TEMA 12: DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE LÍPIDOS DE LA DIETA. METABOLISMO DE LOS TRIGLICÉRIDOS.

⇒ **Antes de entrar en profundidad en el tema analicemos a grandes rasgos el sistema digestivo**

1. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DIGESTIVO

El sistema digestivo es una serie de órganos que trabajan juntos para descomponer los alimentos en moléculas más pequeñas que el cuerpo puede absorber y usar como energía, materiales de construcción o almacenamiento. Incluye el tracto gastrointestinal (una larga "tubería" que va desde la boca hasta el ano) y órganos accesorios como el hígado, el páncreas y la vesícula biliar.



2. ETAPAS DEL PROCESO DIGESTIVO

El proceso tiene varias fases: ingestión, digestión (mecánica y química), absorción y eliminación. Vamos a desglosarlo.

Paso 1: La boca - Ingestión y digestión inicial

- **Función**: Todo comienza cuando se introduce comida en la boca. Aquí ocurre la **digestión mecánica** (masticar con los dientes) y la **digestión química** inicial.
- **Detalles**:
  - Los dientes trituran los alimentos en trozos más pequeños, aumentando la superficie para las enzimas.
  - Las glándulas salivales (parótidas, submandibulares y sublinguales) producen saliva, que contiene la enzima **amilasa salival** (o ptialina). Esta enzima empieza a descomponer los carbohidratos complejos (como el almidón) en azúcares más simples (como la maltosa).
  - La lengua mezcla la comida con la saliva y forma un bolo alimenticio, que luego es empujado hacia la faringe al tragar.
- **Dato curioso**: La saliva también tiene funciones lubricantes y antimicrobianas gracias a la lisozima.

Paso 2: Faringe y esófago - Transporte

- **Faringe**: Es un conducto compartido entre el sistema digestivo y respiratorio. Cuando tragas, la epiglotis (una pequeña "tapa" de cartílago) se cierra sobre la tráquea para evitar que la comida entre en las vías respiratorias.
- **Esófago**: Este tubo muscular transporta el bolo alimenticio al estómago mediante movimientos rítmicos llamados **peristaltismo**.
  - El peristaltismo es una serie de contracciones musculares coordinadas que empujan el alimento hacia abajo.
  - En la unión entre el esófago y el estómago hay un esfínter (el **esfínter esofágico inferior**) que se abre para dejar pasar el bolo y se cierra para evitar el reflujo ácido.

Paso 3: Estómago - Digestión mecánica y química intensa

- **Función**: El estómago actúa como un "procesador" que mezcla, tritura y descompone químicamente los alimentos.

- **Detalles**:
  - **Digestión mecánica**: Las paredes musculares del estómago se contraen (movimientos de batido) para mezclar los alimentos con los jugos gástricos, formando una pasta llamada **quimo**.
  - **Digestión química**: Las células de la mucosa gástrica secretan:
    - **Ácido clorhídrico (HCl)**: Mata bacterias y activa la enzima pepsina.
    - **Pepsina**: Descompone proteínas en fragmentos más pequeños (péptidos).
    - **Lipasa gástrica**: Inicia la digestión de grasas, aunque su acción es limitada aquí.
  - El estómago tiene un revestimiento de moco que lo protege de autodigerirse.
- **Tiempo**: Los alimentos pueden permanecer de 2 a 6 horas, dependiendo de su composición (las grasas tardan más en procesarse).
- El quimo pasa al intestino delgado a través del **esfínter pilórico**, que regula el flujo.

Paso 4: Intestino delgado - Digestión completa y absorción

- **Estructura**: Es un tubo largo (unos 6 metros) dividido en tres partes: duodeno, yeyuno e íleon.
- **Función**: Aquí ocurre la mayor parte de la digestión química y la absorción de nutrientes.
- **Detalles**:
  - **Duodeno**: Recibe secreciones de órganos accesorios:
    - **Páncreas**: Libera jugo pancreático con enzimas como:
      - **Amilasa pancreática**: Termina de descomponer carbohidratos en azúcares simples.
      - **Tripsina y quimotripsina**: Descomponen péptidos en aminoácidos.
      - **Lipasa pancreática**: Divide las grasas en ácidos grasos y glicerol.
      - **Bicarbonato**: Neutraliza el ácido del quimo.
    - **Hígado y vesícula biliar**: El hígado produce **bilis**, que se almacena en la vesícula biliar y se libera al duodeno. La bilis emulsifica las grasas (las divide en gotitas pequeñas) para que las enzimas puedan actuar mejor.
  - **Yeyuno e íleon**: Las paredes internas tienen vellosidades y microvellosidades (pliegues diminutos) que aumentan enormemente la superficie de absorción. Aquí, los nutrientes (azúcares, aminoácidos, ácidos grasos, vitaminas y minerales) pasan a la sangre o al sistema linfático.
- **Tiempo**: El proceso en el intestino delgado dura de 3 a 6 horas.

Paso 5: Intestino grueso - Absorción de agua y formación de heces

- **Estructura**: Incluye el ciego, colon (ascendente, transverso, descendente y sigmoide) y recto.
- **Función**: Convierte el material no digerido (quimo líquido) en heces sólidas y elimina desechos.
- **Detalles**:
  - Absorbe agua, electrolitos (como sodio y potasio) y algunas vitaminas producidas por bacterias intestinales (como la vitamina K y B12).
  - Las bacterias del colon fermentan fibras y residuos, produciendo gases y ácidos grasos de cadena corta que el cuerpo puede usar como energía.
  - El material restante se compacta en heces, que se almacenan en el recto.
- **Tiempo**: Puede tomar de 12 a 48 horas.

Paso 6: Recto y ano - Eliminación

- Las heces se acumulan en el recto hasta que la presión estimula el reflejo de defecación.
- Dos esfínteres (interno, involuntario; externo, voluntario) controlan la salida de las heces a través del ano.

3. ÓRGANOS ACCESORIOS Y SU PAPEL

Los órganos accesorios son órganos que participan en la digestión, pero no forman parte del tracto digestivo. Su función es secretar enzimas que ayudan a descomponer los alimentos. Alguno de ellos es:

- **Hígado**: Además de producir bilis, procesa nutrientes absorbidos, desintoxica sustancias y almacena glucógeno.
- **Páncreas**: Tiene una función exocrina (enzimas digestivas) y endocrina (regula el azúcar en sangre con insulina y glucagón).
- **Vesícula biliar**: Almacena y concentra la bilis hasta que se necesita.

4. RESUMEN DEL VIAJE

1. **Boca**: Masticar y amilasa salival (carbohidratos).
2. **Esófago**: Transporte por peristaltismo.
3. **Estómago**: Ácido y pepsina (proteínas).
4. **Intestino delgado**: Enzimas y bilis (todos los nutrientes absorbidos).
5. **Intestino grueso**: Absorción de agua y formación de heces.
6. **Ano**: Eliminación.

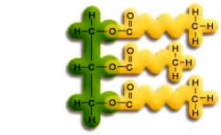
5. DATOS INTERESANTES

- El sistema digestivo mide unos 9 metros de largo en total.
- Hay más bacterias en tu intestino (microbiota) que células en tu cuerpo, y estas juegan un papel clave en la salud.
- La digestión completa de una comida puede tomar de 24 a 72 horas, dependiendo de factores como el tipo de alimento y el metabolismo.

