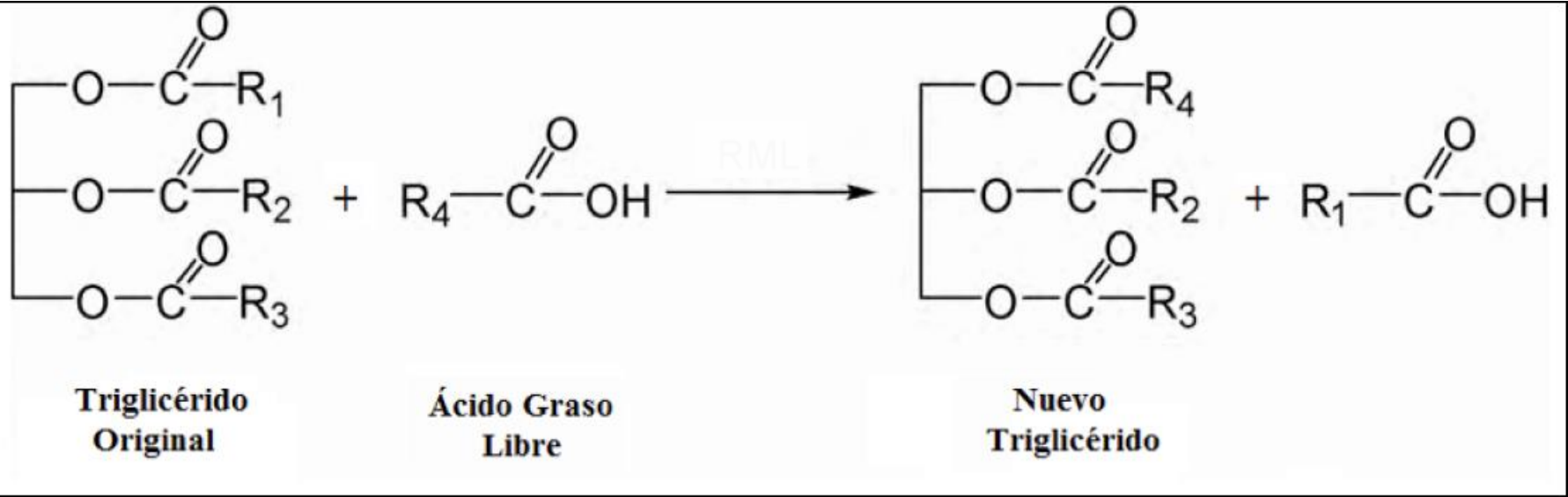


# Interesterificación

## Acidólisis

### Objetivo

- Cambiar el perfil de fusión de una grasa.
- Modificar la funcionalidad de una grasa

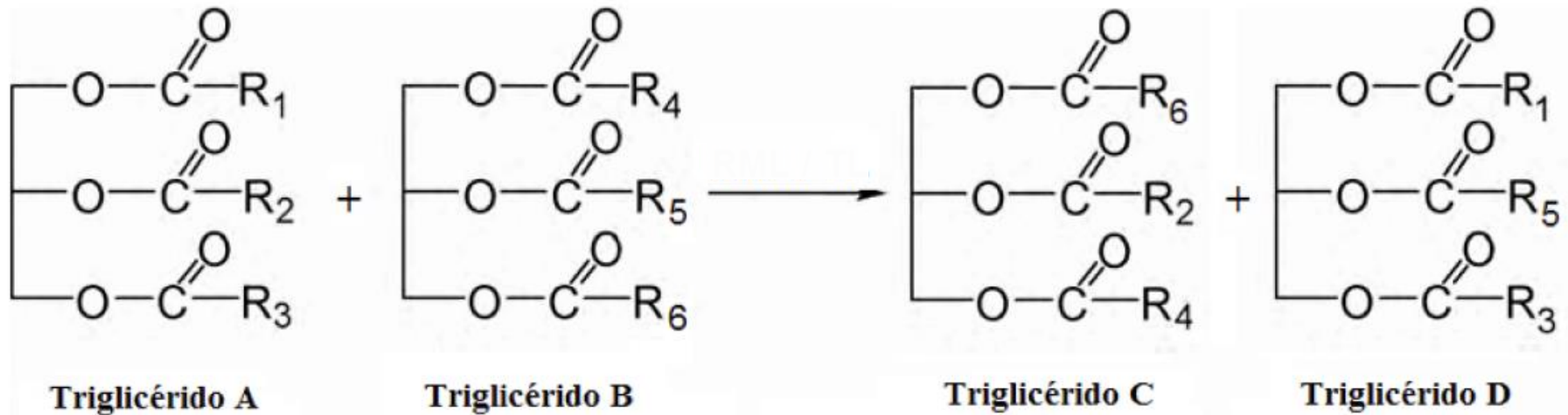


# Interesterificación

# Transesterificación

## Objetivo

- Cambiar el perfil de fusión de una grasa.
- Modificar la funcionalidad de una grasa

