

BIOQUÍMICA

JUSTO SOTO REBOLLO

Asignatura: BIOQUÍMICA

PROFESORAS RESPONSABLES:
Dra. Pilar López Aparicio y
Dra. María del Carmen Boyano Adánez
Dra. Pilar López Aparicio
Depto. de Biología de Sistemas, UAH

INTRODUCCIÓN (RESUMEN):

La Bioquímica es una ciencia interdisciplinar que combina los principios de la Biología y de Química para estudiar la composición y los procesos químicos que se llevan a cabo en los seres vivos.

OBJETIVOS:

Proporcionar una formación básica sobre la lógica molecular de los seres vivos desde el punto de vista bioquímico.

PROGRAMA:

- **AMINOÁCIDOS Y PROTEÍNAS**

Lección 1.- Introducción de la Bioquímica. Digestión y degradación intracelular de proteínas.
Lección 2.- Transaminasas. Ciclo de la urea. Destino general del esqueleto carbonado de los aminoácidos.
Lección 3.- Conversión de aminoácidos en productos especializados.
Lección 4.- Integración del Metabolismo.

- **GLÚCIDOS**

Lección 5.- Monosacáridos, disacáridos y polisacáridos.
Lección 6.- Digestión y absorción de glúcidos de la dieta.
Lección 7.- Metabolismo de hexosas, almidón y glucógeno.

- **BIOSEÑALIZACIÓN Y CÁNCER**

Lección 8.- Comunicación celular. Hormonas, neurotransmisores y factores de crecimiento. Receptores.
Lección 9.- Oncogenes y cáncer.

- **LÍPIDOS**

Lección 10.- Lípidos. Definición, propiedades. Membranas biológicas.
Lección 11.- Lípidos exógenos y lípidos endógenos. Digestión de los lípidos de la dieta. Absorción y transporte al interior de la célula intestinal.
Lección 12.- Transporte y absorción de lípidos en el organismo. Lipoproteínas. Metabolismo de los triglicéridos. Cuerpos cetónicos.
Lección 13.- Metabolismo del colesterol.

- **INTEGRACIÓN DEL METABOLISMO**

Lección 14.- Metabolismo específico de los tejidos: Diversidad e integración del trabajo.

- **AGUA**

Lección 15.- Composición, estructura y reactividad de las biomoléculas inorgánicas.

- **BIOENERGÉTICA**

Lección 16.- Diseño molecular de la vida: Obtención y consumo de energía. Principios de bioenergética.

- **SISTEMA INMUNE**

Lección 17.- Nociones básicas del sistema inmune. Estructura de los anticuerpos. Vacunas y sueros. Alergias y enfermedades autoinmunes.

- **RADICALES LIBRES Y DEFENSA ANTIOXIDANTE**

Lección 18.- Origen de los radicales libres. Mecanismos de defensa. Patologías relacionadas. Importancia de una buena nutrición.

BIBLIOGRAFÍA:

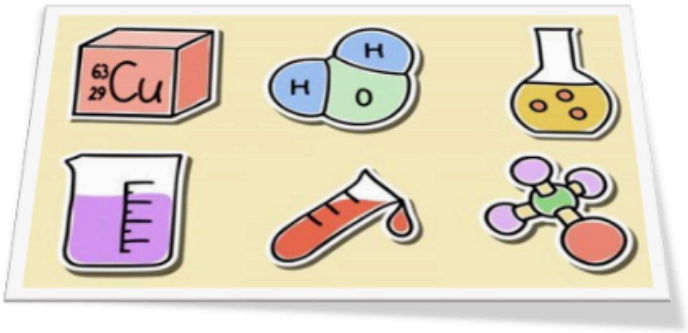
[1] D.L. Nelson y M.M. Cox, Eds. Principios de Bioquímica de Lehninger (7ª ed.), Ediciones Omega.
[2] L. Stryer, J.M. Berg y J.L. Tymoczko. Bioquímica (7ª ed.), Editorial Reverté S.A, 2013.
[3] T.M. Devlin, Bioquímica. Libro de texto con aplicaciones clínicas (4ª ed.), Editorial Reverté S.A.
[4] D. Voet y J.G. Voet y C.W. Pratt, Fundamentos de Bioquímica (4ª ed.), Editorial Médica Panamericana.

La Bioquímica es la ciencia que estudia la Química de los seres vivos.

Por tanto, la Bioquímica es una ciencia de la vida, pero además es una ciencia química. Estudia:

la estructura de los compuestos biológicos y su función, y

las reacciones químicas que tienen lugar en los seres vivos.





Tema 1: INTRODUCCIÓN A LA BIOQUÍMICA. DIGESTIÓN Y DEGRADACIÓN INTRACELULAR DE PROTEINAS

FUNCIONES PRINCIPALES DE LAS PROTEÍNAS

1. **Estructural**
   - Función: Las proteínas estructurales dan forma, estabilidad y soporte a los tejidos y órganos del cuerpo.
   - Ejemplos:
     - Colágeno: Presente en la piel, huesos y cartílagos, da resistencia y elasticidad.
     - Elastina: Se encuentra en tejidos que necesitan flexibilidad, como los ligamentos y arterias.

2. **Transporte**
   - Función: Transportan moléculas esenciales como oxígeno, nutrientes o iones a través del cuerpo o dentro de las células.
   - Ejemplo:
     - Hemoglobina: Transporta oxígeno desde los pulmones a los tejidos y devuelve dióxido de carbono a los pulmones para su eliminación.

3. **Protección y Defensa**
   - Función: Protegen al cuerpo frente a infecciones, atacando y eliminando microorganismos dañinos.
   - Ejemplo:
     - Inmunoglobulinas (anticuerpos): Reconocen y neutralizan patógenos como virus y bacterias.

4. **Catalítica o Enzimática**
   - Función: Las enzimas son proteínas que aceleran (catalizan) las reacciones químicas necesarias para la vida.
   - Ejemplo:
     - Enzimas: Como la amilasa (que ayuda a digerir carbohidratos) o la ADN polimerasa (esencial para la replicación del ADN).

5. **Movimiento**
   - Función: Participan en la contracción de los músculos y en otros procesos que implican movimiento dentro y fuera de las células.
   - Ejemplo:
     - Actina y Miosina: Proteínas principales en la contracción muscular.

6. **Reguladora**
   - Función: Regulan actividades celulares y procesos fisiológicos, como el crecimiento, la reproducción o la homeostasis (equilibrio interno).
   - Ejemplo:
     - Hormonas proteicas:
       - Insulina: Regula los niveles de glucosa en la sangre.
       - Glucagón: Estimula la liberación de glucosa al torrente sanguíneo.

7. **Reserva**
   - Función: Almacenan nutrientes y energía para ser utilizados cuando el organismo lo necesite.

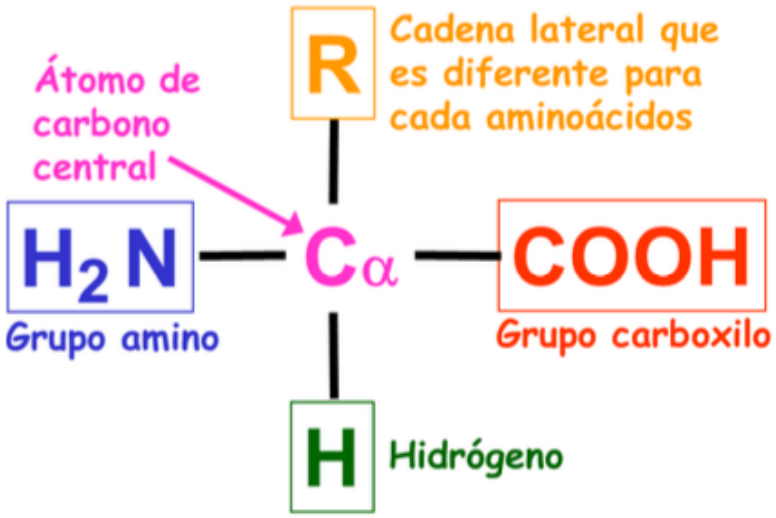
PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS

1. Las proteínas como macronutrientes esenciales
- Las **proteínas** son nutrientes fundamentales que el cuerpo necesita para diversas funciones, como el crecimiento, la reparación de tejidos y el metabolismo.
- Están formadas por largas cadenas de moléculas más pequeñas llamadas **aminoácidos**.

2. Las proteínas como polímeros
- Una proteína es un **polímero**, es decir, una cadena formada por muchas unidades repetitivas.
- Estas unidades repetitivas son los **aminoácidos**, que se combinan mediante enlaces específicos llamados **enlaces peptídicos**.

3. Estructura de los aminoácidos

Los aminoácidos son los bloques básicos de las proteínas, y todos tienen una estructura similar, formada por:
- **Grupo amino (NH_2)**: Es una parte básica del aminoácido.
- **Grupo carboxilo (COOH)**: Es una parte ácida que le da ciertas propiedades químicas.
- **Átomo de hidrógeno (H)**: Unido al carbono central.
- **Cadena lateral (R)**: Es la parte que varía entre los aminoácidos y les da sus características únicas. Por ejemplo, la cadena R puede ser pequeña (como en la glicina) o más compleja (como en la fenilalanina).



4. Origen de los aminoácidos

Los aminoácidos pueden provenir de dos fuentes principales:
- **Exógenos**:
  - Se obtienen a través de la dieta. Ejemplo: carne, huevos, lácteos, legumbres, etc.
- **Endógenos**:
  - Son sintetizados por el cuerpo a partir de otros compuestos químicos, pero esto solo ocurre con ciertos aminoácidos.

Conclusión

Los aminoácidos son esenciales porque son los ladrillos que forman las proteínas, y las proteínas, a su vez, son cruciales para casi todas las funciones del organismo. Sin un suministro adecuado de aminoácidos esenciales en la dieta, el cuerpo no puede producir ciertas proteínas vitales.

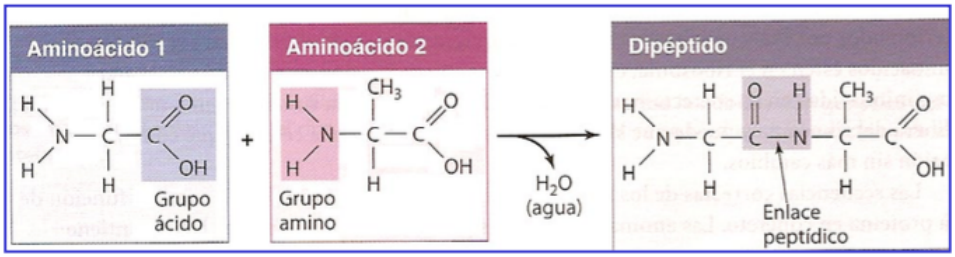
PROTEÍNAS

1. Construcción de proteínas

- Las proteínas se forman a partir de **21 aminoácidos**, conocidos como **aminoácidos proteinógenos** porque son los que el cuerpo utiliza específicamente para sintetizar proteínas.
- Estos aminoácidos son los bloques básicos que se ensamblan en secuencias específicas según las instrucciones del ADN.

2. Unión mediante el enlace peptídico

- Los aminoácidos se unen entre sí mediante un enlace especial llamado **enlace peptídico**.
- **¿Cómo se forma este enlace?**
  - Se produce una reacción química entre el **grupo carboxilo (COOH)** de un aminoácido y el **grupo amino (NH_2)** de otro aminoácido.



  - Durante esta reacción, se libera una molécula de agua (**H_2O**) en un proceso llamado **síntesis por deshidratación**.

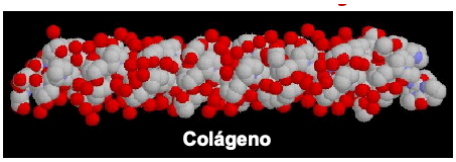
3. Clasificación de las cadenas de aminoácidos

Según el número de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos, las moléculas se clasifican en:

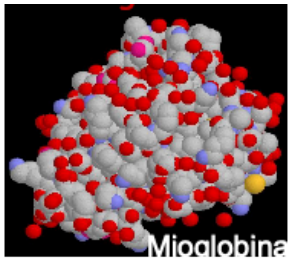
- **Oligopéptidos**: Tienen menos de 10 aminoácidos.
- **Péptidos**: Contienen entre 10 y 50 aminoácidos.
- **Polipéptidos o proteínas**: Superan los 50 aminoácidos.

4. Tipos de proteínas según su forma

- **Proteínas fibrosas**:
  - Tienen forma alargada y estructural.
  - Ejemplo: **Colágeno**, que aporta fuerza y elasticidad a tejidos como la piel, huesos y tendones.