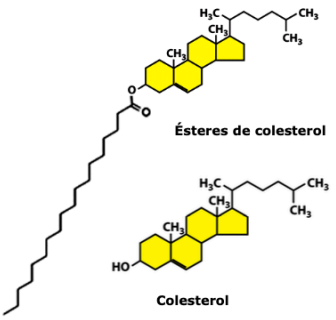
🔷 Introducción: ¿Qué tipos de lípidos ingerimos?

Cada día, a través de la dieta, el tubo digestivo recibe:

Tipo de lípido	Cantidad aproximada diaria
Triglicéridos	50 a 100 gramos
Fosfolípidos	4 a 8 gramos
Colesterol (y ésteres)	0,3 a 0,7 gramos







¿Qué son cada uno de ellos?

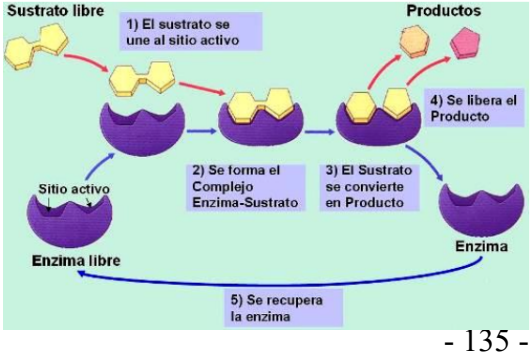
• **Triglicéridos:** Son las grasas más comunes en los alimentos. Están formados por una molécula de glicerol unida a tres ácidos grasos.

• **Fosfolípidos:** Son componentes esenciales de las membranas celulares. Tienen una parte que se lleva bien con el agua (hidrofílica) y otra que no (hidrofóbica).

• **Colesterol y ésteres de colesterol:** El colesterol es necesario para muchas funciones en el cuerpo, como la síntesis de hormonas, pero debe estar bien regulado.

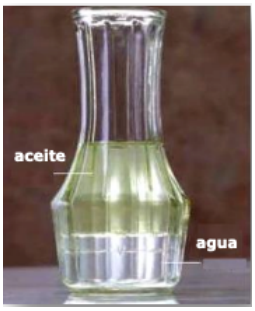
🔷 Enzimas: ¿Cómo se digieren los lípidos?

Las reacciones químicas que descomponen los alimentos son muy lentas si no hay ayuda. Aquí entran en juego las **enzimas**, que son proteínas que aceleran estas reacciones.



• En este caso, hablamos de **enzimas digestivas** específicas para lípidos, que se secretan al tubo digestivo.

• Estas enzimas actúan como tijeras químicas que rompen los enlaces de los lípidos para que puedan ser absorbidos.



🔹 **Problema físico-químico: el agua y la grasa no se mezclan**

Aquí hay un punto clave:

• Las **grasas son insolubles en agua** (como el aceite).

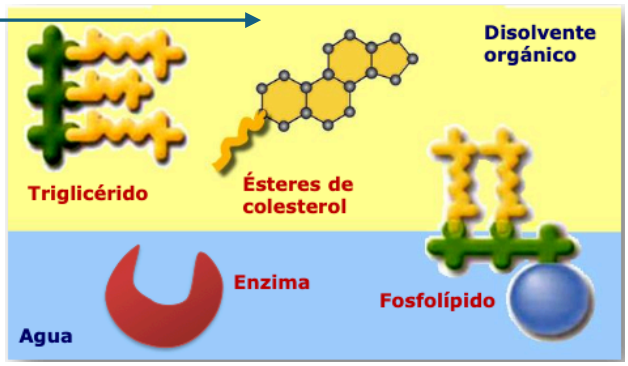
• Las **enzimas digestivas sí son solubles en agua**, es decir, trabajan en ambientes acuosos.

Esto significa que las enzimas y las grasas tienden a estar en lugares separados, lo que complica el proceso digestivo. Para solucionarlo, el cuerpo tiene un mecanismo que permite que se mezclen temporalmente: **la emulsión de grasas**.

🔹 Esta ilustración nos representa **dos mundos separados**:

• **Parte superior (amarilla):** Es el entorno donde se disuelven los lípidos (las grasas).

• **Parte inferior (azul):** Es el medio acuoso donde están disueltas las enzimas digestivas.



Esto nos ayuda a entender por qué la digestión de las grasas presenta un problema inicial: **los lípidos y el agua no se mezclan fácilmente**, como hemos visto que ocurre con el aceite y el agua.

🔹 **¿Qué sustancias hay en la parte amarilla (disolvente orgánico)?**

Ahí se encuentran los principales **lípidos de la dieta**:

Lípido	Descripción breve
Triglicérido	Tres ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol. Es la grasa más abundante en los alimentos.
Ésteres de colesterol	Formas en que el colesterol se transporta o almacena, unidos a ácidos grasos.
Fosfolípido	Moléculas con una parte que se mezcla con grasa y otra con agua. Forman parte de las membranas celulares.

Todos ellos son **liposolubles**, es decir, solo se disuelven en medios grasos, no en agua.

🔹 **¿Y qué hay en la parte azul (agua)?**

Ahí está el **medio acuoso del tubo digestivo**, donde trabajan las **enzimas digestivas**, que son solubles en agua. En la imagen, se representa una enzima como una figura roja en forma de "C".

Estas enzimas, como las lipasas, necesitan tener acceso físico a los lípidos para poder romperlos, pero **están separadas** de ellos por esta incompatibilidad entre agua y grasa.

Por todo esto:

🔹 **¿Cuál es el reto fisiológico?**

El cuerpo tiene que **hacer posible el encuentro entre las grasas y las enzimas**. Lo logra gracias a las **sales biliares**, que actúan como un "puente" entre ambos mundos. Estas moléculas:

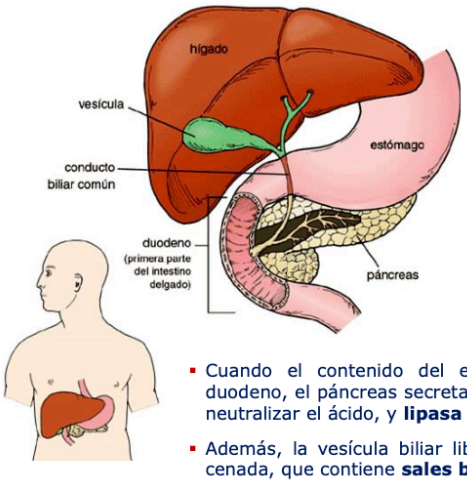
• Rodean las gotas de grasa

• Las dispersan en el agua en forma de micelas

• Permiten así que las enzimas (solubles en agua) se acerquen y actúen

🔷 Resumen en palabras sencillas

Aunque los lípidos no se mezclan con el agua, nuestro cuerpo es capaz de **emulsionarlos** (mezclarlos bien) gracias a las **sales biliares**, permitiendo que las **enzimas digestivas** puedan hacer su trabajo. Esto es esencial para que podamos **digerir y absorber las grasas** que comemos.