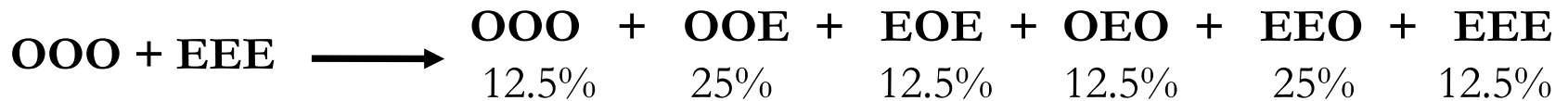


# Interesterificación

## Acidólisis y Transesterificación

*¿Cómo puede ocurrir?*

**Al azar:** Los triglicéridos se forman según la probabilidad de distribución.  
Ejemplo de transesterificación:

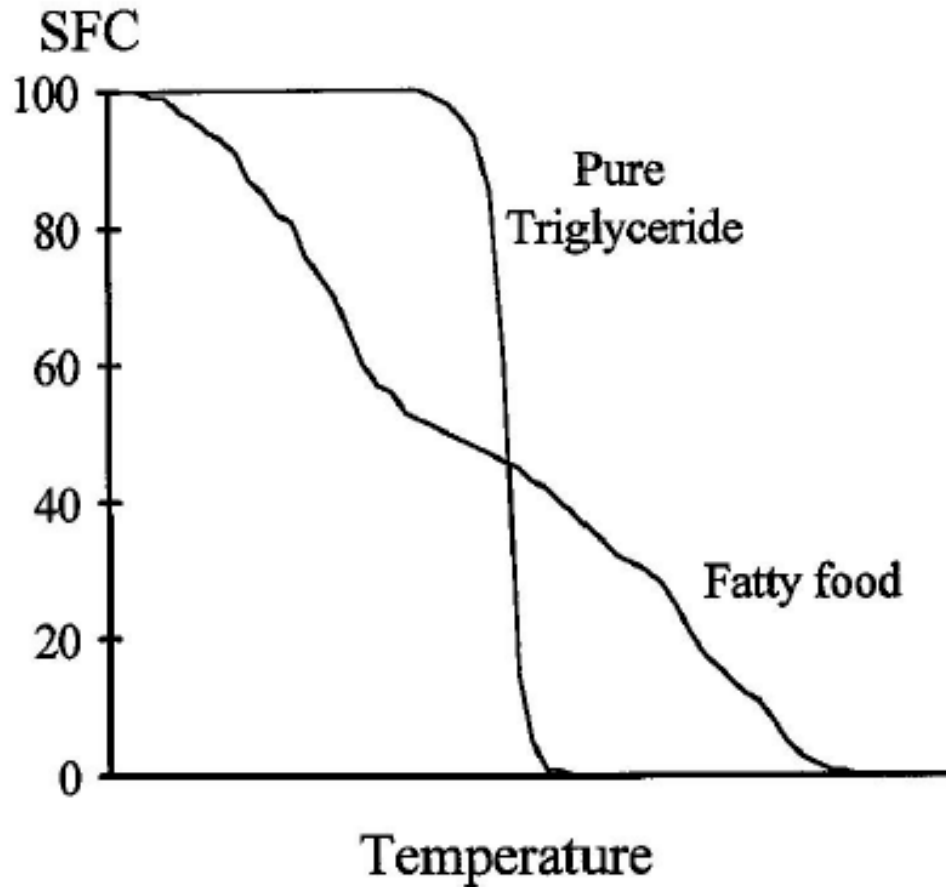


**Dirigida:** Se separa por enfriamiento los triglicéridos con mayor punto de fusión y de esta forma se desplaza el equilibrio.

**Enzimática:** Lipasas en condiciones anhidras (para evitar hidrólisis). Son muy específicas.

# Interesterificación

Acidólisis y  
Transesterificación



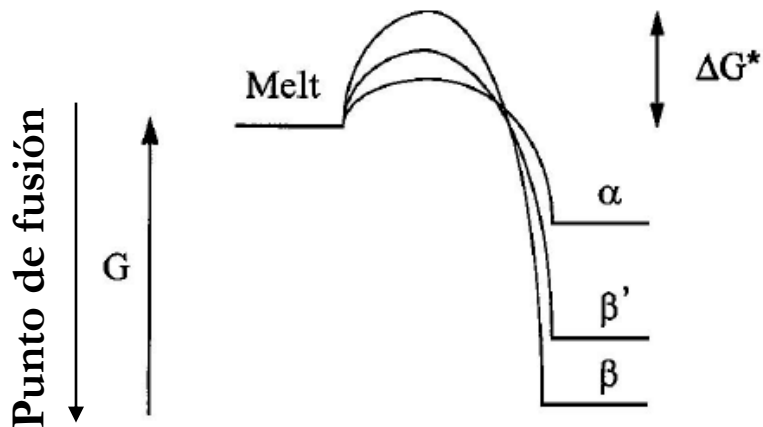
Comparación del perfil de fusión de un triglicérido puro y de una mezcla de triglicéridos

# Triglicéridos

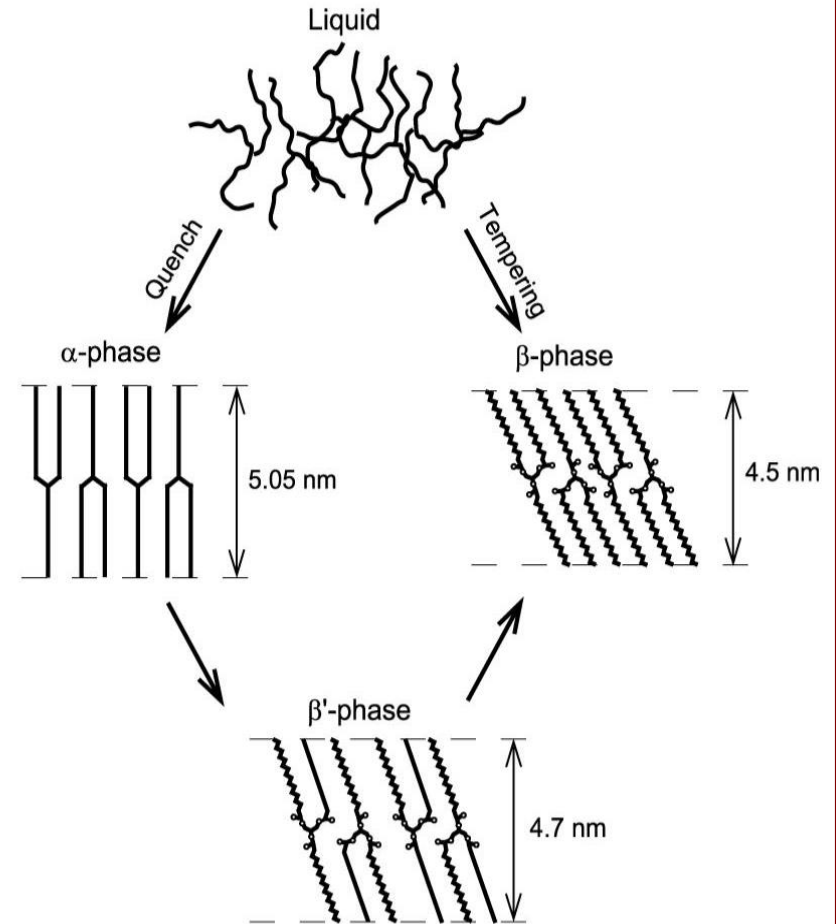
# Polimorfismo

## Formas polimórficas

- Igual composición química
- Distinto empaquetamiento
- Distinto punto de fusión