- **Proteínas globulares**:
  - Tienen una forma más compacta y redondeada.
  - Ejemplo: **Mioglobina**, que almacena oxígeno en los músculos.

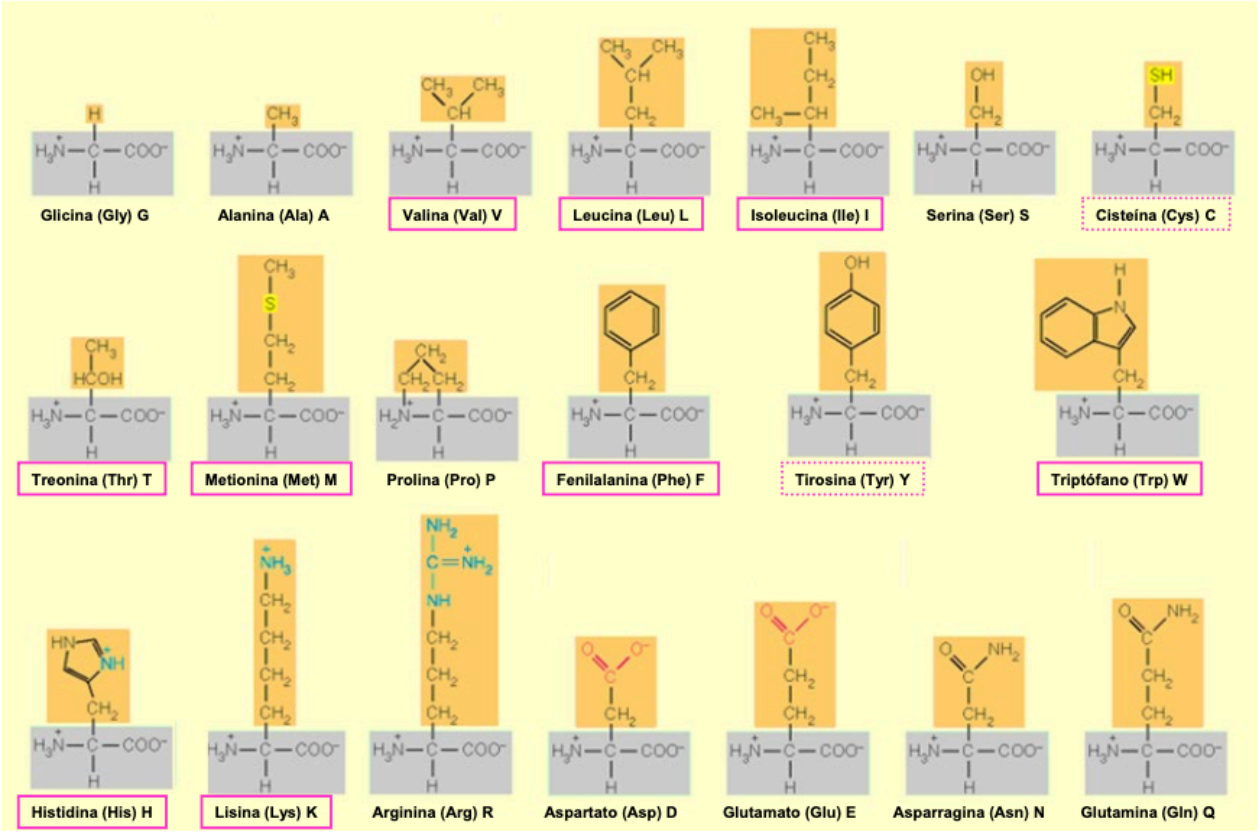


Resumen

Las proteínas son estructuras complejas formadas por la unión de aminoácidos a través de enlaces peptídicos. La secuencia y la cantidad de estos aminoácidos determinan las propiedades y funciones específicas de cada proteína. Estas moléculas pueden ser fibrosas, como el colágeno, que aporta estructura, o globulares, como la mioglobina, que cumple funciones específicas en el metabolismo.

AMINOÁCIDOS PROTEINÓGENOS

Estos son los 21 aminoácidos utilizados por los organismos para construir proteínas. Esta es su clasificación y características:



Estructura básica de los aminoácidos

Todos los aminoácidos tienen una estructura común, formada por:

- Un **grupo amino (NH_2)**.
- Un **grupo carboxilo (COOH)**.
- Un **átomo de hidrógeno (H)**.
- Una **cadena lateral (R)**, que es la parte variable y define las propiedades químicas y funciones de cada aminoácido.

Clasificación de los aminoácidos proteinógenos

Los aminoácidos se clasifican en diferentes grupos según las propiedades de su cadena lateral (R):

1. Aminoácidos apolares (hidrofóbicos)

- Sus cadenas laterales no tienen cargas eléctricas y son insolubles en agua.
- **Ejemplos**:
  - Glicina (Gly, G)
  - Alanina (Ala, A)
  - Valina (Val, V)
  - Leucina (Leu, L)
  - Isoleucina (Ile, I)
  - Metionina (Met, M)
  - Prolina (Pro, P)

2. Aminoácidos polares sin carga

- Sus cadenas laterales tienen grupos que pueden formar enlaces de hidrógeno, pero no tienen carga neta.

- **Ejemplos**:
    - Serina (Ser, S)
    - Treonina (Thr, T)
    - Cisteína (Cys, C)
    - Asparagina (Asn, N)
    - Glutamina (Gln, Q)

3. Aminoácidos aromáticos

- Contienen anillos aromáticos en su cadena lateral.
- **Ejemplos**:
    - Fenilalanina (Phe, F) (apolar)
    - Tirosina (Tyr, Y) (polar)
    - Triptófano (Trp, W) (apolar)

4. Aminoácidos cargados

- Sus cadenas laterales tienen cargas positivas o negativas, lo que les permite interactuar con otros compuestos cargados.
- **Cargados positivamente (básicos)**:
    - Lisina (Lys, K)
    - Arginina (Arg, R)
    - Histidina (His, H)
- **Cargados negativamente (ácidos)**:
    - Aspartato (Asp, D)
    - Glutamato (Glu, E)

Funciones de algunos aminoácidos destacados

1. **Cisteína (Cys)**:
    - Forma puentes de disulfuro, que estabilizan la estructura tridimensional de las proteínas.
2. **Histidina (His)**:
    - Participa en las reacciones enzimáticas y es importante en el control del pH celular.
3. **Triptófano (Trp)**:
    - Precursor de neurotransmisores como la serotonina.
4. **Fenilalanina (Phe)**:
    - Se convierte en tirosina, esencial para la síntesis de hormonas tiroideas.

AMINOÁCIDOS ESENCIALES Y NO ESENCIALES

Aminoácidos esenciales

- **Definición**: Son aminoácidos que el cuerpo humano no puede sintetizar por sí mismo, o lo hace en cantidades insuficientes. Por lo tanto, es imprescindible obtenerlos mediante la dieta.
- **Lista de aminoácidos esenciales**:
    - **Histidina**: Importante en el crecimiento y reparación de tejidos; también regula el pH en el cuerpo.
    - **Isoleucina**: Ayuda en la reparación muscular y la producción de hemoglobina.
    - **Leucina**: Es clave en la síntesis de proteínas y el mantenimiento de los músculos.
    - **Lisina**: Participa en la formación de colágeno y la absorción de calcio.
    - **Metionina**: Fuente de azufre, necesaria para la salud de la piel, el cabello y las uñas.
    - **Fenilalanina**: Precursor de neurotransmisores como la dopamina y la adrenalina.
    - **Treonina**: Es esencial para la formación de colágeno y elastina.
    - **Triptófano**: Ayuda en la producción de serotonina, que regula el estado de ánimo y el sueño.

- **Valina**: Contribuye al crecimiento muscular, la reparación de tejidos y la producción de energía.

Aminoácidos no esenciales

- **Definición**: Son aminoácidos que el cuerpo puede sintetizar a partir de otros compuestos, por lo que no es necesario consumirlos en la dieta, aunque también son esenciales para el funcionamiento del organismo.
- **Lista de aminoácidos no esenciales**:
  - **Alanina**: Participa en el metabolismo de la glucosa y la energía.
  - **Arginina**: Importante para la cicatrización de heridas, el sistema inmunológico y la producción de óxido nítrico.
  - **Asparagina**: Interviene en la síntesis de proteínas y el funcionamiento del sistema nervioso.
  - **Aspartato**: Participa en el ciclo de producción de energía (ciclo de Krebs).
  - **Cisteína**: Ayuda en la formación de estructuras proteicas y tiene propiedades antioxidantes.
  - **Glutamato**: Principal neurotransmisor excitador del cerebro.
  - **Glutamina**: Fundamental para la función inmune y la salud intestinal.
  - **Glicina**: Importante en la síntesis de colágeno y como neurotransmisor inhibidor.
  - **Prolina**: Participa en la formación de colágeno, esencial para la piel y los tejidos conectivos.
  - **Serina**: Ayuda en la síntesis de lípidos y proteínas.
  - **Tirosina**: Precursor de hormonas tiroideas y neurotransmisores como la dopamina.

Importancia en la dieta

- Los aminoácidos esenciales deben incluirse en una dieta equilibrada, especialmente mediante alimentos ricos en proteínas como carne, pescado, huevos, lácteos, legumbres y frutos secos.
- Aunque el cuerpo puede sintetizar los no esenciales, en situaciones de estrés o enfermedad, algunos de estos pueden volverse **"condicionalmente esenciales"** (como la arginina o la glutamina), ya que la demanda supera la capacidad del cuerpo para producirlos.

FUENTES ALIMENTICIAS DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES

Los **aminoácidos esenciales** deben obtenerse a través de la dieta. Aquí detallo las principales fuentes alimenticias y los aminoácidos que aportan:

1. Histidina

- **Fuentes**:
  - Carne: Res, cerdo, pollo.
  - Pescado: Atún, salmón.
  - Productos lácteos: Leche, queso.
  - Huevos.
- **Funciones**:
  - Es importante para la producción de hemoglobina.
  - Contribuye a la formación de histamina, que regula el sistema inmune y digestivo.

2. Isoleucina

- **Fuentes**:
  - Carne roja.
  - Legumbres: Soja, lentejas.
  - Nueces y semillas.
- **Funciones**:
  - Ayuda en la reparación y recuperación muscular.
  - Proporciona energía durante el ejercicio.

3. Leucina

- **Fuentes**:
  - Carne, pescado y aves.
  - Lácteos: Yogur, queso.
  - Frutos secos: Almendras, anacardos.
- **Funciones**:
  - Estimula la síntesis de proteínas musculares.
  - Regula los niveles de glucosa en sangre.

4. Lisina

- **Fuentes**:
  - Carnes: Res, pollo, cerdo.
  - Pescado: Bacalao, sardinas.
  - Legumbres: Frijoles, garbanzos.
- **Funciones**:
  - Ayuda en la absorción de calcio.
  - Promueve la formación de colágeno.

5. Metionina

- **Fuentes**:
  - Huevos.
  - Carne y pescado.
  - Semillas de sésamo, nueces de Brasil.
- **Funciones**:
  - Es un precursor de la cisteína y el glutatión, importantes antioxidantes.
  - Ayuda en el metabolismo de grasas.

6. Fenilalanina

- **Fuentes**:
  - Carne y pescado.
  - Huevos.
  - Productos de soja.
- **Funciones**:
  - Es precursora de neurotransmisores como la dopamina y la adrenalina.
  - Es esencial para la función cerebral.

7. Treonina

- **Fuentes**:
  - Huevos.
  - Pescado.
  - Lácteos: Queso, leche.
- **Funciones**:
  - Ayuda a mantener la elasticidad de la piel.
  - Participa en la síntesis de colágeno y elastina.

8. Triptófano

- **Fuentes**:
  - Pavo, pollo.
  - Plátanos.
  - Chocolate negro.
  - Semillas y frutos secos.
- **Funciones**:
  - Es precursor de la serotonina, que regula el estado de ánimo y el sueño.
  - Participa en la producción de niacina (vitamina B3).

9. Valina

- **Fuentes**:
  - Cereales integrales.
  - Frutos secos: Nuez, almendra.
  - Lácteos.

- **Funciones**:
    - Facilita la reparación muscular.
    - Contribuye a la producción de energía.

Impacto de la deficiencia de aminoácidos esenciales

La falta de aminoácidos esenciales en la dieta puede tener consecuencias graves en el organismo, ya que son indispensables para diversas funciones metabólicas y estructurales. Algunas de las principales consecuencias son:

1. Pérdida de masa muscular
- La síntesis de proteínas musculares se reduce si faltan aminoácidos esenciales, lo que conduce a debilidad muscular y pérdida de tejido.