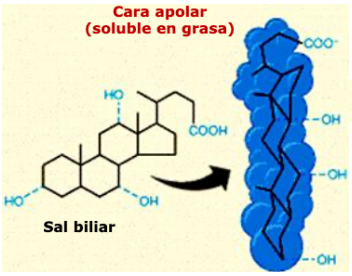


- Cuando el contenido del estómago pasa al duodeno, el páncreas secreta bicarbonato, para neutralizar el ácido, y **lipasa pancreática.**
- Además, la vesícula biliar libera la bilis almacenada, que contiene **sales biliares**.

🔷 Solución del cuerpo: emulsión con sales biliares

• Las **sales biliares** se fabrican en el hígado a partir de colesterol y se almacenan en la **vesícula biliar**.

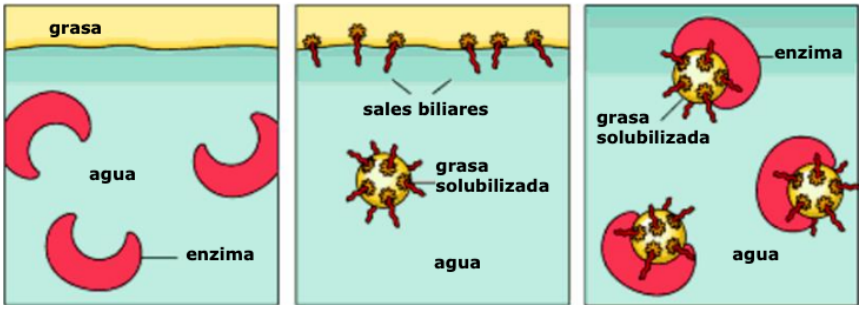
• Estas moléculas tienen una estructura especial: una parte que se lleva bien con el agua (cara polar) y otra con la grasa (cara apolar).



Esto las hace **anfipáticas**, lo cual es esencial para su función de:

• **Emulsionar** la grasa, es decir, romperla en gotitas pequeñitas para que se mezcle bien con el agua y las enzimas puedan actuar.

🔷 Proceso digestivo en acción: del estómago al intestino



1. **En el estómago:**

• La grasa y el agua no se mezclan, por lo que los enzimas no pueden actuar eficazmente sobre los lípidos.

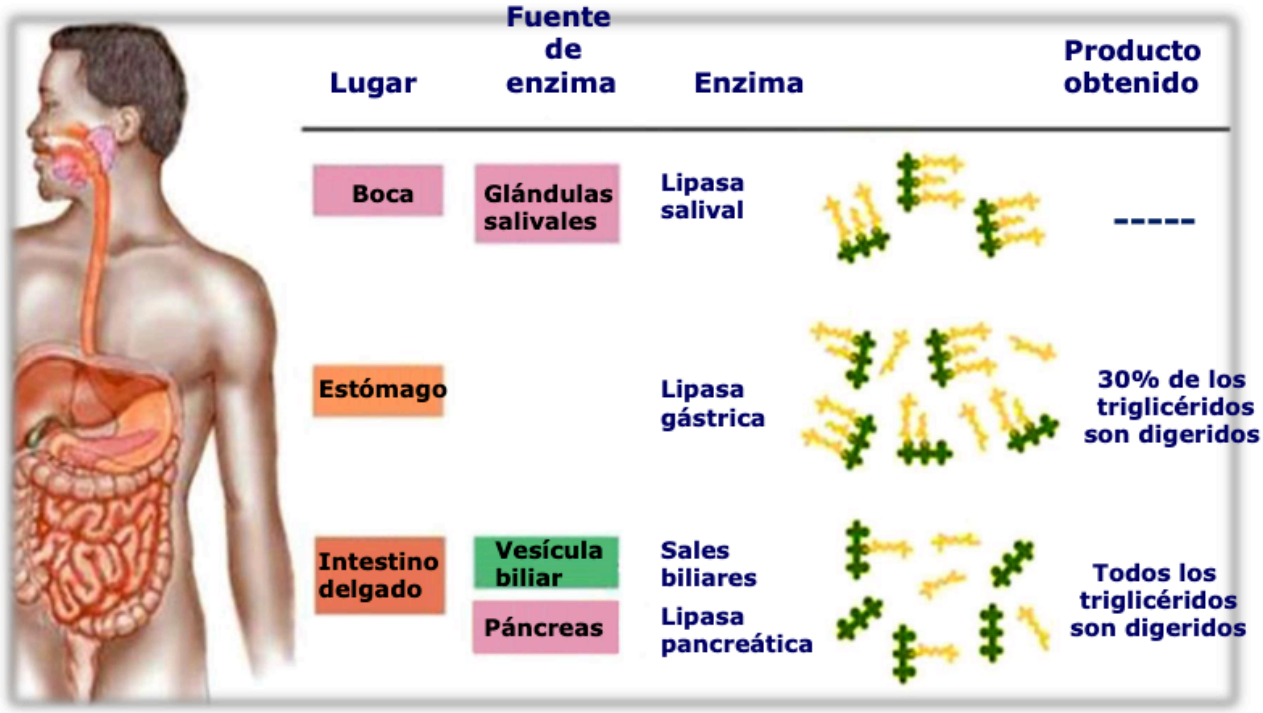
2. **Al llegar al intestino delgado:**

• La vesícula biliar libera la **bilis**, que contiene las sales biliares.

• Estas sales emulsionan la grasa, dividiéndola en gotitas muy pequeñas llamadas **micelas**.

• Una vez que la grasa está "solubilizada", los **enzimas digestivos** pueden hacer su trabajo.

⇒ RECORRIDO DE LA DIGESTIÓN DE LÍPIDOS A LO LARGO DEL APARATO DIGESTIVO.



🔹 1. Boca

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN BREVE
Fuente de enzima	Glándulas salivales
Enzima	Lipasa salival
Producto obtenido	Ninguno relevante

• Aunque en la boca ya empieza a secretarse **lipasa salival**, su efecto es **muy limitado** porque el ambiente no es el más adecuado (pH, tiempo de contacto, etc.).

• Por eso se indica que **no se obtienen productos significativos** de la digestión de grasas en este punto.

🔹 2. Estómago

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN BREVE
Fuente de enzima	Estómago
Enzima	Lipasa gástrica
Producto obtenido	30% de los triglicéridos digeridos

• La **lipasa gástrica** tiene un poco más de acción que la salival.

• Es capaz de actuar sobre los triglicéridos, pero **solo rompe una parte**: aproximadamente **el 30%** de ellos.

• Aun así, gran parte de la grasa sigue sin digerirse al salir del estómago.

🔹 3. Intestino delgado

Aquí es donde realmente **ocurre la mayor parte de la digestión de las grasas**.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN BREVE
Fuente de enzimas	Vesícula biliar y páncreas
Enzimas implicadas	Sales biliares (no es una enzima, pero es fundamental) y lipasa pancreática
Producto obtenido	Todos los triglicéridos son digeridos

• La **vesícula biliar** libera **sales biliares**, que **emulsionan** las grasas (las dividen en micelas).
• El **páncreas** secreta la **lipasa pancreática**, una enzima muy eficaz que puede actuar gracias a esa emulsión.
• El resultado es que **todos los triglicéridos** son finalmente digeridos en esta fase, y se convierten en ácidos grasos y monoacilglicéridos listos para ser absorbidos.