## Triestearina (EEE)



# Manteca de cacao

Triglicéridos {  
35% Ac. Esteárico  
35% Ac. Oleico  
25% Ac. Palmítico  
5% Otros

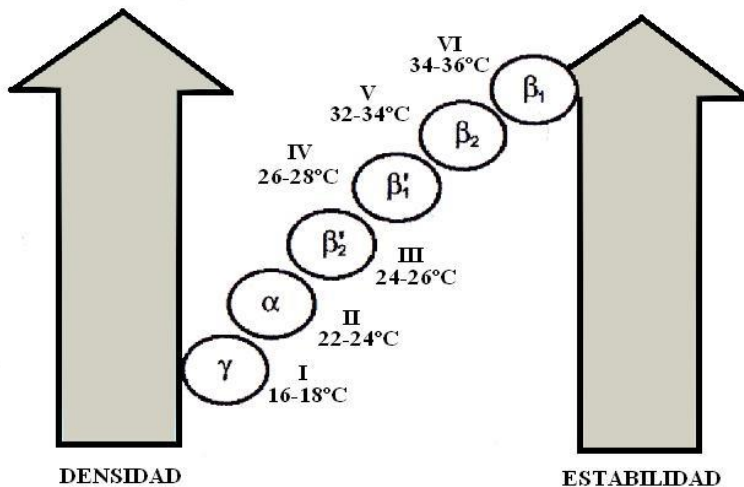
Formación de  
cristales



6 formas  
distintas



¡ Polimorfismo !



# Templado

Permite obtener la forma adecuada de los cristales mediante la fusión y enfriamiento del chocolate



## STRUCTURES OF CHOCOLATE



The molecules in cocoa butter can be stacked together in different ways - these are known as 'polymorphs'. Tempering chocolate is required to obtain only form V, the most desirable. This is achieved by allowing the chocolate to cool at room temperature, which leads to some of all the polymorphs except VI forming, then heating gently to just below the melting point of form V, so it is the major form remaining.

FORM & MELTING POINT	DESCRIPTION & PROPERTIES
<b>I</b> 17.3°C	<b>BOTH SOFT AND CRUMBLY WITH NOTICEABLE BLOOMING</b> Form I is produced by cooling melted chocolate rapidly (e.g. by putting it in the freezer).
<b>II</b> 23.3°C	Form II is produced by cooling melted chocolate at 2°C per minute. Form I crystals also gradually become Form II after a short time of freezing temperature storage.
<b>III</b> 25.5°C	<b>BOTH FIRM, BUT DON'T GIVE A GOOD 'SNAP', &amp; SHOW SOME BLOOMING</b> Form III is produced by cooling at 5-10°C. Form II becomes Form III after storage at low temperatures above freezing.
<b>IV</b> 27.3°C	Form IV is produced by allowing melted chocolate to cool at room temperature; Form III also becomes Form IV after storage at room temperature for some time.
<b>V</b> 33.8°C	<b>SHINY, SMOOTH TEXTURE, GOOD 'SNAP', AND MELTS IN THE MOUTH</b> Formed by tempering chocolate slowly at room temperature. Most desirable!
<b>VI</b> 36.3°C	<b>HARD AND MELTS SLOWLY IN THE MOUTH, SHOWS SOME BLOOMING</b> Can't be formed from melted chocolate - can only be formed after solid, tempered chocolate has rested for at least 4 months.

INCREASED STABILITY & DENSITY



# Chocolates y baño de repostería

**Chocolate:** Elaborado a partir de cacao y manteca de cacao. No puede contener ninguna grasa diferente a la manteca de cacao (contiene  $> 35\%$  de sólidos del cacao).

**Chocolate con leche:** Contiene grasa láctea y manteca de cacao (contiene entre 20 y 30% de sólidos del cacao).

**Chocolate blanco:** No contiene cacao, pero sí manteca de cacao (no contiene sólidos del cacao).

**Sustitutos de chocolate** (baños de repostería, productos “sabor chocolate”): Están elaborados con aceite vegetal hidrogenado en lugar de manteca de cacao. En estos casos el CAA prohíbe denominar a estos productos “chocolate”. En la legislación europea, sin embargo, se permite hasta un 5% de estas grasas vegetales hidrogenadas en el producto final.

## CHOCOLATE CON LECHE CON ALMENDRAS



Ingredientes: Chocolate con leche (azúcar, leche, chocolate, manteca de cacao, lactosa, grasa de leche. Emulsionantes: lecitina de soja, PGPR. Saborizante: vainillina.); almendras (tostadas en manteca de cacao y/o aceite de girasol).

## CHOCOLATE DIETÉTICO CON LECHE DESCREMADA DE BAJO VALOR GLUCIDICO



Ingredientes: Sorbitol, masa de cacao, manteca de cacao, leche descremada en polvo, lecitina de soja, edulcorante: aspartamo, aromatizante (vainillina).

## CHOCOLATE “ÁGUILA” SEMIAMARGO (TAZA)



Ingredientes: Azúcar, masa de cacao, manteca de cacao, emulsionantes: lecitina de soja, poliglicerol polirricinoleato, aromatizante artificial: vainillina. Cacao 45%

## BAÑO DE REPOSTERÍA SEMIAMARGO PARA LA ELABORACIÓN DE HUEVOS DE PASCUA, FIGURAS HUECAS ARTESANALES Y BOCADITOS



Ingredientes: Azúcar, aceite de palma hidrogenado, cacao en polvo, sal, emulsionante: lecitina de soja, aromatizantes artificiales: aroma a vainillina, aroma a chocolate, aroma a leche.

## Sustitutos de materia grasa

- Tienen que aportar una textura cremosa, habitualmente atribuible a la presencia de lípidos.
- Deben suministrar menos calorías metabolizables.