2. Compromiso del sistema inmune
- Los anticuerpos son proteínas, y su producción depende de un suministro adecuado de aminoácidos esenciales. La deficiencia puede aumentar la susceptibilidad a infecciones.

3. Problemas en la cicatrización de heridas
- Aminoácidos como la lisina y la prolina son clave en la formación de colágeno. Su déficit puede ralentizar la reparación de tejidos.

4. Alteraciones en el estado de ánimo y el sueño
- El triptófano es necesario para la producción de serotonina y melatonina. La falta de triptófano puede causar insomnio, ansiedad o depresión.

5. Crecimiento deficiente en niños
- Los aminoácidos esenciales son cruciales para el desarrollo y el crecimiento en la infancia. Su deficiencia puede resultar en retrasos en el crecimiento y problemas en el desarrollo cerebral.

6. Fatiga crónica y falta de energía
- La valina, la isoleucina y la leucina (aminoácidos de cadena ramificada) son importantes en la producción de energía durante el ejercicio y las actividades diarias. Su deficiencia puede provocar cansancio constante.

7. Alteraciones en el cabello, piel y uñas
- La deficiencia de metionina y treonina afecta la producción de queratina y colágeno, lo que provoca cabello débil, piel seca y uñas quebradizas.

Recomendaciones para evitar deficiencias

1. **Dieta equilibrada**:
    - Combinar proteínas animales (alto valor biológico) y vegetales (proteínas complementarias).
2. **Planificación en dietas vegetarianas o veganas**:
    - Asegurarse de incluir combinaciones como legumbres y cereales para completar el perfil de aminoácidos.
3. **Aumenta la ingesta en casos especiales**:
    - Durante el embarazo, lactancia, crecimiento infantil, o recuperación de enfermedades.

MENÚS PARA UNA DIETA OMNÍVORA

Desayuno
- Tortilla de 2 huevos (lisina, triptófano).
- Una rebanada de pan integral (valina y metionina).
- Un vaso de leche (histidina, leucina).
- Un puñado de frutos secos, como almendras (arginina).

Comida
- Pechuga de pollo a la plancha (todos los aminoácidos esenciales).

- Quinoa (rica en lisina y metionina).
- Brócoli salteado (aporta lisina y fibra).
- Un yogur natural de postre (valina, leucina, treonina).

Cena

- Pescado (como salmón o merluza) al horno (metionina, triptófano, fenilalanina).
- Puré de patata y zanahoria (complementa el perfil proteico).
- Espinacas salteadas con ajo (histidina y cisteína).

MENÚS PARA UNA DIETA VEGETARIANA O VEGANA

Desayuno

- Avena cocida con leche de soja (lisina y metionina).
- Fruta fresca: un plátano (con pequeñas cantidades de triptófano).
- Un puñado de semillas de chía (rica en histidina y arginina).

Comida

- Plato principal: **Arroz integral con lentejas** (una combinación clásica; el arroz aporta metionina y las lentejas lisina).
- Guarnición: judías verdes salteadas con nueces (lisina y arginina).
- Postre: Hummus (garbanzos + sésamo, rico en metionina y cisteína).

Cena

- Tofu al horno marinado con salsa de soja (lisina, treonina, triptófano).
- Ensalada de espinacas con almendras y semillas de girasol (complementan lisina y metionina).
- Pan integral como acompañamiento (metionina).

Snacks ricos en proteínas

Independientemente del tipo de dieta, estos snacks son excelentes para complementar el aporte diario de aminoácidos esenciales:

- Hummus con bastones de zanahoria.
- Batido de proteínas con leche de almendras y plátano.
- Frutos secos (almendras, nueces, anacardos).
- Edamame (soja joven cocida).

IMPACTO POSITIVO DE UNA BUENA PLANIFICACIÓN

- **Mantenimiento muscular**: La leucina, isoleucina y valina son esenciales para evitar la pérdida muscular.
- **Sistema inmune fuerte**: Aminoácidos como la lisina y el triptófano refuerzan las defensas del cuerpo.
- **Mejor salud mental**: El triptófano, al aumentar la serotonina, ayuda a regular el estado de ánimo.
- **Energía constante**: Una dieta equilibrada en proteínas ayuda a mantener los niveles de energía durante el día.

NECESIDADES DIARIAS DE PROTEÍNAS

- **Requerimientos diarios**:
    - **Mínimos (a)**: Cantidad necesaria para evitar deficiencias (29 g/día).
    - **Recomendados (b)**: Cantidad para un funcionamiento óptimo (45 g/día).
    - **Consumo real en países industrializados (c)**: Suele ser superior a las necesidades (92 g/día).

- Estos valores dependen de factores como edad, sexo y nivel de actividad física.
- **Importancia**: Las proteínas son esenciales para el mantenimiento, reparación y crecimiento de tejidos, así como para la producción de enzimas y hormonas.

Necesidades Diarias de Proteínas

	Cantidad en el cuerpo (kg)	kJ·g⁻¹ (kcal·g⁻¹)	Requerimientos diarios (g) a	b	c
Proteínas	10	17 (4,1)	♂ 37	55	92
			♀ 29	45	75
Hidratos de carbono	1	17 (4,1)	0	390	240-310
Grasas	10-15	38 (9,3)	10	80	130
Agua	35-40	0	2.400	–	–
Minerales	3	0			
Vitaminas	–	–			

a: requerimientos diarios mínimos
b: suministro diario recomendado
c: suministro diario real en países industrializados

VALOR BIOLÓGICO DE LAS PROTEÍNAS

El **valor biológico** indica la calidad de una proteína en función de su capacidad para proporcionar los aminoácidos esenciales en proporciones adecuadas.

- **Proteínas animales** (alto valor biológico):
  - **Huevos y leche humana**: Valor biológico de 1,00 (óptimo).
  - **Leche de vaca (0,93)**, **pescado (0,76)**, **carne de vaca (0,74)**: También tienen alta calidad.
  - **Gelatina (0,05)**: Muy bajo valor biológico, ya que carece de varios aminoácidos esenciales.
- **Proteínas vegetales** (valor biológico menor):
  - **Arroz no pulido (0,86)**: La más completa entre los vegetales.
  - **Soja (0,73)** y **maíz (0,72)**: Buenas fuentes, aunque limitadas en algunos aminoácidos.
  - **Cacahuete (0,55)**: Bajo valor biológico.

COMBINACIÓN DE ALIMENTOS COMPLEMENTARIOS

- **Contexto**: Las proteínas vegetales suelen ser **incompletas** porque carecen de ciertos aminoácidos esenciales. Sin embargo, combinando diferentes alimentos, se puede obtener una proteína completa.
- **Aminoácidos limitantes**: Son los aminoácidos esenciales que faltan o están en baja cantidad en un alimento específico.
    - **Legumbres**: Limitadas en **metionina y cisteína**.
    - **Cereales**: Limitados en **lisina**.
    - **Verduras**: Limitadas en **lisina, metionina y cisteína**.
- **Combinaciones para obtener proteínas completas**:
    - **Legumbres + cereales**:
        - Ejemplo: Arroz con lentejas, judías con arroz, hummus (garbanzos + sésamo).
    - **Cereales + frutos secos**:
        - Ejemplo: Pan con mantequilla de cacahuete.
    - **Verduras + frutos secos/legumbres**:
        - Ejemplo: Tofu con almendras, ensalada de espinacas con piñones y judías.

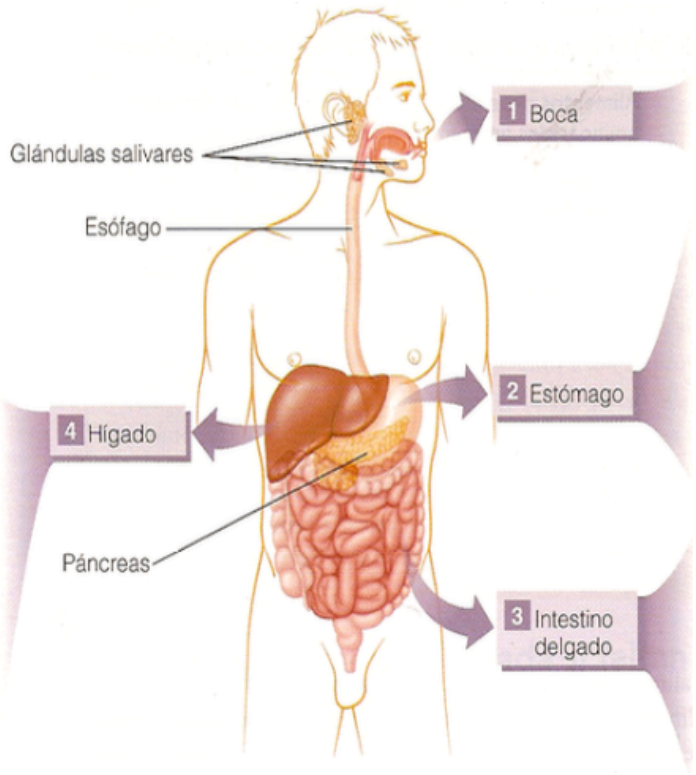
RESUMEN GENERAL

- **Requerimientos proteicos**: La ingesta recomendada depende de las necesidades individuales, pero en los países industrializados suele ser superior.
- **Calidad de las proteínas**: Las proteínas animales tienen mejor calidad, pero las vegetales pueden complementarse para cubrir todos los aminoácidos esenciales.
- **Combinaciones prácticas**: La dieta basada en plantas puede ser completa y saludable si se planifica bien, combinando alimentos complementarios.

PROCESO DIGESTIVO DE LAS PROTEÍNAS

1. Boca

- **Desarrollo**:
    - Las proteínas de los alimentos **se trituran y mezclan con saliva** durante la masticación. Este paso es mecánico y no químico, ya que no hay enzimas específicas para proteínas en la saliva.
- **Propósito**:
    - Facilitar el paso de los alimentos al estómago y aumentar la superficie para las enzimas digestivas.



2. Estómago

- **Eventos principales**:
    - **Producción de gastrina**:
        - La hormona gastrina estimula la secreción de ácido

clorhídrico (HCl) y pepsina, las cuales son esenciales para la digestión de las proteínas.
    - **Desnaturalización de las proteínas**:
        - El ácido clorhídrico rompe los enlaces que mantienen la estructura tridimensional de las proteínas, dejándolas en una forma más sencilla para su posterior degradación.
    - **Actividad de la pepsina**:
        - La pepsina (una enzima proteolítica) rompe las largas cadenas de proteínas (polipéptidos) en fragmentos más pequeños llamados **péptidos**.

3. Intestino delgado

- **Función principal**:
    - Aquí ocurre la digestión final de las proteínas y la absorción de los aminoácidos.
- **Etapas clave**:
    - **Acción de las proteasas pancreáticas**:
        - El páncreas secreta enzimas como tripsina, quimotripsina y carboxipeptidasa, que descomponen los péptidos en fragmentos más pequeños (péptidos cortos y aminoácidos).
    - **Acción de las peptidasas intestinales**:
        - Las enzimas de las células de la pared intestinal (peptidasas) descomponen los péptidos más pequeños en **aminoácidos libres**.
    - **Absorción**:
        - Los aminoácidos atraviesan la pared intestinal mediante transportadores especializados y entran al torrente sanguíneo.

4. Hígado

- **Procesamiento de los aminoácidos**:
    - Los aminoácidos absorbidos se transportan al hígado a través de la **vena porta**.
    - En el hígado, los aminoácidos pueden:
        - Convertirse en glucosa (glucogénesis) o grasa (lipogénesis) para almacenar energía.
        - Utilizarse para sintetizar proteínas específicas necesarias para el cuerpo.
        - Liberarse al torrente sanguíneo para ser distribuidos a las células que los necesitan.

Nota importante

- **La mucosa intestinal no absorbe proteínas completas ni péptidos grandes**. Solo absorbe aminoácidos libres, dipeptidos y tripeptidos.

IMPACTO DE LA DEFICIENCIA DE DIGESTIÓN PROTEICA

Si alguna etapa de la digestión de las proteínas falla, pueden surgir problemas como:

1. **Deficiencia de aminoácidos esenciales**:
    - Afecta la producción de proteínas corporales necesarias para músculos, piel, cabello, enzimas y hormonas.
2. **Debilidad muscular**:
    - La falta de aminoácidos reduce la reparación y mantenimiento muscular.
3. **Problemas inmunológicos**:
    - Sin suficiente producción de anticuerpos, el cuerpo se vuelve más susceptible a infecciones.
4. **Trastornos intestinales**:
    - La presencia de proteínas no digeridas en el intestino puede causar inflamación, gases o diarrea.