🔹 Conclusión general

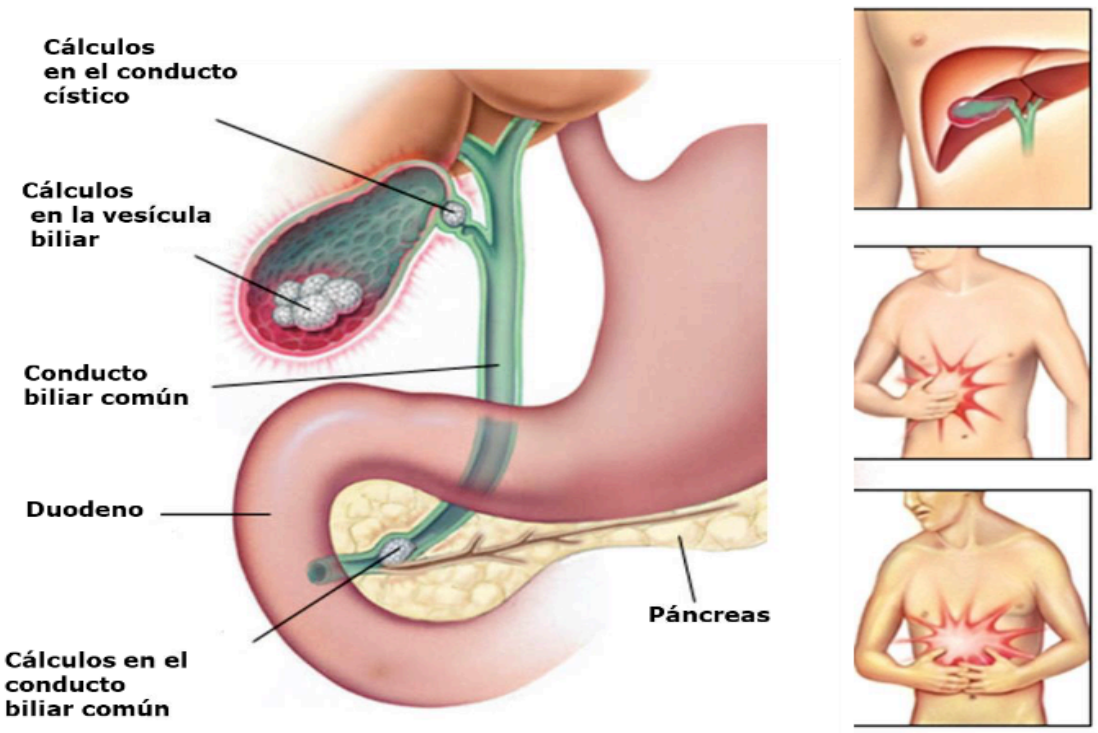
La digestión de lípidos se realiza en **varios pasos progresivos**:
• **Boca y estómago:** comienza tímidamente.
• **Intestino delgado:** se completa gracias a la acción combinada de sales biliares y enzimas pancreáticas.
Este paso final es el **crítico** para que podamos **absorber las grasas** de la dieta y usarlas como energía o para construir estructuras celulares.

🔹 ¿QUÉ ES UN CÓLICO BILIAR?

Es un **dolor intenso y repentino**, provocado por la **obstrucción de las vías biliares**, normalmente por **cálculos (piedras)** formados en la **vesícula biliar**. Estos cálculos impiden el paso normal de la bilis hacia el intestino.

🔹 ¿Qué partes muestra la imagen?

PARTE SEÑALADA	FUNCIÓN
Vesícula biliar	Almacena la bilis que se usa para emulsionar grasas.
Conducto cístico	Conduce la bilis desde la vesícula hacia el conducto biliar común.
Conducto biliar común	Canal que lleva la bilis hasta el **duodeno** (la primera parte del intestino delgado).
Páncreas	Libera enzimas digestivas como la **lipasa pancreática** al duodeno.
Duodeno	Lugar donde actúan las sales biliares y las enzimas para digerir los lípidos.



🔹 ¿Dónde se pueden formar los cálculos?

Los **cálculos biliares** son pequeñas piedras, a menudo formadas por colesterol cristalizado, que pueden alojarse en:

- La **vesícula biliar**
- El **conducto cístico**
- El **conducto biliar común**

🔹 ¿Qué consecuencias tiene esto?

Si se **bloquea el paso de la bilis**, ocurren varios problemas:

1. **No se pueden emulsionar las grasas**, por lo que la digestión de lípidos queda muy reducida.
2. La **lipasa pancreática no puede actuar con eficacia**, aunque llegue al intestino.
3. El bloqueo puede causar **dolor abdominal muy fuerte**, generalmente en el lado derecho o centro del abdomen, como indican las figuras laterales.
4. Si la obstrucción persiste, puede haber complicaciones como:

- **Ictericia** (color amarillo en la piel y ojos)
- **Pancreatitis** (inflamación del páncreas)
- Infecciones en la vesícula (colecistitis)

🔹 ¿Por qué es relevante para la digestión de lípidos?

Porque sin la **bilis**, no se puede completar el paso fundamental de la digestión grasa. La bilis actúa como "emulsionante", permitiendo que las enzimas actúen. Si este proceso se interrumpe, **los lípidos no se digieren ni absorben adecuadamente**, y pueden aparecer síntomas digestivos como:

- Heces grasas y flotantes (esteatorrea)
- Dolor abdominal después de comer grasas

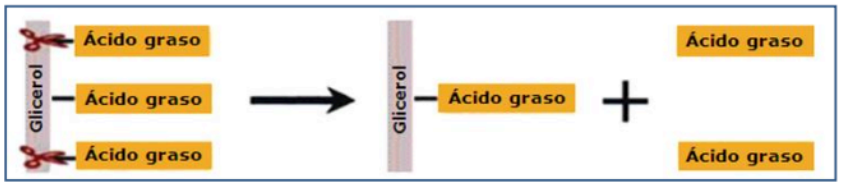
🔹 ¿CÓMO SE DIGIEREN LOS DIFERENTES TIPOS DE LÍPIDOS?

Aquí se muestra qué enzima actúa sobre cada tipo de lípido, y qué productos se obtienen al romperlos.

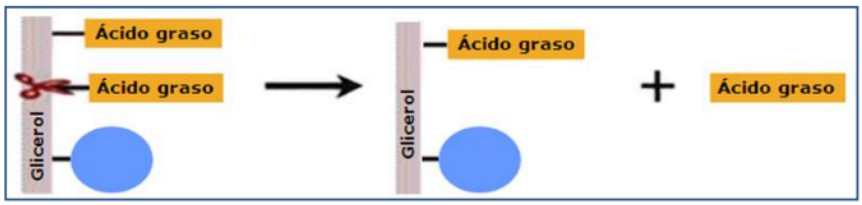
⇒ LIPASA: DIGESTIÓN DE LOS TRIGLICÉRIDOS

- Los **triglicéridos** son moléculas formadas por un glicerol unido a tres ácidos grasos.
- La **lipasa pancreática** rompe dos de esos enlaces, liberando:
  - **2 ácidos grasos**
  - **1 monoacilglicérido** (el glicerol con un solo ácido graso aún unido)

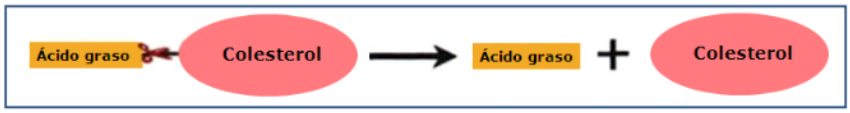
Esta es la forma principal en la que los lípidos se digieren y se preparan para su absorción.