Se pueden clasificar en:

- Sustitutos de naturaleza glucídica
- Sustitutos de naturaleza proteica
- Sustitutos de naturaleza lipídica

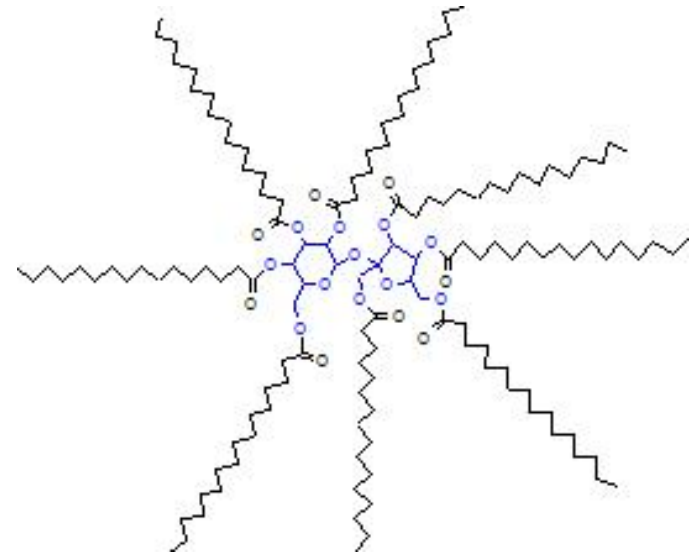
## Sustitutos de materia grasa

- ***Sustitutos de naturaleza glucídica:*** almidones modificados, dextrinas, polidextrosa, gomas, pectinas, derivados de celulosa. No se pueden usar para freír ni cocinar.
- ***Sustitutos de naturaleza proteica:*** son proteínas de leche o de clara de huevo “micronizadas”. Éste es un tratamiento que permite obtener partículas de diámetro menor a 3  $\mu\text{m}$ , de formas redondeadas; no son percibidas en la boca como partículas individuales, dando sensación de cremosidad, untuosidad. (por ejemplo: Simplese). No se pueden usar para freír ni cocinar

# Sustitutos de materia grasa

## *Sustitutos de naturaleza lipídica*

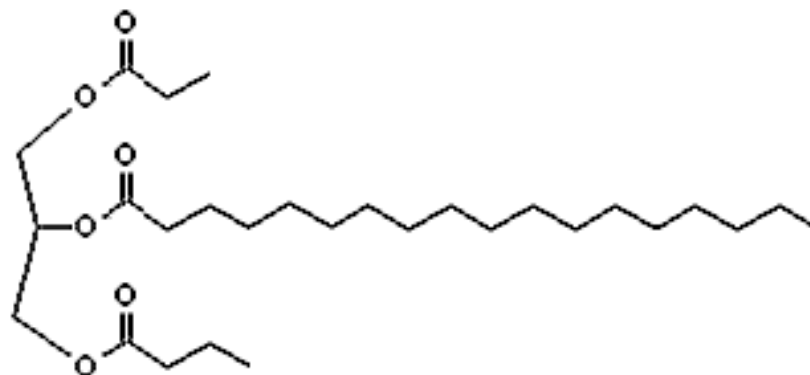
- Olestra: octa, hepta y hexa ésteres de ácidos grasos de cadena larga con sacarosa.
- Usos: en snacks saborizados salados o picantes, en reemplazo de grasas y aceites para freír u hornear
- No se absorbe, por lo tanto no aporta calorías, pero disminuye la absorción de vitaminas A, D, E y K.



# Sustitutos de materia grasa

## *Sustitutos de naturaleza lipídica*

- Salatrim (short and long-chain acyl tryglycerid molecule) es un triacilglicéridos de ácidos grasos de cadena corta (C2 a C4) y larga (C16 y C18). Se obtienen por interesterificación.
- Aporta 5 Kcal/g
- *Usos:* en productos de panadería y confitería destinados a personas que buscan alimentos de menor contenido lipídico. No se puede usar para freír.



# Fritura

## Cambios durante la cocción

- Desarrollo de color, aroma y sabor
- Pérdida de humedad
- Absorción de aceite
- Cambio de textura
- Deterioro del aceite

Temperatura óptima 180°C

Tipo de fritura

Superficie

Profundidad



## Rancidez hidrolítica o lipólisis

- Química
- Enzimática

## Rancidez oxidativa

- Química
- Enzimática



# Deterioro de lípidos

**Rancidez hidrolítica o lipólisis:** Hidrólisis de los enlaces ésteres de los triglicéridos

**Química:** se favorece a altas temperaturas (fritura)

**Enzimática:** catalizada por lipasas.

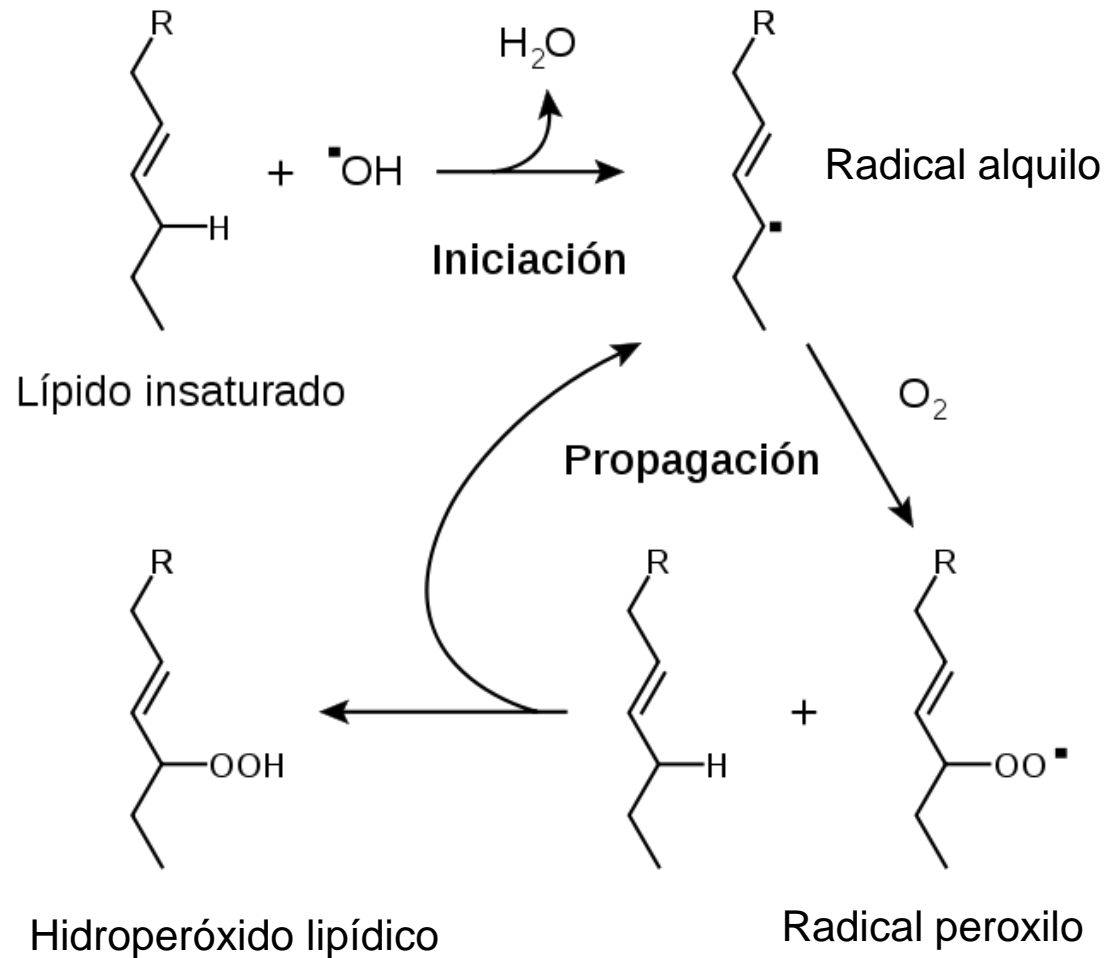
**Productos de reacción:** ácidos grasos libres, mono y diglicéridos y glicerol.