CÓMO OPTIMIZAR LA DIGESTIÓN DE PROTEÍNAS

1. **Buena masticación**:
    - Mejora la acción de las enzimas al romper las proteínas en fragmentos más pequeños.
2. **Alimentos ricos en enzimas digestivas**:
    - Piña (bromelina) y papaya (papaína) contienen enzimas naturales que ayudan a digerir proteínas.
3. **Mantener un pH estomacal adecuado**:
    - Evita consumir grandes cantidades de antiácidos si no son necesarios, ya que un estómago poco ácido afecta la activación de la pepsina.
4. **Comer alimentos balanceados**:
    - Combinando diferentes fuentes de proteínas para garantizar todos los aminoácidos esenciales.

ABSORCIÓN DE AMINOÁCIDOS, DI- Y TRI-PÉPTIDOS

Tal vez a estas alturas es importante recordar que son los aminoácidos:

- **Definición**: Los aminoácidos son las **unidades básicas de las proteínas**. Son moléculas pequeñas formadas por un átomo de carbono central unido a:
    - Un **grupo amino** (NH_2).
    - Un **grupo carboxilo** (COOH).
    - Un **hidrógeno (H)**.
    - Una **cadena lateral (R)**, que varía según el aminoácido.
- **Tipos**:
    - **Aminoácidos esenciales**: El cuerpo no puede producirlos; deben obtenerse de la dieta (ej., lisina, triptófano).
    - **Aminoácidos no esenciales**: El cuerpo puede sintetizarlos (ej., alanina, glutamina).
- **Función principal**: Los aminoácidos son los **ladrillos con los que se construyen las proteínas**. Además, participan en funciones específicas como la producción de neurotransmisores, enzimas y hormonas.

Y ahora ¿Qué son los di-péptidos y tri-péptidos?

Cuando dos o tres aminoácidos se **unen mediante enlaces peptídicos**, se forman di-péptidos o tri-péptidos:

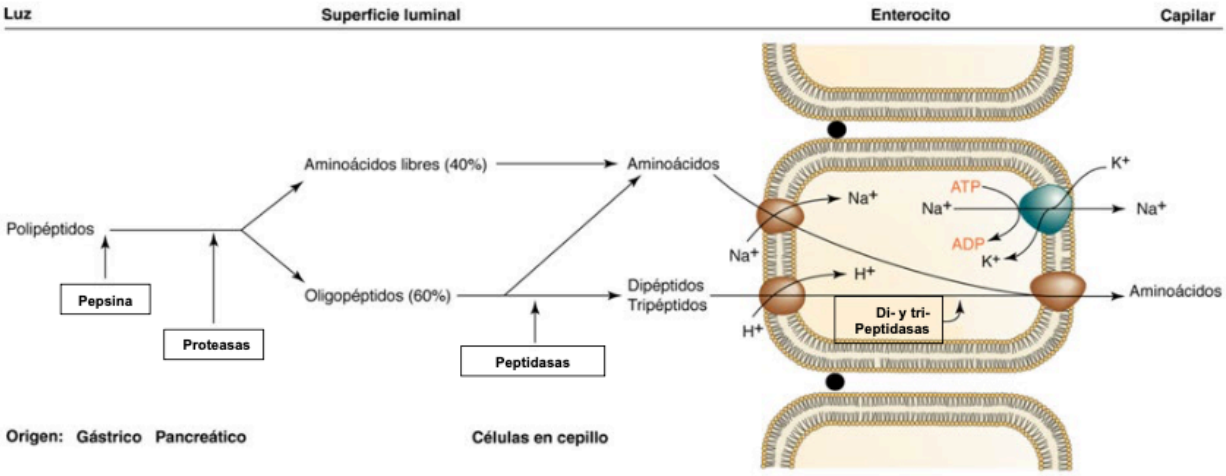
Di-péptidos:

- Formados por **dos aminoácidos** unidos por un enlace peptídico.
- Ejemplo:
    - **Carnosina**: Es un di-péptido presente en los músculos, que ayuda a reducir la acidez durante el ejercicio intenso.

Tri-péptidos:

- Formados por **tres aminoácidos** unidos por dos enlaces peptídicos.
- Ejemplo:
    - **Glutatión**: Es un tri-péptido esencial para la protección antioxidante del cuerpo.

AHORA YA PASAMOS A VER EL PROCESO DE ABSORCIÓN:



1. Fragmentación inicial en la luz intestinal

- **Polipéptidos**:
  - Las proteínas que llegan al intestino delgado ya han sido parcialmente digeridas en el estómago por la **pepsina** y el ácido clorhídrico.
  - Estas largas cadenas de aminoácidos se dividen en **oligopéptidos** (cadenas cortas) mediante las enzimas pancreáticas llamadas **proteasas** (tripsina, quimotripsina y carboxipeptidasa).
- **Productos intermedios**:
  - Alrededor del **60%** de los productos de digestión son di- y tri-péptidos.
  - El **40%** son aminoácidos libres.

2. Conversión final en la superficie del enterocito

- **Peptidasas de membrana**:
  - Estas enzimas se encuentran en la membrana de los enterocitos (células del intestino).
  - Su función es descomponer los di- y tri-péptidos en aminoácidos libres antes de su absorción.

3. Absorción en el enterocito

El proceso de absorción ocurre en las **microvellosidades intestinales** y utiliza mecanismos específicos para transportar los aminoácidos, di- y tri-péptidos a través de la membrana del enterocito.

Mecanismos de transporte

- **Aminoácidos libres**:
  - Utilizan transportadores dependientes de **sodio (Na^+)**. Este proceso requiere energía en forma de **ATP** para mantener el gradiente de sodio.
- **Di- y tri-péptidos**:
  - Usan un sistema diferente, llamado transportador de péptidos (PepT1), que depende de un gradiente de **protones (H^+)**.
  - Una vez dentro de la célula, los di- y tri-péptidos son convertidos en aminoácidos libres por las **di- y tri-peptidasas** intracelulares.

4. Paso al torrente sanguíneo

- Una vez dentro del enterocito, los aminoácidos libres pasan al **capilar sanguíneo** a través de transportadores específicos en la membrana basal del enterocito.
- Desde allí, son transportados al **hígado** mediante la vena porta para su procesamiento y distribución.

Importancia de este proceso

1. **Eficiencia en la absorción**:
   - El transporte de di- y tri-péptidos es más rápido que el de aminoácidos libres, lo que maximiza la absorción de proteínas.
2. **Flexibilidad metabólica**:
   - Los aminoácidos absorbidos pueden utilizarse inmediatamente para producir proteínas, generar energía o sintetizar compuestos importantes como neurotransmisores y hormonas.

Problemas asociados con la absorción de aminoácidos

Si este proceso falla, puede haber consecuencias negativas:

1. **Deficiencias proteicas**:
   - Disminuye la capacidad del cuerpo para sintetizar proteínas necesarias, afectando músculos, piel, cabello y sistema inmunológico.
2. **Síndromes de malabsorción**:
   - Enfermedades como la celiaquía o el síndrome del intestino corto pueden reducir la absorción de aminoácidos.
3. **Alteraciones metabólicas**:
   - La incapacidad para absorber ciertos aminoácidos puede provocar acumulación de compuestos tóxicos o deficiencias específicas.

Optimización de la absorción

1. **Dieta balanceada**:
   - Incluye proteínas de alta calidad (huevos, carne magra, pescado, legumbres combinadas con cereales).
2. **Enzimas digestivas suplementarias**:
   - En casos de insuficiencia pancreática, las enzimas suplementarias pueden mejorar la digestión y absorción de proteínas.
3. **Evitar alteraciones del pH**:
   - Es importante mantener un equilibrio ácido-base adecuado en el estómago y el intestino para optimizar la función de las enzimas digestivas

Diferencias clave entre aminoácidos, di- y tri-péptidos

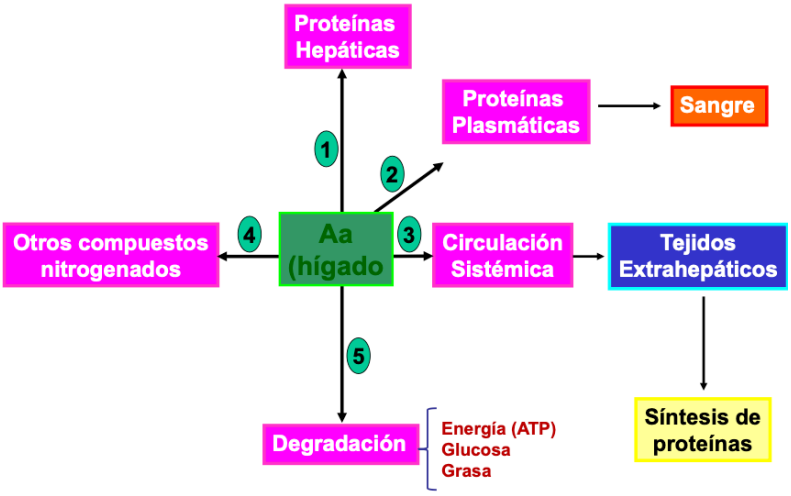
Característica	Aminoácidos	Di-péptidos	Tri-péptidos
Estructura básica	1 molécula de aminoácido	2 aminoácidos unidos	3 aminoácidos unidos
Enlaces peptídicos	Ninguno	1 enlace peptídico	2 enlaces peptídicos
Absorción intestinal	Directa	Absorbidos como unidad	Absorbidos como unidad
Ejemplo	Lisina	Carnosina	Glutatión

DESTINOS DE LOS AMINOÁCIDOS (AA)

Detalle de cada una de las posibles rutas metabólicas que siguen estos aminoácidos provenientes de la dieta en el organismo tras ser absorbidos y transportados al hígado:

1. Síntesis de proteínas hepáticas

- **Qué ocurre**:
  - Los aminoácidos son utilizados en el hígado para sintetizar proteínas específicas, como las **enzimas hepáticas** y otras proteínas estructurales que cumplen funciones locales.
- **Importancia**:
  - Estas proteínas son esenciales para el metabolismo hepático y la desintoxicación.



2. Producción de proteínas plasmáticas

- **Qué ocurre**:
  - Los aminoácidos se usan para sintetizar **proteínas plasmáticas** que se liberan en el torrente sanguíneo.
- **Ejemplos de proteínas plasmáticas**:
  - **Albúmina**: Regula la presión osmótica y transporta moléculas como hormonas y lípidos.
  - **Globulinas**: Incluyen anticuerpos esenciales para la defensa inmunitaria.
  - **Fibrinógeno**: Participa en la coagulación de la sangre.

3. Circulación sistémica hacia tejidos extrahepáticos

- **Qué ocurre**:
  - Una vez que el hígado ha procesado los aminoácidos necesarios, los restantes se liberan en la circulación general y se transportan a otros tejidos del cuerpo.
- **Usos en tejidos extrahepáticos**:
  - **Síntesis de proteínas**: Los músculos, piel, huesos y otros tejidos usan estos aminoácidos para crear sus propias proteínas específicas (ej., colágeno, actina, miosina).
  - **Producción de neurotransmisores**: En el cerebro, aminoácidos como el triptófano y la tirosina se convierten en serotonina y dopamina, respectivamente.

4. Conversión en otros compuestos nitrogenados

- **Qué ocurre**:
  - Algunos aminoácidos se transforman en moléculas especializadas que contienen nitrógeno.
- **Ejemplos de compuestos nitrogenados**:
  - **Creatina**: Almacenamiento y uso rápido de energía en los músculos.
  - **Nucleótidos**: Forman el ADN y ARN.
  - **Porfirinas**: Usadas en la síntesis de hemoglobina y citocromos.

5. Degradación para generar energía

- **Qué ocurre**:
  - Los aminoácidos en exceso, que no se utilizan para sintetizar proteínas o compuestos específicos, se **degradan en el hígado**.
- **Proceso**:
  - Se elimina el grupo amino en un proceso llamado **desaminación**, liberando amoníaco (NH_3), que se convierte en **urea** y se excreta en la orina.
  - El esqueleto carbonado restante se puede usar para:
    - **Generar energía (ATP)** mediante la entrada al ciclo de Krebs.
    - **Producir glucosa** (gluconeogénesis), especialmente en estados de ayuno.
    - **Formar grasas** (lipogénesis) si hay exceso de energía.