- **Fosfolipasa: Digestión de los Fosfolípidos**



- **Colesterol esterasa: Digestión de los Ésteres de colesterol**



2. Fosfolipasa: digestión de los fosfolípidos

• Un **fosfolípido** también tiene una estructura parecida a un triglicérido, pero con un grupo fosfato en lugar de uno de los ácidos grasos.

• La **fosfolipasa** rompe estos enlaces, liberando:

  • **Ácidos grasos**

  • Y una porción que incluye el **fosfato** unido al glicerol (representado como el círculo azul)

3. Colesterol esterasa: digestión de los ésteres de colesterol

• Los **ésteres de colesterol** son moléculas donde un ácido graso está unido al colesterol.

• La **colesterol esterasa** rompe ese enlace y libera:

  • **Colesterol libre**

  • **Ácido graso libre**

⇒ ¿QUÉ PASA CON LOS PRODUCTOS DE LA DIGESTIÓN?

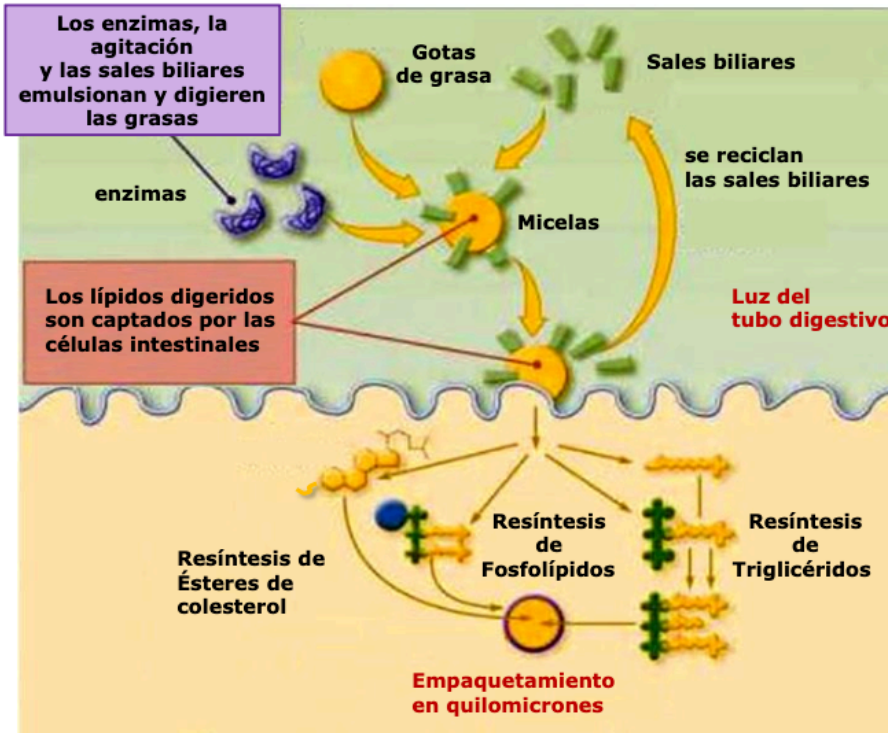
Una vez que los lípidos están digeridos, deben **cruzar la pared intestinal** para poder entrar al organismo. Este proceso es muy sofisticado:

1. Micelas: el transporte en la luz intestinal

• Las **gotas de grasa** son emulsionadas por las **sales biliares** y agitadas por los movimientos intestinales.

• Esto da lugar a **micelas**: pequeñas esferas que atrapan en su interior los productos de la digestión (ácidos grasos, colesterol, etc.).

• Estas micelas pueden **acercarse a las células intestinales**, donde liberan su contenido.



Las **sales biliares** no se absorben: se **reciclan** para seguir ayudando en la digestión.

2. Absorción en el enterocito (célula intestinal)

Una vez dentro de las células intestinales (los **enterocitos**), sucede lo siguiente.

• Se **reconstruyen** las moléculas:

  • **Triglicéridos** a partir de ácidos grasos y glicerol

  • **Fosfolípidos** a partir de sus componentes

  • **Ésteres de colesterol** a partir del colesterol libre

Este proceso se llama **resíntesis**.

3. Empaquetamiento en quilomicrones

• Todos estos lípidos reconstruidos se **empaquetan en estructuras llamadas quilomicrones**, que son como "paquetes de grasa" recubiertos por proteínas.

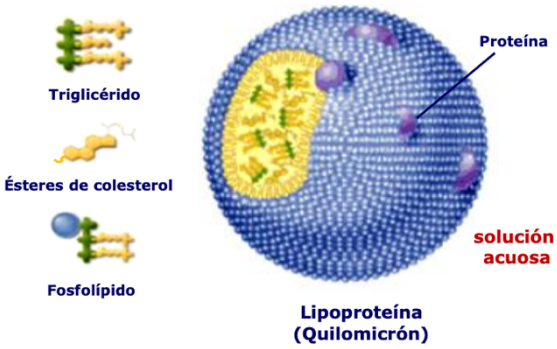
• Los **quilomicrones** son liberados a la **linfa** (y no directamente a la sangre), y desde ahí se distribuyen por todo el cuerpo.

RESUMEN VISUAL DEL PROCESO

FASE	ACCIÓN PRINCIPAL
Digestión en intestino	Enzimas rompen los lípidos
Formación de micelas	Sales biliares los rodean
Absorción en enterocito	Paso de lípidos al interior
Resíntesis	Se vuelven a construir
Empaquetamiento en quilomicrones	Transporte hacia el resto del cuerpo

---

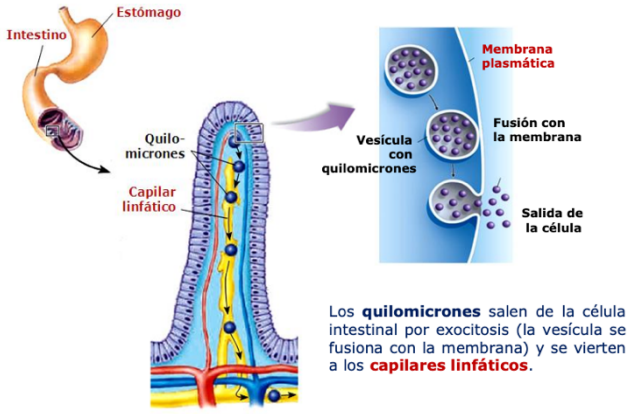
Vamos ahora a completar el recorrido de los lípidos desde su absorción intestinal hasta su transporte y destino final en el cuerpo. Son los últimos pasos del proceso de **digestión, absorción y metabolismo de lípidos**.