# Deterioro de lípidos

**Rancidez oxidativa química:** Oxidación por mecanismo de radicales libres

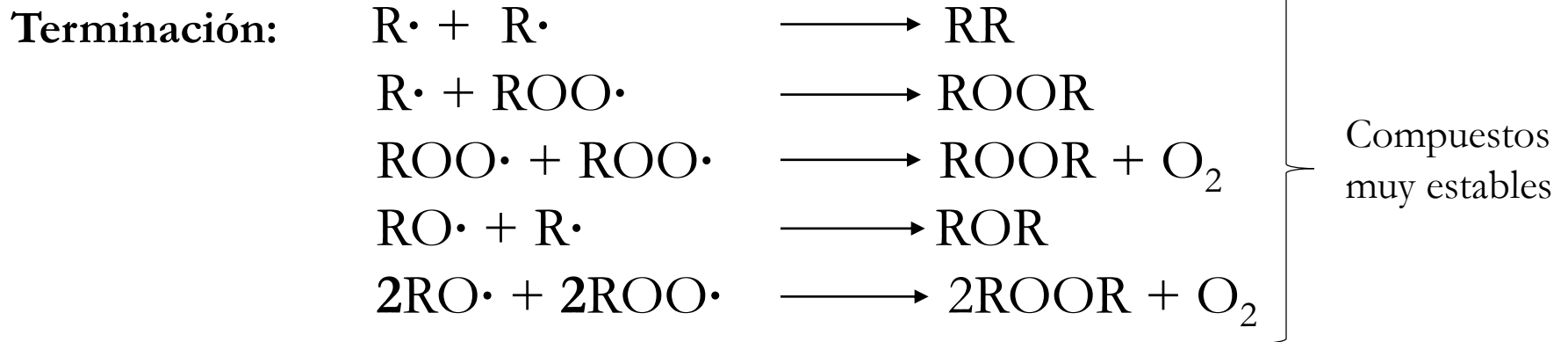
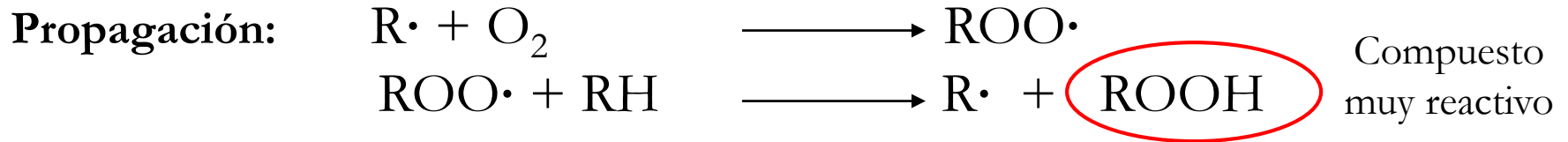
## Etapas

- **Inducción**
- **Propagación**
- **Terminación**



# Deterioro de lípidos

## Rancidez oxidativa química



$\text{R}\cdot$  : Radical alquilo

$\text{RO}\cdot$  : Radical alcoxilo

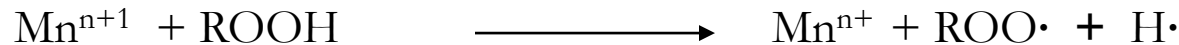
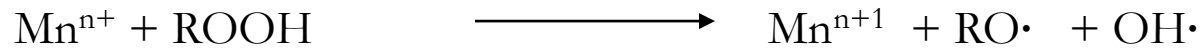
$\text{ROO}\cdot$  : Radical peroxilo

$\text{ROOH}$ : Hidroperóxido lipídico

# Deterioro de lípidos

## Rancidez oxidativa química

Los hidroperóxidos son sustancias muy reactivas que pueden formar radicales alcoxilo y peroxilo. Para que la reacción se lleve a cabo se requiere la presencia de metales de transición (prooxidantes).



Los radicales libres formados pueden reaccionar con otras moléculas y polimerizarse, aumentando la viscosidad. También pueden provocar la ruptura de la cadena alifática, reacción que se conoce como  $\beta$ -escisión.

## Rancidez oxidativa química

### Productos obtenidos por reacción de $\beta$ - escisión

Los radicales alquilo, peroxilo y alcoxilo pueden sufrir una serie de reacciones que forman compuestos como olefinas, alcoholes, ácidos carboxílicos, cetonas, aldehídos, epóxidos y productos cíclicos, contribuyendo al olor a rancio.

Los aldehídos además pueden intervenir en otras reacciones de deterioro de alimentos:

- Pueden reaccionar con grupos sulfhidrilo y amino de proteínas, alterando las propiedades funcionales de las mismas.
- Puede reaccionar con la histidina de la mioglobina de la carne, modificando el color de este pigmento.