RESUMEN VISUAL DE LOS DESTINOS

1. **Hígado**:
   - Producción de proteínas locales y plasmáticas.
   - Conversión en compuestos nitrogenados.
   - Degradación para energía.
2. **Otros tejidos**:
   - Transporte de aminoácidos a tejidos como músculos y cerebro para la síntesis de proteínas y funciones específicas.

IMPORTANCIA METABÓLICA DE ESTE PROCESO

1. **Balance nitrogenado**:
   - Este equilibrio asegura que el cuerpo utilice los aminoácidos de manera eficiente sin acumular productos tóxicos como el amoníaco.
2. **Adaptación a las necesidades del cuerpo**:
   - Durante el ejercicio, más aminoácidos son enviados a los músculos.
   - En situaciones de ayuno, el hígado convierte aminoácidos en glucosa para mantener niveles de energía.
3. **Prevención de deficiencias**:
   - Una dieta adecuada en proteínas asegura que haya suficientes aminoácidos para todos estos procesos.

Estos procesos del uso de aminoácidos y proteínas en el organismo cambian significativamente dependiendo de la situación metabólica, como el **ayuno**, **ejercicio** o **enfermedad**.

Estas son las rutas metabólicas en cada uno de los caso:

1. Durante el ayuno

Cuando no hay ingesta de alimentos, el cuerpo prioriza la conservación de energía y el mantenimiento de la glucosa para los tejidos que dependen exclusivamente de ella, como el cerebro.

Cambios en el uso de los aminoácidos

- **Proteólisis muscular (degradación de proteínas):**
  - Las proteínas musculares (actina, miosina) se descomponen para liberar aminoácidos, especialmente **alanina** y **glutamina**, que se transportan al hígado.
- **Gluconeogénesis en el hígado**:
  - Los aminoácidos se convierten en **glucosa** para mantener los niveles de glucosa en sangre.
  - La **alanina** es uno de los principales precursores gluconeogénicos.
- **Producción de urea**:
  - La desaminación de aminoácidos libera amoníaco (NH_3), que es convertido en urea en el hígado y excretado por los riñones.

- **Ahorrar proteínas**:
    - A medida que el ayuno se prolonga, el cuerpo reduce la degradación muscular para ahorrar proteínas y recurre más a las grasas como fuente de energía.

Impacto del ayuno prolongado

1. Pérdida de masa muscular debido a la degradación proteica.
2. Mayor demanda de aminoácidos para la gluconeogénesis, especialmente durante los primeros días de ayuno.
3. En ayunos prolongados, los tejidos utilizan cuerpos cetónicos derivados de grasas, reduciendo el consumo de glucosa y aminoácidos.

2. Durante el ejercicio

El tipo de ejercicio (aeróbico o anaeróbico) afecta el metabolismo de los aminoácidos de manera distinta.

Ejercicio aeróbico (gran potencia)

- **Aporte de energía**:
    - Durante ejercicios prolongados, el cuerpo usa aminoácidos como **valina, leucina e isoleucina** (aminoácidos de cadena ramificada o BCAA) como fuente de energía.
    - Estos aminoácidos son desaminados y sus esqueletos carbonados ingresan al ciclo de Krebs.
- **Producción de glucosa**:
    - En ejercicios prolongados y cuando las reservas de glucógeno disminuyen, el hígado utiliza aminoácidos como **alanina** para producir glucosa (gluconeogénesis).
- **Recuperación muscular**:
    - Después del ejercicio, los aminoácidos son usados para reparar fibras musculares dañadas y sintetizar nuevas proteínas.

Ejercicio anaeróbico (fuerza)

- **Síntesis proteica post-ejercicio**:
    - El ejercicio de fuerza estimula la síntesis de proteínas musculares durante la fase de recuperación.
    - Se necesita un buen aporte de **leucina**, que activa la vía mTOR, una señal clave para la síntesis de proteínas musculares.
- **Prevención de catabolismo**:
    - La suplementación con BCAA o proteínas antes y después del ejercicio puede reducir la degradación muscular.

3. Durante enfermedades

En situaciones de estrés metabólico (infecciones, cirugías, quemaduras, etc.), las necesidades de proteínas y aminoácidos aumentan significativamente.

Cambios metabólicos

1. **Respuesta inflamatoria**:
    - Durante una infección o lesión, el cuerpo produce proteínas de fase aguda (ej., fibrinógeno, globulinas), lo que aumenta la demanda de aminoácidos.
2. **Catabolismo muscular acelerado**:
    - Los músculos liberan **glutamina** y **alanina** para abastecer al sistema inmune y al hígado.
    - La glutamina es crucial para las células inmunes y la reparación de tejidos.
3. **Desnutrición proteica-energética**:
    - Si no se cubren las necesidades, hay pérdida acelerada de masa muscular, lo que puede empeorar la recuperación.

Recomendaciones en enfermedades graves

- **Aporte de proteínas aumentado**:
    - Pacientes críticos (como en la UCI) suelen necesitar 1.5-2.0 g/kg de peso corporal de proteínas.

- **Aminoácidos específicos**:
  - **Glutamina**: Ayuda a mantener la función inmune y la integridad intestinal.
  - **Arginina**: Promueve la cicatrización de heridas y mejora la función inmunitaria.

RESUMEN COMPARATIVO

Situación	Uso de aminoácidos	Resultado metabólico
Ayuno	Gluconeogénesis y ahorro de proteínas	Degradación muscular, producción de glucosa y cuerpos cetónicos.
Ejercicio	Energía (aeróbico) y reparación muscular (fuerza)	Síntesis de proteínas post-ejercicio, consumo de BCAA.
Enfermedad	Síntesis de proteínas de fase aguda, catabolismo muscular	Mayor demanda de proteínas para inmunidad y reparación.

Estrategias para optimizar el metabolismo en estas situaciones

1. **En ayuno**:
   - Limitar ayunos prolongados para evitar la pérdida muscular.
   - Si es necesario, incluir pequeñas cantidades de proteínas en ayunos intermitentes para preservar la masa muscular.
2. **En ejercicio**:
   - Consumir proteínas antes y después del entrenamiento (20-30 g) para reducir el catabolismo y estimular la recuperación.
   - Usar suplementos de BCAA durante entrenamientos prolongados.
3. **En enfermedad**:
   - Incrementar la ingesta de proteínas (1.5-2 g/kg).
   - Incluir suplementos ricos en glutamina y arginina para favorecer la recuperación.

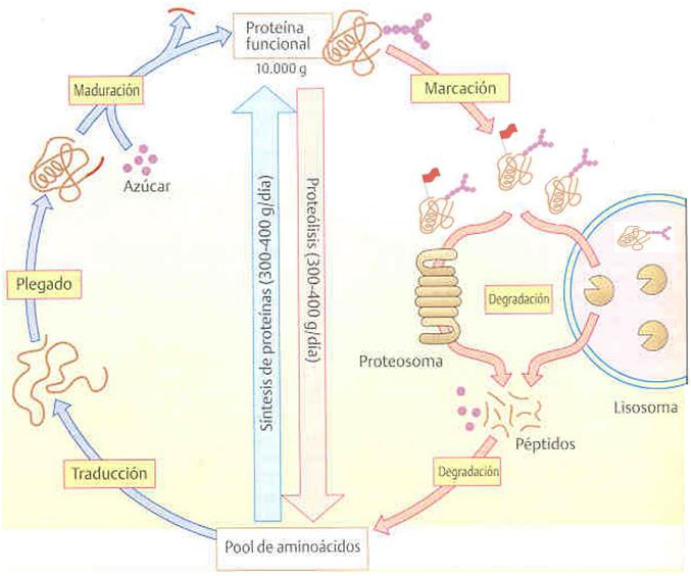
DIGESTIÓN DE LAS PROTEÍNAS INTRACELULARES

Este ciclo asegura que las proteínas dañadas, mal plegadas o innecesarias sean degradadas y reutilizadas.

Veamos cada parte del proceso:

1. Síntesis de proteínas

- **Qué ocurre**:
  - Cada día se sintetizan aproximadamente **300-400 g de proteínas intracelulares** a partir del **pool de aminoácidos**, que es la reserva celular de aminoácidos libres.
  - El proceso de síntesis ocurre en los ribosomas y consta de varias etapas:
    - **Traducción**: El ARNm guía la incorporación de aminoácidos en la cadena proteica.
    - **Plegado**: Las proteínas recién sintetizadas adquieren su estructura tridimensional funcional con la ayuda de proteínas chaperonas.



        - **Maduración**: Algunas proteínas reciben modificaciones químicas (como azúcares o fosfatos) para cumplir funciones específicas.

2. Proteínas funcionales

- Una vez que las proteínas están correctamente sintetizadas, plegadas y maduras, desempeñan funciones específicas, como:
    - Enzimas que catalizan reacciones metabólicas.
    - Componentes estructurales, como actina y tubulina.
    - Proteínas de señalización o transporte.

3. Marcación de proteínas para degradación

- **Cuando ocurre**:
    - Cuando las proteínas están dañadas, mal plegadas o ya no son necesarias, se **marcan** con una molécula llamada **ubiquitina**.
- **Marcación con ubiquitina**:
    - Es un proceso que actúa como "etiqueta roja" para que la proteína sea reconocida por el sistema de degradación.

4. Degradación en proteosomas

- Los **Proteosomas** son complejos proteicos intracelulares responsables de degradar proteínas marcadas con ubiquitina.
- **Proceso**:
    - La proteína entra en el proteosoma, donde se descompone en fragmentos más pequeños llamados **péptidos** y finalmente en aminoácidos libres.
- **Importancia**:
    - Este sistema es altamente selectivo y evita la acumulación de proteínas defectuosas que podrían ser tóxicas.

5. Degradación en lisosomas

- **Lisosomas**:
    - Son orgánulos celulares que contienen enzimas digestivas (proteasas) para degradar proteínas.
- **Proceso**:
    - Las proteínas que no son recicladas por el proteosoma pueden ser enviadas al lisosoma para su degradación.
- **Usos**:
    - Este mecanismo es importante para la eliminación de proteínas extracelulares que entran en la célula mediante endocitosis.

6. Reciclaje de aminoácidos

- **Destino de los aminoácidos liberados**:
    - Los aminoácidos generados por la degradación de proteínas pueden ser:
        - **Reutilizados** para la síntesis de nuevas proteínas.
        - **Convertidos en energía** (si son necesarios en situaciones de ayuno o estrés metabólico).
        - **Utilizados para sintetizar compuestos nitrogenados** (como nucleótidos o neurotransmisores).

BALANCE ENTRE SÍNTESIS Y DEGRADACIÓN

- Este sistema de síntesis y degradación mantiene un equilibrio dinámico:
    - **Homeostasis proteica**:
        - La célula recicla constantemente proteínas para adaptarse a las necesidades metabólicas.

- **Proteólisis y síntesis equilibradas**:
  - Aproximadamente la misma cantidad de proteínas que se sintetizan (300-400 g/día) se degrada para evitar acumulación.

IMPORTANCIA DE LA DIGESTIÓN INTRACELULAR

1. **Reciclaje eficiente**:
   - Permite reutilizar los aminoácidos para sintetizar nuevas proteínas sin depender exclusivamente de la dieta.
2. **Prevención de enfermedades**:
   - La acumulación de proteínas mal plegadas está asociada con enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer y el Parkinson.
3. **Adaptación metabólica**:
   - En situaciones de estrés (ayuno o infección), la degradación de proteínas proporciona aminoácidos para producir energía o moléculas esenciales.

RESPUESTAS ADAPTATIVAS EN CONDICIONES ESPECIALES

- **Ayuno**:
  - Aumenta la proteólisis para liberar aminoácidos que se usarán en la gluconeogénesis.
- **Ejercicio**:
  - Estimula la síntesis proteica muscular en la recuperación post-entrenamiento.
- **Enfermedades**:
  - En infecciones o estrés celular, se acelera la degradación de proteínas dañadas para apoyar la respuesta inmunitaria.