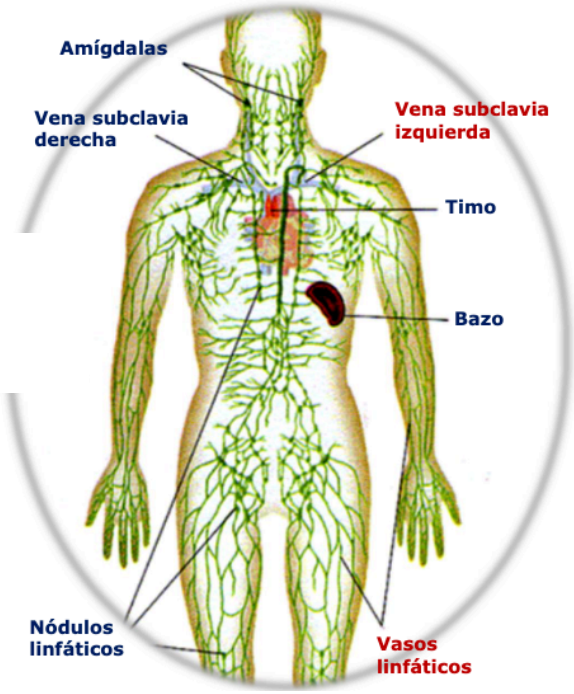
🔹 1. Formación y salida de quilomicrones

• En la célula intestinal (enterocito), los lípidos digeridos (triglicéridos, colesterol, fosfolípidos) se **reensamblan**.

• Se **empaquetan en quilomicrones**, una forma de transporte de grasa rodeada por proteínas y fosfolípidos (para hacerlos solubles en agua).



• Estos quilomicrones **salen de la célula por exocitosis** y **entran en los capilares linfáticos**, no directamente en la sangre.



🔹 2. Recorrido por el sistema linfático y llegada a la sangre

• Los quilomicrones **circulan por los vasos linfáticos** y finalmente **entran en la sangre** a través de la **vena subclavia izquierda**.

• Este sistema evita que grandes cantidades de grasa entren de golpe al torrente sanguíneo.

EFICIENCIA DE ABSORCIÓN DE LÍPIDOS

TIPO DE LÍPIDO	PORCENTAJE ABSORBIDO
Triglicéridos	> 95 %
Fosfolípidos	> 95 %
Colesterol	35 – 40 %

Más fibra → menos absorción de colesterol

Más triglicéridos → mayor absorción de colesterol



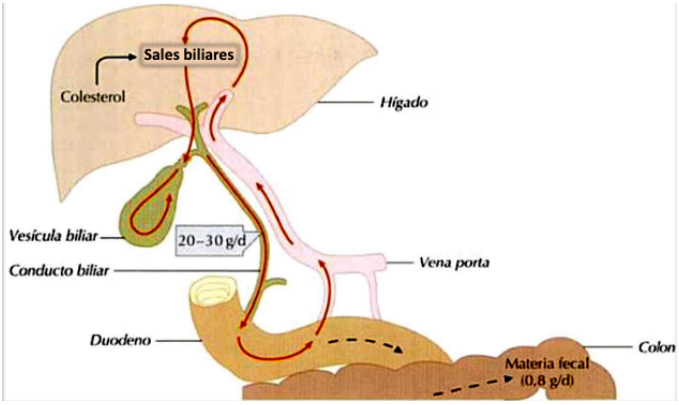


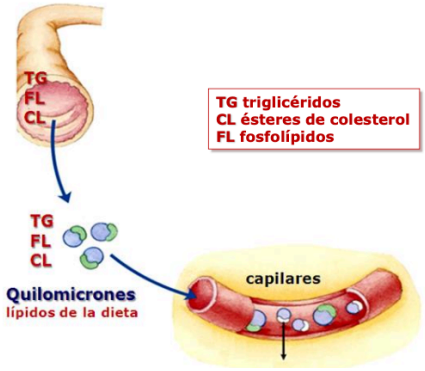
3. Reciclaje de las sales biliares

• Una vez que ayudaron a emulsionar las grasas, las **sales biliares se reabsorben en el intestino**.

• Regresan al **hígado por la vena porta**, para ser reutilizadas en nuevas digestiones.

• Solo una pequeña parte se pierde en las heces.





4. Quilomicrones

• En la sangre, los **quilomicrones** distribuyen:

• TG (triglicéridos)

• CL (ésteres de colesterol)

• FL (fosfolípidos)

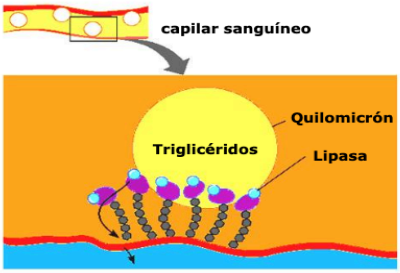
• Los **triglicéridos son utilizados como energía** por los tejidos o almacenados.

5. Estructura de un quilomicrón

• Es una **lipoproteína** grande, con:

• Núcleo: lípidos no polares (TG y CL)

• Capa externa: fosfolípidos + proteínas que lo hacen soluble en agua.



6. Captación de lípidos por los tejidos

• La **lipasa lipoproteica**, una enzima en las paredes de los capilares, rompe los triglicéridos de los quilomicrones.



• Esto libera:

• **Ácidos grasos** (energía inmediata)

• **Glicerol** (puede entrar en el metabolismo).



7. Almacenamiento de lípidos en el tejido adiposo

• Si los tejidos no usan toda la grasa, **el exceso se almacena** en los adipocitos.

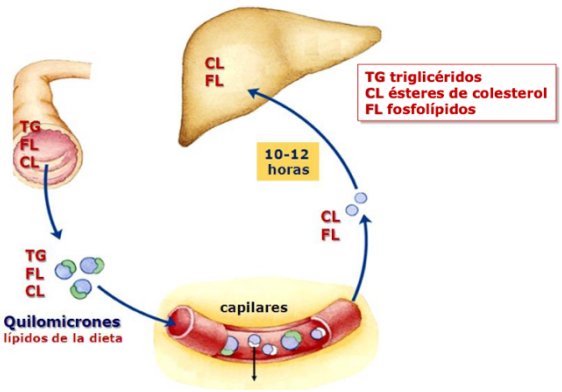
• Allí, los ácidos grasos y el glicerol se vuelven a unir para formar **triglicéridos de reserva**.

8. Resumen: distribución y metabolismo final

• En las **primeras horas tras la comida**, los lípidos de la dieta están en la sangre en forma de quilomicrones.

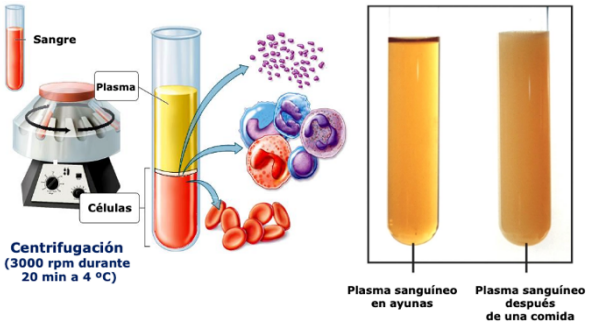
• Los tejidos captan lo que necesitan.