# Deterioro de lípidos

## Rancidez oxidativa química

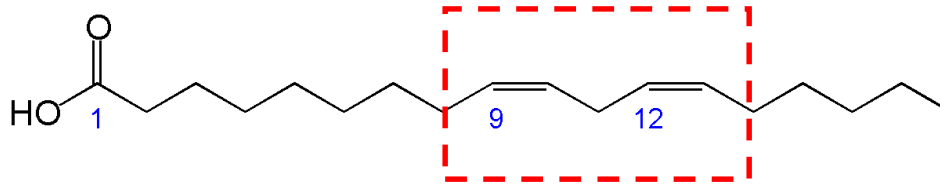
### Oxidación del colesterol

- Presenta un doble enlace entre los carbonos 5 y 6, siendo susceptible al ataque de radicales libres.
- Sufre reacciones de descomposición que originan alcoholes, cetonas y epóxidos. Estos productos son potencialmente citotóxicos y estarían relacionados con el desarrollo de arterioesclerosis.

# Deterioro de lípidos

## Rancidez oxidativa enzimática

- Las lipoxidasas peroxidan específicamente los ácidos grasos con sistemas pentadienos (1-*cis*, 4-*cis*), como el ácido linolénico, el linoleico y el araquidónico.



- Una vez formados los hidroperóxidos, continúan las mismas reacciones que en la rancidez oxidativa química.
- También pueden oxidarse otros lípidos insaturados como vitaminas liposolubles y carotenos.

## Deterioro de lípidos



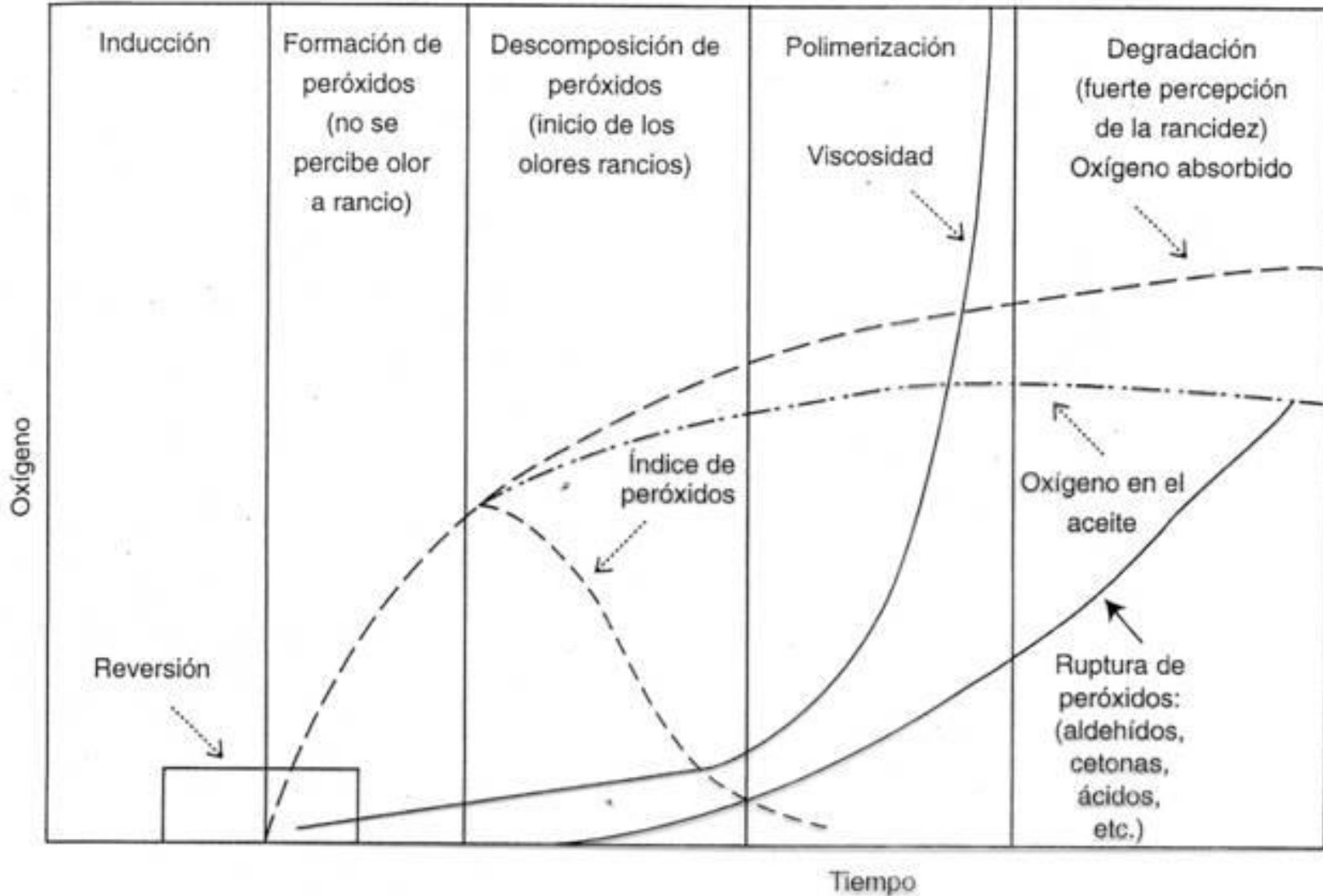
## Factores que influyen en la oxidación de lípidos

Promotores	Inhibidores
Metales: Cu, Fe, etc	Secuestradores
Peróxidos de grasas oxidadas	Antioxidantes
Lipoxidasas	Escaldado
Presión de oxígeno	Gas inerte o vacío
Luz UV, azul	Envase opaco
Poliinsaturación	Hidrogenación de ácidos insaturados