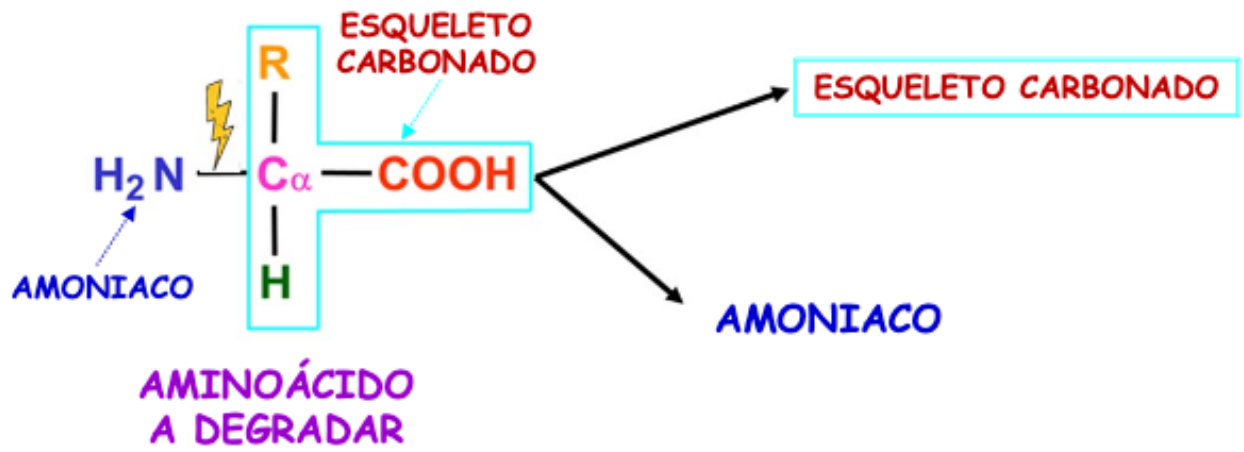
Tema 2: CATABOLISMO DE AMINOÁCIDOS- DESTINO DEL ESQUELETO CARBONADO Y DEL GRUPO AMINO

DESAMINACIÓN OXIDATIVA

La **desaminación oxidativa** es el proceso mediante el cual se elimina el **grupo amino (-NH_2)** de una molécula de **glutamato** en forma de **amoníaco (NH_3)**.

¿Por qué es importante?

El cuerpo descompone las proteínas cuando necesita energía o cuando hay exceso de aminoácidos. Durante este proceso, los **grupos amino** de los aminoácidos se convierten en **amoníaco**, que debe ser eliminado porque es tóxico.



PROCESO DE LA DESAMINACIÓN OXIDATIVA

Paso 1: El punto de partida - El glutamato

- El glutamato es un aminoácido que **recoge los grupos amino** de otros aminoácidos mediante un proceso previo llamado **transaminación**.
- En este proceso, muchos aminoácidos transfieren su grupo amino al **α-cetoglutarato** para formar **glutamato**.
- Por lo tanto, el glutamato es una "molécula cargada" con un grupo amino adicional.

Paso 2: Acción de la enzima "glutamato deshidrogenasa"

- La enzima **glutamato deshidrogenasa** actúa sobre el glutamato.
- Durante esta reacción, el glutamato **pierde el grupo amino**, que se libera como **amoníaco (NH_3)**.
- Lo que queda del glutamato después de perder el grupo amino es **α-cetoglutarato**, una molécula que puede volver a usarse en otros procesos metabólicos.

Paso 3: Eliminación del amoníaco

- El **amoníaco (NH_3)** liberado es **muy tóxico** para las células.
- En el hígado, el amoníaco se convierte en **urea** mediante el **ciclo de la urea**, que permite su eliminación segura a través de la orina.

Ejemplo sencillo:

- **Imagina que el glutamato es un camión** que transporta una carga (el grupo amino).
- **La glutamato deshidrogenasa** es como una grúa que descarga el camión.
- Una vez descargado, el camión (α-cetoglutarato) puede volver a buscar más carga, mientras que la carga (amoníaco) se procesa para ser eliminada.

Resumen final:

1. El glutamato lleva un grupo amino.
2. La enzima glutamato deshidrogenasa elimina el grupo amino, que se libera como **amoníaco (NH_3)**.
3. El amoníaco se convierte en urea y se elimina por el riñón.
4. El α-cetoglutarato resultante se reutiliza para más reacciones metabólicas.

TRANSAMINASAS DE INTERÉS CLÍNICO: AST Y ALT

1. ¿Qué son las transaminasas?

- Las **transaminasas** o **aminotransferasas** son enzimas clave en el metabolismo de los aminoácidos.
- Su función es transferir el **grupo amino (-NH_2)** de un aminoácido al **α-cetoglutarato** para formar **glutamato**, lo que permite degradar aminoácidos sin liberar amoniaco de manera inmediata.

2. Tipos de transaminasas importantes

a. Aspartato Aminotransferasa (AST o GOT)

- También conocida como **Glutamato Oxalacetato Transaminasa (GOT)**.
- **Reacción catalizada**:
  - **Aspartato**: Aminoácido que cede su grupo amino.
  - **Oxalacetato**: Producto resultante al perder el grupo amino.
- **Distribución en el cuerpo**:
  - Hígado (especialmente importante en el metabolismo).
  - Corazón.
  - Músculo esquelético.
  - También se encuentra en riñón, páncreas, bazo, pulmones y eritrocitos.

b. Alanina Aminotransferasa (ALT o GPT)

- También conocida como **Glutamato Piruvato Transaminasa (GPT)**.
- **Reacción catalizada**:
  - **Alanina**: Aminoácido que cede su grupo amino.
  - **Piruvato**: Producto resultante al perder el grupo amino.
- **Distribución en el cuerpo**:
  - Alta concentración en el **hígado**.
  - También se encuentra en el músculo esquelético, corazón, páncreas, bazo, pulmón y eritrocitos.

3. Importancia clínica

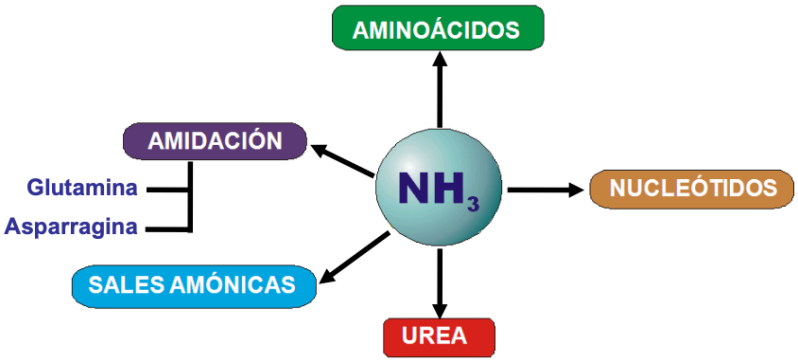
- Los niveles de **AST** y **ALT** son indicadores importantes en análisis de sangre para evaluar la **función hepática**:
- **Aumento de AST y ALT**: Puede indicar daño hepático (como en hepatitis, cirrosis o intoxicaciones).
- **AST alta y ALT alta en el corazón**: Puede indicar daño al tejido muscular cardíaco (infarto de miocardio).

4. Diferencias entre AST y ALT:

Característica	AST (GOT)	ALT (GPT)
Reacción principal	Aspartato → Oxalacetato	Alanina → Piruvato
Órgano principal	Corazón, hígado, músculo	Hígado
Importancia clínica	Indicador de daño hepático y muscular	Más específico del hígado

Conclusión: Las transaminasas AST y ALT son esenciales para el metabolismo de los aminoácidos y para mantener el equilibrio de nitrógeno en el cuerpo. Su análisis en sangre es clave para diagnosticar enfermedades del hígado y problemas musculares.

En este esquema se muestran los destinos del **amoníaco (NH_3)** en el metabolismo celular. Estos son cada uno de los caminos posibles:



1. Aminoácidos

- El **amoníaco (NH_3)** puede utilizarse para la síntesis de **aminoácidos** mediante reacciones de **transaminación y amidación**.
- En este proceso, el grupo amino (NH_2) se transfiere o se fija para formar nuevos aminoácidos, como la **glutamina** y la **asparagina**.

2. Amidación (Glutamina y Asparagina)

- **Amidación** es la reacción donde se incorpora un grupo amino ($-NH_2$) al esqueleto de carbono, utilizando **NH_3**.
- **Glutamina**: Se forma al añadir un grupo amino al glutamato.
- **Asparagina**: Se sintetiza al añadir un grupo amino al aspartato.
- Estas moléculas funcionan como depósitos temporales de amoníaco y participan en la regulación de su concentración en el organismo.

3. Nucleótidos

- El amoníaco es un componente clave en la **síntesis de nucleótidos** (como purinas y pirimidinas).
- Los grupos amino donados por el **NH_3** se utilizan en la formación de bases nitrogenadas que forman parte del ADN y ARN.

4. Urea (Ciclo de la urea)

- El **amoníaco** se convierte en **urea** en el **hígado** a través del **ciclo de la urea** para ser eliminado.
- La urea es la forma principal en la que se elimina el exceso de nitrógeno en los vertebrados a través de la orina.

5. Sales amónicas

- En algunas reacciones, el **NH_3** se convierte en **iones amonio (NH_4^+)** que forman sales amónicas.
- Estas sales pueden participar en procesos de excreción directa o equilibrar el pH en el cuerpo.

Conclusión: El amoníaco es un subproducto tóxico del metabolismo de los aminoácidos, pero el organismo lo utiliza de manera eficiente para la síntesis de aminoácidos, nucleótidos y para la

eliminación del exceso de nitrógeno mediante la urea. La formación de glutamina y asparagina es clave para transportar amoníaco de forma segura dentro de las células.

TOXICIDAD DEL AMONÍACO

- **Altamente tóxico**: A concentraciones elevadas, el amoníaco es **neurotóxico**.
- **Efectos neurotóxicos**:
  - **Disminuye la producción de energía (ATP)** porque interfiere en el ciclo de Krebs.
  - **Disminuye los niveles de glutamato**, un neurotransmisor esencial y precursor del GABA (otro neurotransmisor inhibitorio).
- La acumulación de amoníaco en sangre causa **hiperamonemia**, que puede provocar:
  - Confusión mental.
  - Alteraciones neurológicas graves, pudiendo llevar al coma.

SISTEMAS DE ELIMINACIÓN DE AMONÍACO SEGÚN LOS ORGANISMOS



1. Amoniotélicos (excretan amoníaco directamente)

- **Organismos**:
  - Anélidos acuáticos.
  - Moluscos.
  - Larvas de anfibios.
  - Peces óseos.
- **Característica**:
  - El amoníaco es expulsado directamente al medio ambiente (generalmente acuático) debido a su alta solubilidad en agua.
  - Este método requiere un gran volumen de agua para diluir el amoníaco y evitar toxicidad.

2. Ureotélicos (excretan urea)

- **Organismos**:
  - Peces cartilaginosos (como los tiburones).
  - Anfibios.
  - Mamíferos (incluidos los humanos).
- **Característica**:
  - El **amoníaco** se convierte en **urea** (menos tóxica) en el hígado mediante el **ciclo de la urea** y se elimina en la orina.
  - La urea es más soluble en agua que el ácido úrico y requiere menos agua para ser eliminada.

3. Uricotélicos (excretan ácido úrico)

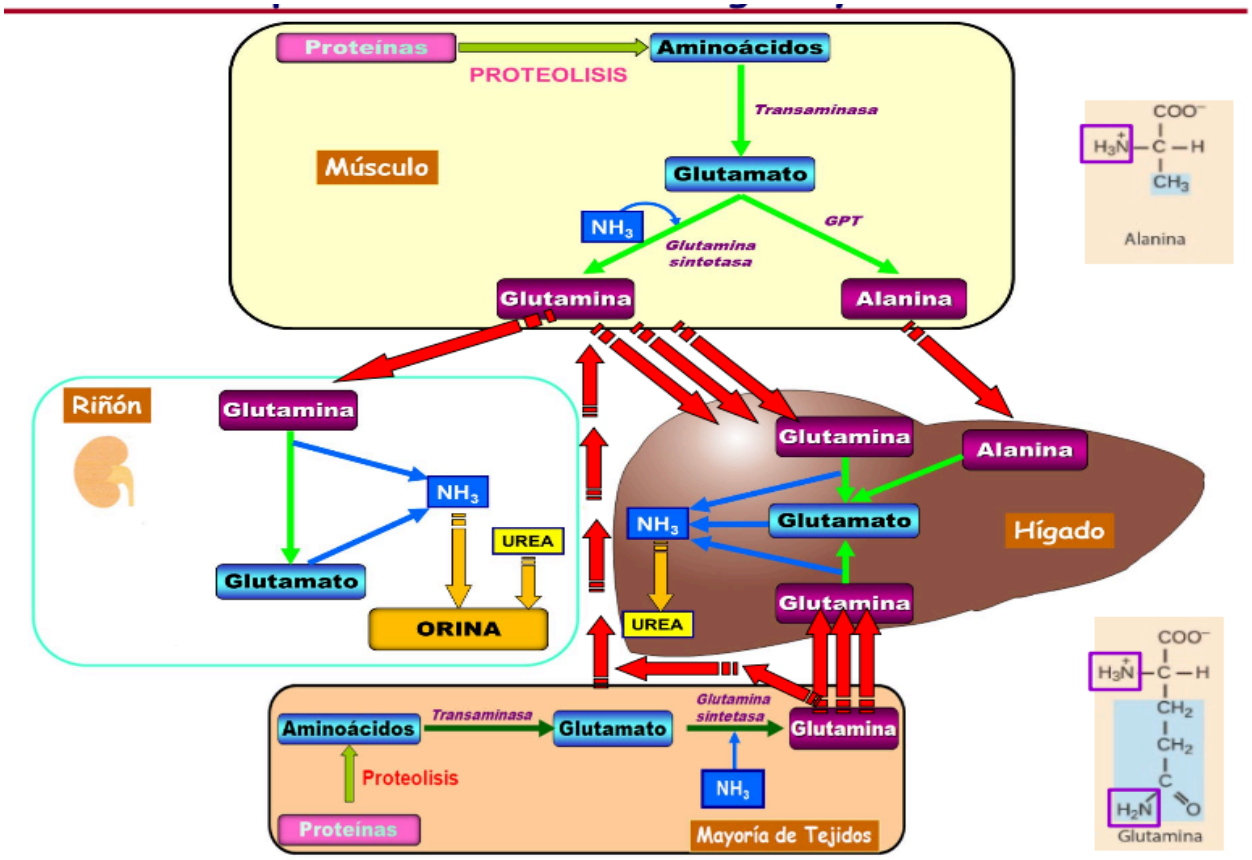
- **Organismos**:
  - Insectos.
  - Aves.
  - Reptiles.
- **Característica**:
  - El amoníaco se convierte en **ácido úrico**, que es casi insoluble en agua y se excreta en forma de pasta semisólida.