• Lo que no se utiliza se almacena, y el **resto del contenido de los quilomicrones** va al hígado tras unas 10–12 horas.



🔹 9. Evidencia en laboratorio: plasma tras la comida

• Si se centrifuga sangre:
• El plasma **en ayunas** es claro.
• El plasma **tras una comida rica en grasa** se ve más turbio, por la presencia de quilomicrones.



🔹 ¿QUÉ SON LOS LÍPIDOS DE SÍNTESIS ENDÓGENA?

• Aunque una parte de las grasas en sangre proviene de la dieta (a través de los **quilomicrones**), otra parte es **fabricada por el hígado**.
• El hígado convierte:
  • Exceso de azúcares o proteínas
  • En **triglicéridos (TG)**, **fosfolípidos (FL)** y **colesterol (CL)**

🔹 ¿Cómo se transportan estos lípidos?

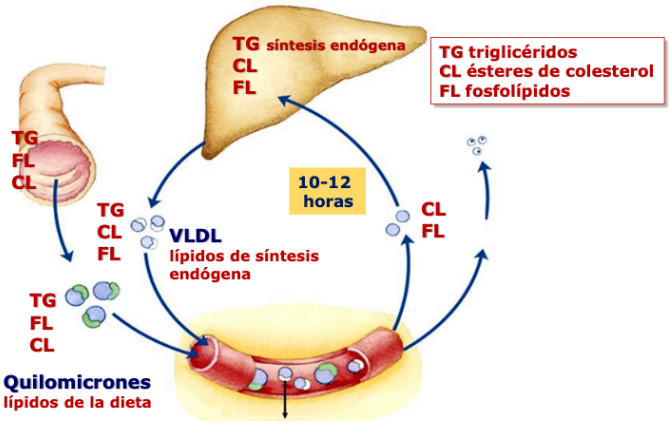
• Se **empaquetan en unas lipoproteínas llamadas VLDL** (Very Low Density Lipoproteins).
• Estas VLDL entran en la circulación y llevan los lípidos **desde el hígado hacia los tejidos**.

🔹 ¿Qué ocurre después?

1. **Los tejidos** (como el músculo o el tejido adiposo) **captan los triglicéridos** para:
   • Obtener energía
   • O bien almacenarlos como grasa
2. Lo que no se usa queda como restos de VLDL, que se pueden transformar en otras lipoproteínas como **LDL** (colesterol malo).

🔹 Relación con los lípidos de la dieta

• Los **quilomicrones** (azules, abajo a la izquierda) transportan **lípidos de origen alimentario**.
• Las **VLDL** (en el centro del diagrama) llevan **lípidos sintetizados por el hígado**.
• Ambas rutas **alimentan a los tejidos** con lípidos, y el exceso siempre termina **almacenado en el tejido adiposo**.

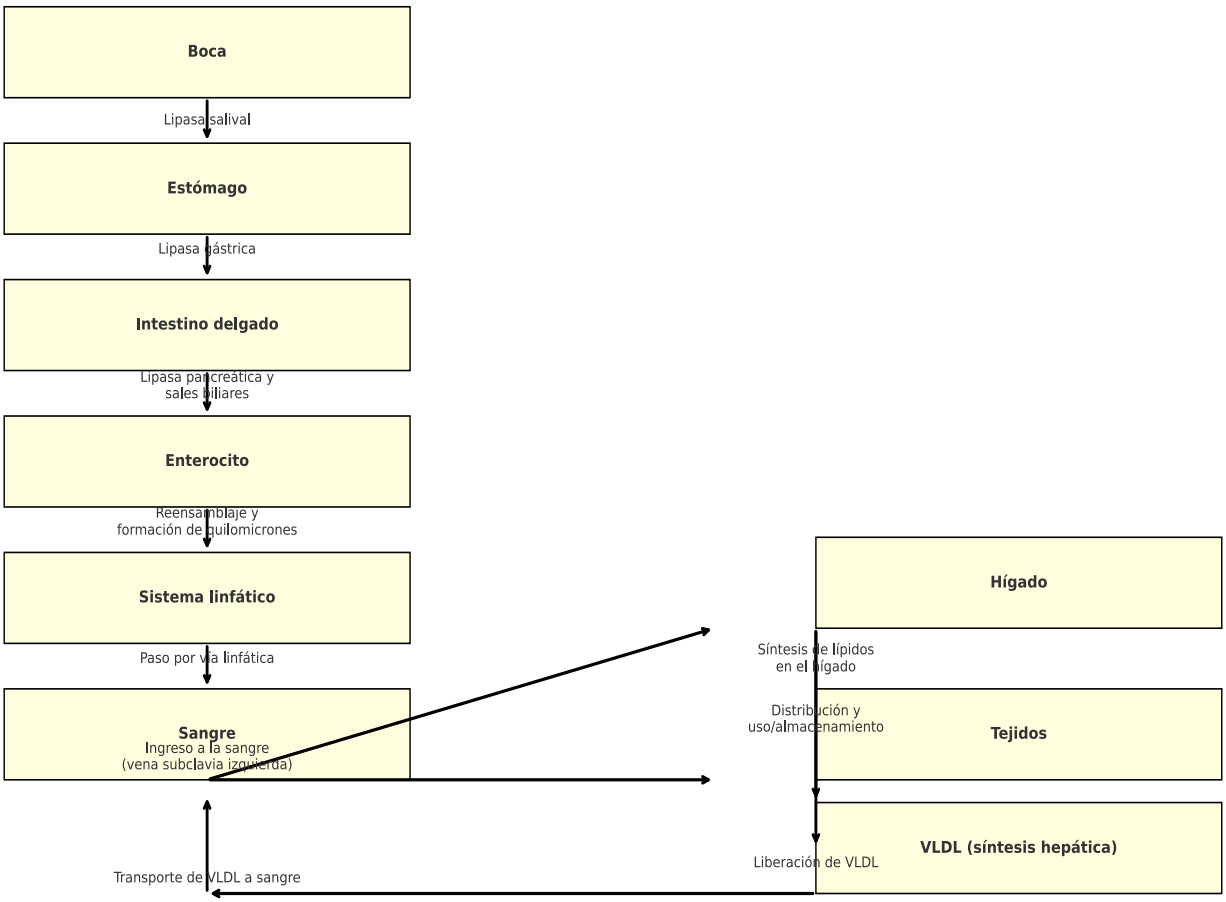


ESQUEMA RESUMEN:

ORIGEN DEL LÍPIDO	VEHÍCULO DE TRANSPORTE	DESTINO FINAL
Dieta	Quilomicrones	Tejidos o hígado
Hígado (síntesis)	VLDL	Tejidos o forma LDL

Esto cierra todo el ciclo: **desde que comemos una grasa hasta que se usa como energía o se almacena**.

DIAGRAMA DEL PROCESO: DIGESTIÓN, ABSORCIÓN Y TRANSPORTE DE LÍPIDOS



ASPECTOS METABÓLICOS Y DE SALUD PÚBLICA BASADOS EN LOS LÍPIDOS.