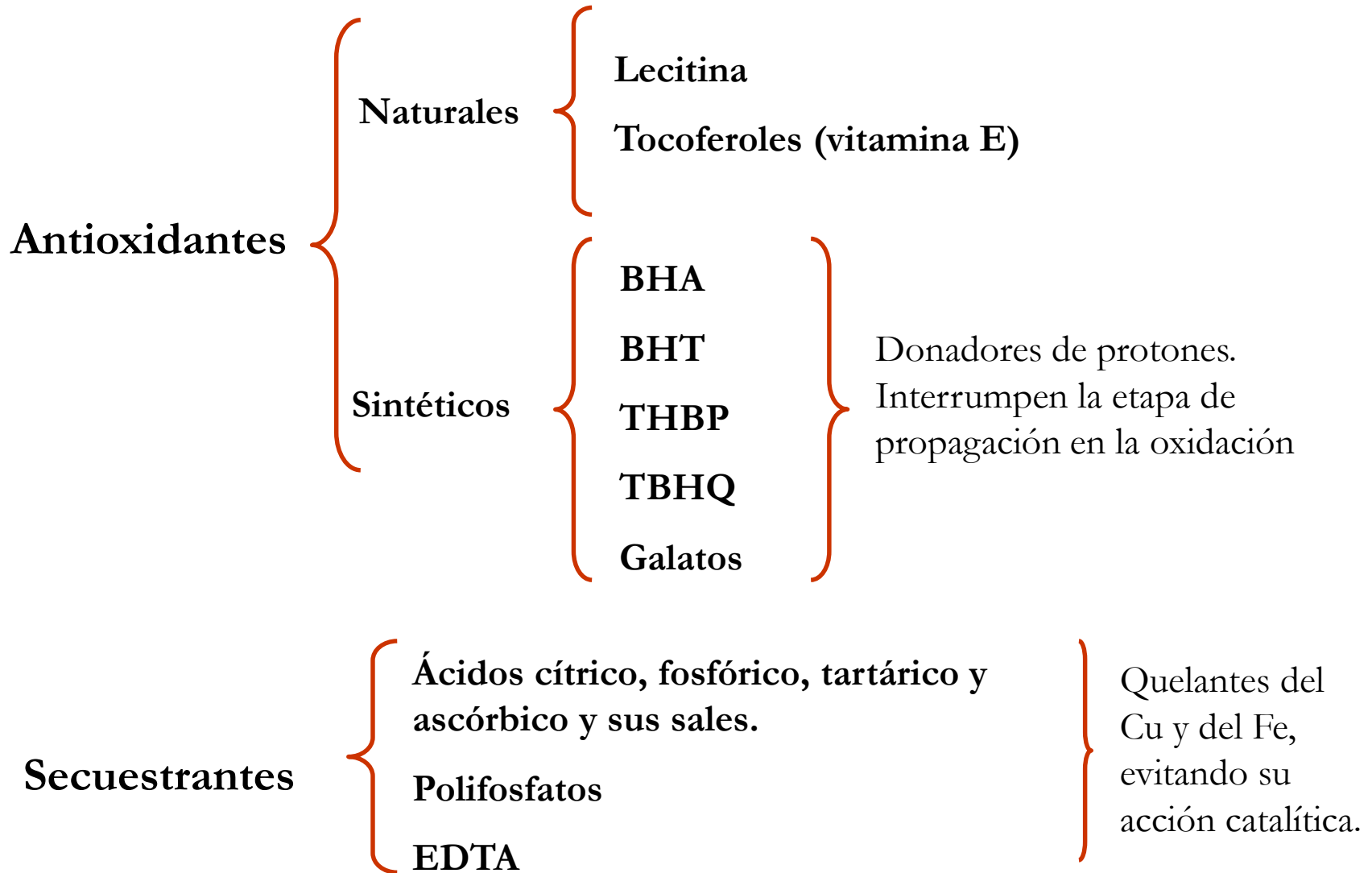


# Deterioro de lípidos

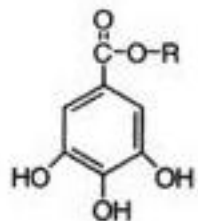
## Desarrollo de la oxidación de aceites



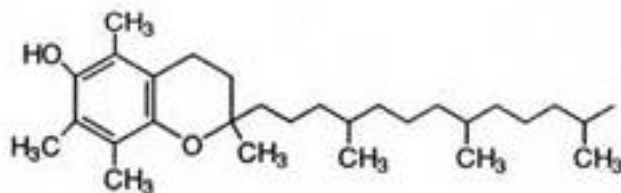
# Antioxidantes y secuestrantes



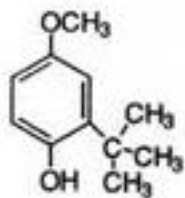
# Antioxidantes



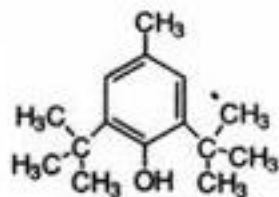
Galatos de alquilo  
R= propilo, octilo  
y dodecilo



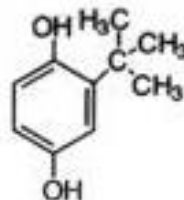
$\alpha$ -Tocoferol  
(natural)



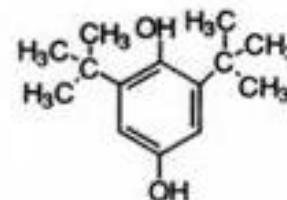
Butilhidroxianisol  
B.H.A.



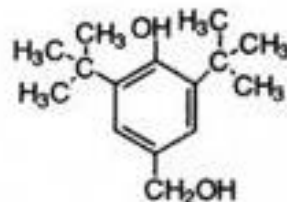
2,6-Diterbutilhidroxitolueno



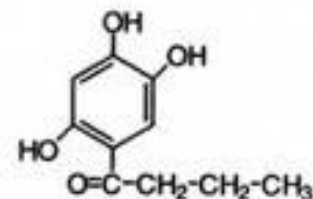
Terbutil-hidroquinona  
B.H.Q.



2,6-Diterbutil-hidroquinona  
D.B.H.Q.