- Este sistema es una adaptación a la vida terrestre, donde conservar agua es crucial.

Conclusión: Los organismos han desarrollado diferentes mecanismos de eliminación del amoníaco en función de su entorno. Los **amoniotélicos** necesitan grandes cantidades de agua, los **ureotélicos** requieren agua moderada, y los **uricotélicos** minimizan la pérdida de agua al máximo, eliminando el nitrógeno en forma de ácido úrico.

TRANSPORTE DEL AMONÍACO AL HÍGADO Y AL RIÑÓN

¿Cómo se realiza la gestión del nitrógeno durante el metabolismo de los aminoácidos?



1. Transporte del amoníaco desde el músculo al hígado

- **Proteólisis**:
  - En el **músculo**, las **proteínas** se degradan en **aminoácidos**.
  - Estos aminoácidos liberan grupos amino (NH_2) a través de reacciones de **transaminación**, generando **glutamato**.
- **Conversión a alanina**:
  - La enzima **GPT (glutamato-piruvato transaminasa)** transfiere el grupo amino del glutamato al **piruvato**, generando **alanina**.
  - La alanina viaja por la sangre desde el músculo al hígado.

2. Transporte del amoníaco desde otros tejidos al hígado

- **Conversión a glutamina**:
  - En la **mayoría de los tejidos**, el amoníaco se une al **glutamato** mediante la enzima **glutamina sintetasa**, formando **glutamina** (una forma segura de transportar amoníaco).
  - La glutamina viaja por la sangre hasta el hígado.

3. Procesamiento del amoníaco en el hígado

- La **glutamina** y la **alanina** liberan su grupo amino en el hígado:

- La **alanina** se convierte en piruvato y libera amoníaco.
- La **glutamina** se convierte de nuevo en **glutamato** mediante la **glutaminasa**, liberando **NH_3**.

- **Conversión de NH_3 en urea**:
  - El **amoníaco (NH_3)** se convierte en **urea** a través del **ciclo de la urea**.
  - La **urea** se transporta por la sangre hacia los **riñones** para ser eliminada en la orina.

4. Procesamiento en los riñones

- La **glutamina** se convierte nuevamente en **glutamato** y libera **NH_3**.
- El **amoníaco** se elimina directamente en la orina en forma de sales amónicas o como parte de la urea.

Resumen del flujo de transporte:

- **Músculo**:
  - Alanina → Hígado → Conversión en piruvato y amoníaco.
- **Otros tejidos**:
  - Glutamina → Hígado → Conversión en glutamato y amoníaco.
  - Glutamina → Riñón → Conversión en glutamato y excreción de amoníaco.

Relación entre hígado y riñón:

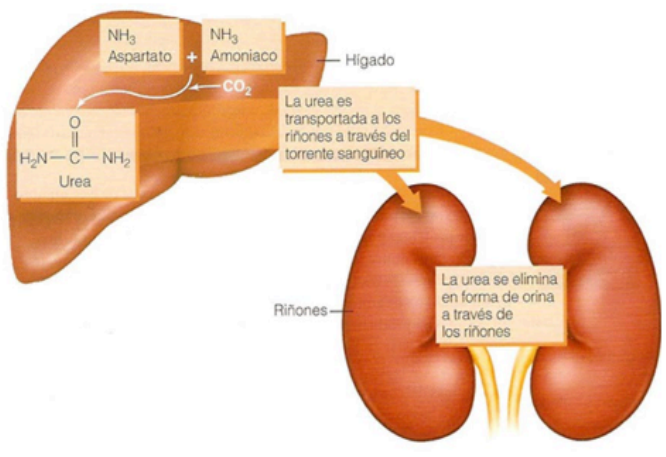
- El hígado se encarga de **detoxificar** el exceso de amoníaco convirtiéndolo en urea.
- El riñón también participa en la eliminación directa de amoníaco, especialmente en condiciones de acidosis, regulando la excreción de protones y generando bicarbonato.

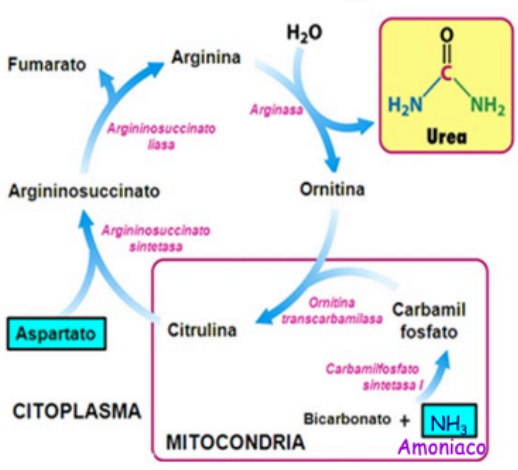
Propósito del sistema: Este proceso es crucial para mantener bajos los niveles de amoníaco en la sangre, ya que es altamente tóxico para el sistema nervioso central en concentraciones elevadas. El ciclo de la urea en el hígado es el mecanismo principal para convertir el amoníaco en un compuesto menos tóxico y más soluble.

CICLO DE LA UREA (TAMBIÉN CONOCIDO COMO CICLO DE ORNINTINA O CICLO DE KREBS-HENSELEIT)

Descripción del proceso:

1. **Lugar de formación de la urea:** Ocurre en el **hígado**. Este órgano convierte el amoníaco (NH_3), un compuesto tóxico, en **urea**, que es mucho menos tóxica. La urea es el principal compuesto nitrogenado eliminado por los mamíferos.





2. **Componentes principales para formar urea:**
   - **Amoníaco libre** (NH_3): Proviene de la desaminación de aminoácidos.
   - **Aspartato**: Un aminoácido que aporta un grupo amino adicional.
3. **Transporte de la urea:** Una vez formada, la **urea** es transportada por la sangre desde el hígado hasta el **riñón**, donde se elimina a través de la **orina**.

Fases del ciclo de la urea:

1. **Formación de carbamil fosfato:** La enzima **carbamil fosfato sintetasa I** une el amoníaco con dióxido de carbono (CO_2) utilizando ATP.
2. **Formación de citrulina:** El carbamil fosfato reacciona con ornitina para formar **citrulina**.
3. **Formación de argininosuccinato:** La citrulina se une con aspartato gracias a la enzima **argininosuccinato sintetasa**.
4. **Formación de arginina:** Se libera **fumarato** y se forma **arginina**.
5. **Formación de urea:** La arginina se convierte en urea y **ornitina**, que vuelve al ciclo.

Alteraciones en el ciclo de la urea:

- **Hiperamonemia:** Acumulación excesiva de amoníaco en la sangre. Puede ser causada por:
- **Defectos genéticos:** Falta o alteración de alguna de las enzimas del ciclo.
- **Daño hepático:** Enfermedades como la cirrosis hepática o la exposición a tóxicos pueden afectar la capacidad del hígado para procesar el amoníaco.

Importancia clínica: La incapacidad del hígado para eliminar amoníaco puede llevar a **encefalopatía hepática**, un cuadro grave que afecta al sistema nervioso.
El ciclo de la urea es un mecanismo esencial para mantener el equilibrio del nitrógeno en el organismo.

DESTINO DEL ESQUELETO CARBONADO DE LOS AMINOÁCIDOS

Cuando los aminoácidos son degradados en el metabolismo, el esqueleto carbonado (la parte que queda tras eliminar el grupo amino) puede seguir diferentes destinos. Este destino depende del tipo de aminoácido:

Aminoácidos Glucogénicos (Precursores de Glucosa): Estos aminoácidos son aquellos cuyos esqueletos carbonados se convierten en **intermediarios del ciclo de Krebs** o en **piruvato**, y pueden ser usados en la **gluconeogénesis** para producir glucosa.

- **Ejemplos de aminoácidos glucogénicos:**
  - Alanina
  - Arginina
  - Asparagina
  - Aspartato
  - Cisteína
  - Glutamato
  - Glutamina
  - Glicina
  - Histidina
  - Metionina
  - Prolina
  - Serina
  - Treonina
  - Valina

Aminoácidos Cetogénicos (Precursores de Cuerpos Cetónicos): Estos aminoácidos se degradan para formar **acetil-CoA** o **acetoacetil-CoA**, precursores de los **cuerpos cetónicos**. También pueden contribuir a la formación de ácidos grasos.

- **Ejemplos de aminoácidos cetogénicos:**
  - Leucina
  - Lisina

Aminoácidos Mixtos (Glucogénicos y Cetogénicos): Estos aminoácidos tienen partes de su esqueleto que pueden ser utilizados tanto para producir glucosa como para formar cuerpos cetónicos.

- **Ejemplos de aminoácidos mixtos:**
  - Isoleucina
  - Fenilalanina
  - Tirosina
  - Triptófano

Importancia Metabólica:

- **Glucosa:** Fuente de energía principal para el cerebro y los glóbulos rojos.
- **Ácidos grasos y cuerpos cetónicos:** Alternativa energética en condiciones de ayuno prolongado.

Todo esto refleja la versatilidad del metabolismo de los aminoácidos y cómo el cuerpo utiliza estas moléculas tanto para mantener los niveles de glucosa como para generar energía en momentos de carencia alimenticia.

Tema 3: CONVERSIÓN DE AMINOÁCIDOS EN PRODUCTOS ESPECIALIZADOS

Los **aminoácidos** no solo son componentes esenciales de las proteínas, sino que también tiene la función de ser los **precursores** de una gran variedad de moléculas especializadas con funciones cruciales en el organismo.

1. PRINCIPALES PRODUCTOS DERIVADOS DE LOS AMINOÁCIDOS:

PRODUCTO ESPECIALIZADO	FUNCIÓN PRINCIPAL	AMINOÁCIDO PRECURSOR
Neurotransmisores	Señales químicas entre neuronas	Glutamato, Tirosina, Triptofano
Hormonas	Regulación de funciones biológicas	Tirosina (dopamina, adrenalina), Triptofano (serotonina)
Nucleótidos	Componentes del ADN y ARN	Aspartato, Glutamina, Glicina
Creatina	Reserva de energía en el músculo	Arginina, Glicina, Metionina
Porfirinas	Componentes de la hemoglobina	Glicina

2. EJEMPLOS DETALLADOS

a) Neurotransmisores: Los neurotransmisores son moléculas químicas que permiten la comunicación entre las neuronas:

- **Glutamato**: Principal neurotransmisor excitador en el sistema nervioso central.
- **GABA (Ácido Gamma Aminobutírico)**: Neurotransmisor inhibitorio derivado del glutamato.
- **Dopamina**: Neurotransmisor derivado de la tirosina, cuya deficiencia está asociada con la enfermedad de Parkinson.

b) HORMONAS: Las hormonas son los mensajeros químicos del cuerpo. Viajan a través del torrente sanguíneo hacia los tejidos y órganos.