⇒ CAPACIDAD DEL TEJIDO ADIPOSO PARA ALMACENAR ENERGÍA EN FORMA DE GRASA

Almacenamiento energético de la grasa:

COMBUSTIBLE ALMACENADO	TEJIDO	CANTIDAD (G)	ENERGÍA (KCAL)
Grasa	Adiposo	15.000 g	135.000 kcal

▶ ¿Qué significa esto?

• El **tejido adiposo** (la grasa corporal) actúa como un **depósito de energía de largo plazo**.
• Una persona con 15 kg de grasa corporal tiene en reserva unas **135.000 kilocalorías**.
• Dado que **1 gramo de grasa aporta 9 kcal**, esta cantidad teóricamente cubriría **más de 2 meses** de necesidades energéticas básicas en condiciones de ayuno prolongado (según metabolismo basal).

Esto explica por qué el cuerpo almacena preferentemente la energía en forma de grasa: **es muy eficiente y concentrada**.

Lo importante es conocer los **kilogramos de grasa corporal** que tiene una persona. Para ello, existen varios métodos sencillos hasta técnicas más precisas y profesionales. Vamos a verlos:

🔹 1. Cálculo con porcentaje de grasa corporal

La fórmula más directa es

$$\text{Masa grasa (kg)} = \left(\frac{\%\text{grasa corporal}}{100}\right) \times \text{peso total (kg)}$$

▶ Ejemplo:

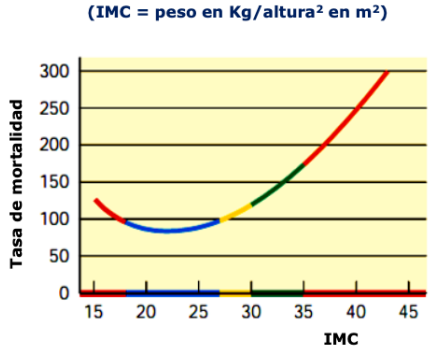
• Una persona pesa **80 kg** y tiene un **25% de grasa corporal**.
• Entonces:

$$\text{Masa grasa} = 0,25 \times 80 = 20 \text{ kg de grasa}$$

▶ ¿Qué es el IMC?

• Es una medida usada para estimar si una persona tiene un peso saludable en relación con su estatura.
• La **obesidad** se define como un IMC superior a 30.
• Afecta a alrededor del **30% de los adultos**.

Valores límites del IMC	
IMC<18,5	Peso insuficiente
18,5-24,9	Normopeso
25-26,9	Sobrepeso grado I
27-29,9	Sobrepeso grado II (preobesidad)
30-34,9	Obesidad de tipo I
35-39,9	Obesidad de tipo II
40-49,9	Obesidad de tipo III (mórbida)
>50	Obesidad de tipo IV (extrema)



▶ Riesgo en forma de "J"

• La **tasa de mortalidad** aumenta tanto cuando el IMC es **muy bajo** como cuando es **muy alto**.
• El punto más bajo del riesgo se da en un **IMC intermedio**.
• Esto se representa gráficamente con una curva en forma de **"J"**: peligro en ambos extremos.

🔹 Distribución de la grasa corporal

No solo importa **cuánta grasa hay**, sino **dónde se acumula**:

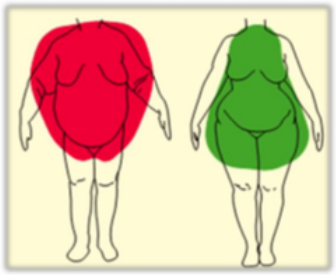
Índice cintura/cadera (ICC)

• Se usa para valorar el tipo de distribución grasa.

• Se asocia con diferentes riesgos según el patrón:

TIPO DE OBESIDAD	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
Tipo manzana	Grasa en abdomen, cintura ancha. Mayor riesgo de diabetes, enfermedades cardiovasculares y mortalidad.
Tipo pera	Grasa en caderas y muslos. Más riesgo de **varices** y **artrosis de rodilla**, pero menos problemas metabólicos.





$$\text{ICC} = \frac{cintura(cm)}{cadera(cm)}$$

Diagnóstico	ICC
Normal hombre	0,78 - 0,94
Normal mujeres	0,71 - 0,84
Síndrome androide	Valor mayor
Síndrome ginoide	Valor menor

🔹 2. ¿Cómo se obtiene el porcentaje de grasa corporal?

Hay varias formas:

✅ **Métodos caseros o accesibles:**

• **Básculas de bioimpedancia**: muchas básculas modernas (incluso de baño) estiman el % de grasa usando una corriente eléctrica débil. No son muy exactas, pero orientan.

• **Cálculos online o tablas** usando:

  • Edad
  • Sexo
  • Peso
  • Circunferencias (cintura, cuello, etc.)

✅ **Métodos clínicos y más precisos:**

• **Pliegues cutáneos**: con un calibrador ("plicómetro") se mide el grosor de la piel en varios puntos del cuerpo.

• **DEXA (absorciometría dual)**: técnica de imagen que distingue grasa, músculo y hueso con gran precisión.

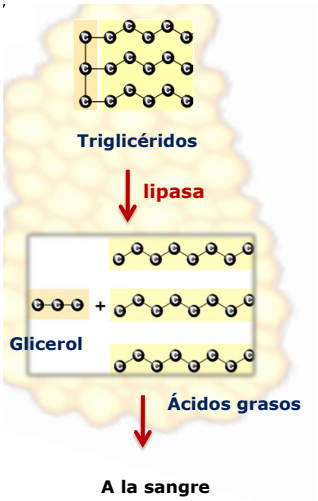
• **Resonancia magnética** o **tomografía computarizada**: muy precisas, pero caras y poco usadas solo para grasa.

🔹 ESTOS SON LOS VALORES NORMALES DE GRASA CORPORAL

SEXO	PORCENTAJE DE GRASA CORPORAL SALUDABLE
Hombres	10 – 20 %
Mujeres	18 – 28 %

Los deportistas de élite pueden tener menos, y los valores por encima del rango aumentan el riesgo de enfermedades metabólicas.

🔹 Ayuno y movilización de lípidos



Durante el **ayuno** (cuando no se ingiere comida durante varias horas), el cuerpo necesita obtener energía de sus **reservas**. En este contexto:

• Los **triglicéridos del tejido adiposo** se rompen gracias a una enzima llamada **lipasa**.

• Esto libera:

• **Ácidos grasos libres** (pasan a la sangre y son usados por muchos tejidos como fuente de energía).

• **Glicerol**, que se puede transformar en glucosa en el hígado.

Este proceso es una forma de supervivencia energética del cuerpo, asegurando el suministro de energía cuando no se come.

🔹 Grasa dietética y salud

La OMS recomienda que el consumo de lípidos no supere:

• **30–35%** del total de calorías diarias.

• En una dieta estándar de **2000 kcal/día**, eso significa:

• **Máximo 700 kcal** provenientes de lípidos.

• Como **cada gramo de grasa aporta 9 kcal**, eso equivale a un **máximo de 78 g de grasa/día**.

✅ **Conclusión del tema**: El estudio de la digestión, absorción y metabolismo de los lípidos no solo tiene importancia fisiológica, sino también **clínica y preventiva**. Entender cómo se procesan y se almacenan las grasas nos permite prevenir y controlar enfermedades como la obesidad, la diabetes y la aterosclerosis.