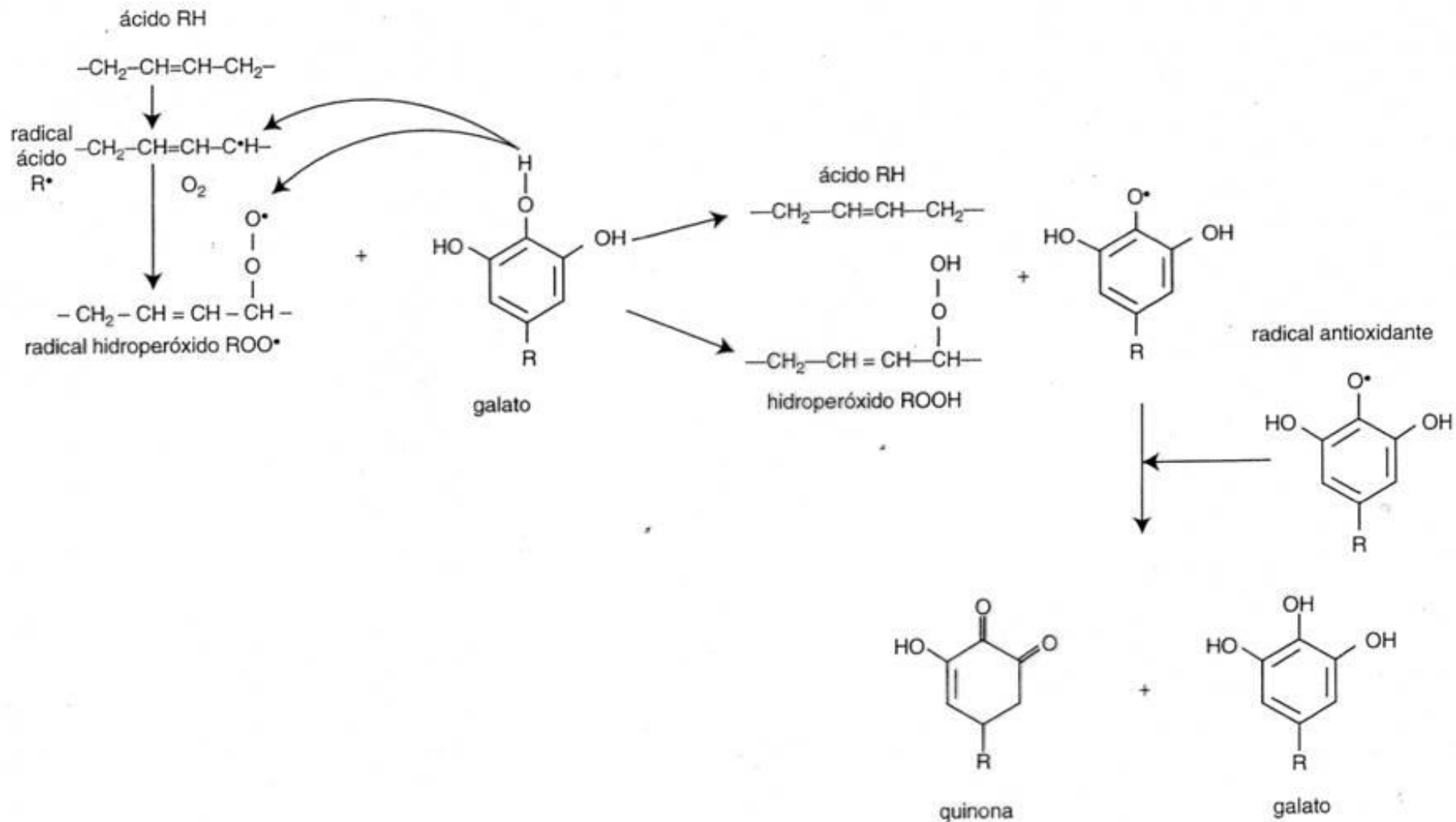
2,6-Diterbutil-4-hidroximetil-  
fenol  
D.B.H.Q.



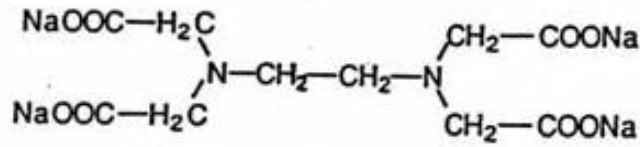
2,4,5-Trihidroxi-butiropfenona  
T.H.B.P.

# Antioxidantes

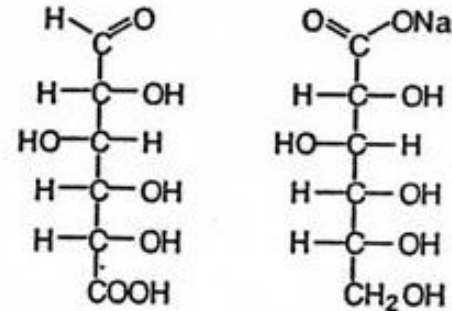
## Mecanismo de acción del galato



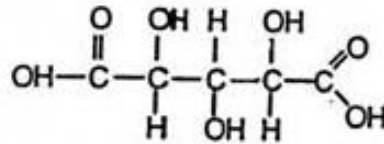
# Secuestrantes



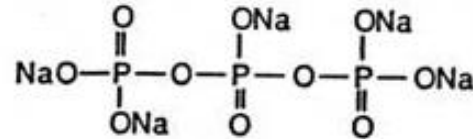
Etilen-diamino-tetra-acético (EDTA), Sal sódica



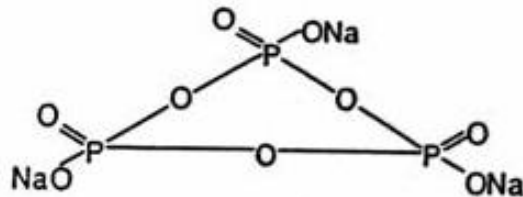
Ácido glucurónico    Gluconato sódico



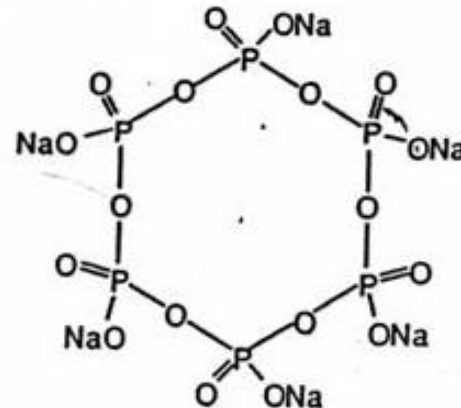
Ácido trioxiglutárico (TOG)



Tripolifosfato



Trimetafosfato



Hexametafosfato