- **Adrenalina y Noradrenalina**: Derivan de la tirosina y participan en la respuesta al estrés.
- **Serotonina**: Derivada del triptófano, regula el estado de ánimo, el sueño y el apetito.

c) NUCLEÓTIDOS: Los nucleótidos, como la adenina y guanina, se sintetizan a partir de aminoácidos como **aspartato** y **glutamina**. Son los bloques básicos del ADN y ARN.

d) CREATINA Y CREATININA: La **creatina** es una molécula que almacena y libera energía en las células musculares mediante la conversión en **fosfocreatina**.
Su precursor principal es la **arginina**, junto con **glicina** y **metionina**.

e) PORFIRINAS: Las **porfirinas** son componentes esenciales de la **hemoglobina**, que transporta oxígeno en la sangre. Su precursor principal es la **glicina**.

3. IMPORTANCIA CLÍNICA

- Alteraciones en la conversión de aminoácidos pueden causar enfermedades metabólicas.
- **Ejemplo:** La deficiencia de dopamina, derivada de la tirosina, está relacionada con la **enfermedad de Parkinson**.

Conclusión: Los aminoácidos son fundamentales no solo como bloques de construcción de proteínas, sino también como precursores de neurotransmisores, hormonas, nucleótidos y moléculas esenciales como la creatina y las porfirinas. Esto los convierte en actores clave en múltiples procesos fisiológicos del organismo.

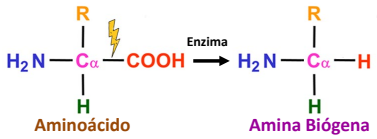
CONVERSIÓN DE AMINOÁCIDOS EN PRODUCTOS ESPECIALIZADOS: AMINAS BIÓGENAS

1. ¿QUÉ SON LAS AMINAS BIÓGENAS? Las **aminas biógenas** son **moléculas derivadas de aminoácidos** que se forman mediante la **descarboxilación** (pérdida de un grupo carboxilo -COOH). Son importantes porque actúan como **neurotransmisores, hormonas** y moléculas reguladoras en procesos biológicos esenciales.

2. PROCESO DE FORMACIÓN DE LAS AMINAS BIÓGENAS

- **Descarboxilación de aminoácidos:** El proceso ocurre mediante la acción de enzimas llamadas **descarboxilasas**, que eliminan el grupo carboxilo (-COOH) del aminoácido, dejando una **amina**.

➢ Las Aminas Biógenas se forman por descarboxilación de los aminoácidos



3. EJEMPLOS DE AMINAS BIÓGENAS Y SUS PRECURSORES:

Aminoácido	Amina Biógena	Función principal	Enzima
Glutamato	**GABA**	Neurotransmisor inhibitorio	Glutamato descarboxilasa
Tirosina	**Dopamina**	Neurotransmisor en la regulación motora y emocional	Tirosina hidroxilasa y descarboxilasa
Histidina	**Histamina**	Mediador de la respuesta inmune y regulador del sueño	Histidina descarboxilasa
Triptofano	**Serotonina**	Neurotransmisor que regula el estado de ánimo y el sueño	Triptofano hidroxilasa

4. EJEMPLO DETALLADO: GABA (ÁCIDO GAMMA AMINOBUTÍRICO)

- **Formación:** El GABA se sintetiza a partir del **glutamato** mediante la **glutamato descarboxilasa**.
- **Función:** Actúa como un **neurotransmisor inhibitorio** que reduce la excitación neuronal, manteniendo el equilibrio en el sistema nervioso.

5. IMPORTANCIA CLÍNICA

- **Dopamina y enfermedad de Parkinson:**
  - La **deficiencia de dopamina** causada por la degeneración de neuronas dopaminérgicas se relaciona con la enfermedad de Parkinson.
  - Tratamientos como la administración de **levodopa** (precursor de la dopamina) ayudan a suplir este déficit.
- **Histamina y reacciones alérgicas:**
  - La histamina es responsable de las respuestas alérgicas y la inflamación.

- Los antihistamínicos bloquean sus receptores para aliviar síntomas como el picor o la congestión.

6. RESUMEN GENERAL

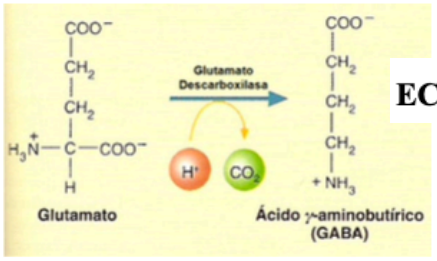
- Las **aminas biógenas** son moléculas esenciales derivadas de aminoácidos mediante reacciones de descarboxilación.
- Cumplen funciones vitales como neurotransmisores y reguladores hormonales.
- Alteraciones en su síntesis o funcionamiento pueden provocar trastornos como enfermedades neurodegenerativas y respuestas alérgicas exageradas.

ÁCIDO GAMMA AMINOBUTÍRICO (GABA)

1. ¿QUÉ ES EL GABA? El **Ácido Gamma Aminobutírico (GABA)** es un **neurotransmisor inhibitorio** en el sistema nervioso central, derivado del aminoácido **glutamato**.
Se forma mediante la **descarboxilación** del glutamato, reacción catalizada por la enzima **glutamato descarboxilasa (GAD)**.
Durante el proceso, se libera **dióxido de carbono (CO_2)**.

2. PROCESO DE FORMACIÓN

- **Reactivo:** Glutamato (aminoácido excitatorio).
- **Enzima:** Glutamato descarboxilasa (con coenzima fosfato de piridoxal, derivada de la vitamina B6).
- **Producto:** Ácido Gamma Aminobutírico (GABA) y CO_2.



ECUACIÓN DE LA REACCIÓN

3. FUNCIÓN DEL GABA EN EL SISTEMA NERVIOSO

- **Principal neurotransmisor inhibitorio:** Reduce la excitación neuronal para evitar hiperactividad.
- **Mantenimiento del equilibrio:** Evita la sobreestimulación del cerebro y favorece la relajación.
- **Regula funciones esenciales como**:
  - El sueño.
  - El tono muscular.
  - La ansiedad y el estado de ánimo.

4. CRITERIOS PARA CONSIDERAR UNA MOLÉCULA COMO NEUROTRANSMISOR

Para que una molécula se clasifique como neurotransmisor debe cumplir con las siguientes condiciones:

1. **Síntesis:** Debe sintetizarse en el interior de las **neuronas**.
2. **Almacenamiento:** Se almacena en las **vesículas sinápticas** en la terminación nerviosa.
3. **Liberación:** Debe liberarse en respuesta a un estímulo eléctrico, viajando hacia la hendidura sináptica.
4. **Reconocimiento:** La célula postsináptica debe tener **receptores específicos** capaces de unirse al neurotransmisor para desencadenar una respuesta.

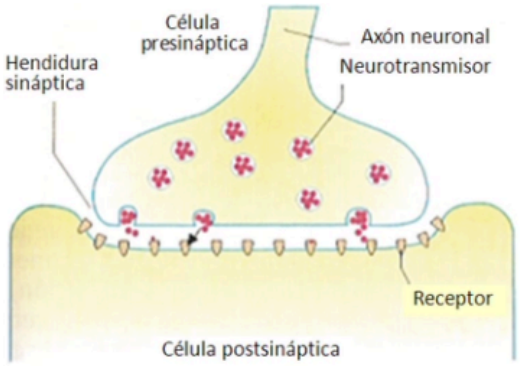
5. IMPORTANCIA CLÍNICA

- **Deficiencia de GABA:** Relacionada con trastornos como:
  - Ansiedad.
  - Epilepsia (convulsiones por sobreestimulación neuronal).
  - **Fármacos:** Los sedantes y ansiolíticos, como las **benzodiacepinas**, aumentan la acción del GABA en las neuronas, favoreciendo la relajación.

6. RESUMEN VISUAL

La ilustración muestra cómo el GABA se libera desde la **célula presináptica** y viaja a través de la **hendidura sináptica** hasta unirse a su receptor en la **célula postsináptica**, disminuyendo su actividad eléctrica.

Esta información detalla el papel del GABA como un modulador clave de la actividad cerebral y explica cómo su función es esencial para mantener la estabilidad del sistema nervioso.



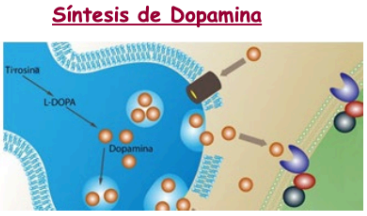
- ✓ Sintetizarse en el interior de las neuronas
- ✓ Almacenarse en las vesículas sinápticas, en las terminaciones nerviosas
- ✓ Liberarse en respuesta a un estímulo desde la célula presináptica a la hendidura sináptica
- ✓ Ser reconocido por la célula postsináptica y unirse a ella

CARACTERÍSTICAS DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON

1. DEFINICIÓN: La **enfermedad de Parkinson** es un **trastorno neurodegenerativo** crónico y progresivo que afecta principalmente al control motor.
Se produce debido a la **deficiencia de dopamina** en ciertas áreas del cerebro, especialmente en la **sustancia negra**, que es responsable de regular los movimientos.

2. DOPAMINA: NEUROTRANSMISOR CLAVE

La **dopamina** es un **neurotransmisor** producido a partir del aminoácido **tirosina** en las **neuronas dopaminérgicas**.



- **Síntesis de dopamina:**
  - La tirosina se convierte en **L-DOPA** (levodopa) gracias a la acción de la enzima **tirosina hidroxilasa**.
  - La **L-DOPA** se transforma en **dopamina** mediante la enzima **DOPA descarboxilasa**.

3. MECANISMO DE LA ENFERMEDAD

- En el Parkinson, las **neuronas dopaminérgicas** en la parte compacta de la **sustancia negra**, el **área tegmental** ventral (VTA) y el **hipotálamo** comienzan a degradarse, disminuyendo la producción de dopamina y por tanto de sus niveles, lo que altera la comunicación entre diferentes partes del cerebro responsables del control motor al estar esta parte del cerebro involucrada en la coordinación del movimiento, se provoca un **desequilibrio entre los neurotransmisores excitatorios e inhibitorios**, lo que afecta la coordinación de los movimientos.
- La disminución de dopamina interfiere en la función del **núcleo estriado**, parte del sistema de los **ganglios basales**, lo que genera una actividad anormal en las vías motoras.
- Hay una hiperactividad en la **vía indirecta** (inhibidora) y una disminución en la **vía directa** (excitatoria), lo que provoca dificultad para iniciar y mantener movimientos.

- Además de los síntomas motores, el Parkinson también presenta manifestaciones no motoras, que pueden aparecer incluso antes de los síntomas principales:
  - **Problemas cognitivos:** Alteraciones de la memoria, dificultad para concentrarse.
  - **Trastornos del sueño:** Insomnio o somnolencia excesiva.
  - **Disfunción autonómica:** Problemas de presión arterial, estreñimiento, sudoración excesiva.
  - **Trastornos emocionales:** Depresión, ansiedad, apatía.
  - **Pérdida del olfato:** Puede ser uno de los primeros signos.

- Posteriormente, estos son los síntomas característicos:
  - **Rigidez muscular:** Aumento de la tensión en los músculos.
  - **Temblor en reposo:** Movimientos rítmicos involuntarios, especialmente en las extremidades.
  - **Bradicinesia:** Lentitud de los movimientos voluntarios.
  - **Postura inclinada hacia adelante.**
  - **Reducción del movimiento de los brazos al caminar.**
  - **Pasos cortos y dificultad para comenzar o detenerse al caminar**



4. CAUSAS Y FACTORES DE RIESGO

La causa exacta del Parkinson aún se desconoce, pero se han identificado ciertos factores que aumentan el riesgo:

- **Genética:** Alrededor del 10% de los casos tiene un componente genético.
- **Factores ambientales:** Exposición a pesticidas, herbicidas o metales pesados.
- **Envejecimiento:** La edad avanzada es el principal factor de riesgo.
- **Traumatismos cerebrales:** Golpes o lesiones repetidas en la cabeza pueden aumentar la probabilidad de desarrollar la enfermedad.

5. DIAGNÓSTICO DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON

No existe una prueba específica para diagnosticar la enfermedad, por lo que el diagnóstico se realiza principalmente mediante:

- **Examen neurológico:** Evaluación de los signos clínicos y la historia médica del paciente.
- **Resonancia magnética (RM):** Para descartar otras condiciones.
- **Respuesta al tratamiento con L-DOPA:** Si los síntomas mejoran con levodopa, es un indicador de la enfermedad.

6. TRATAMIENTOS ACTUALES

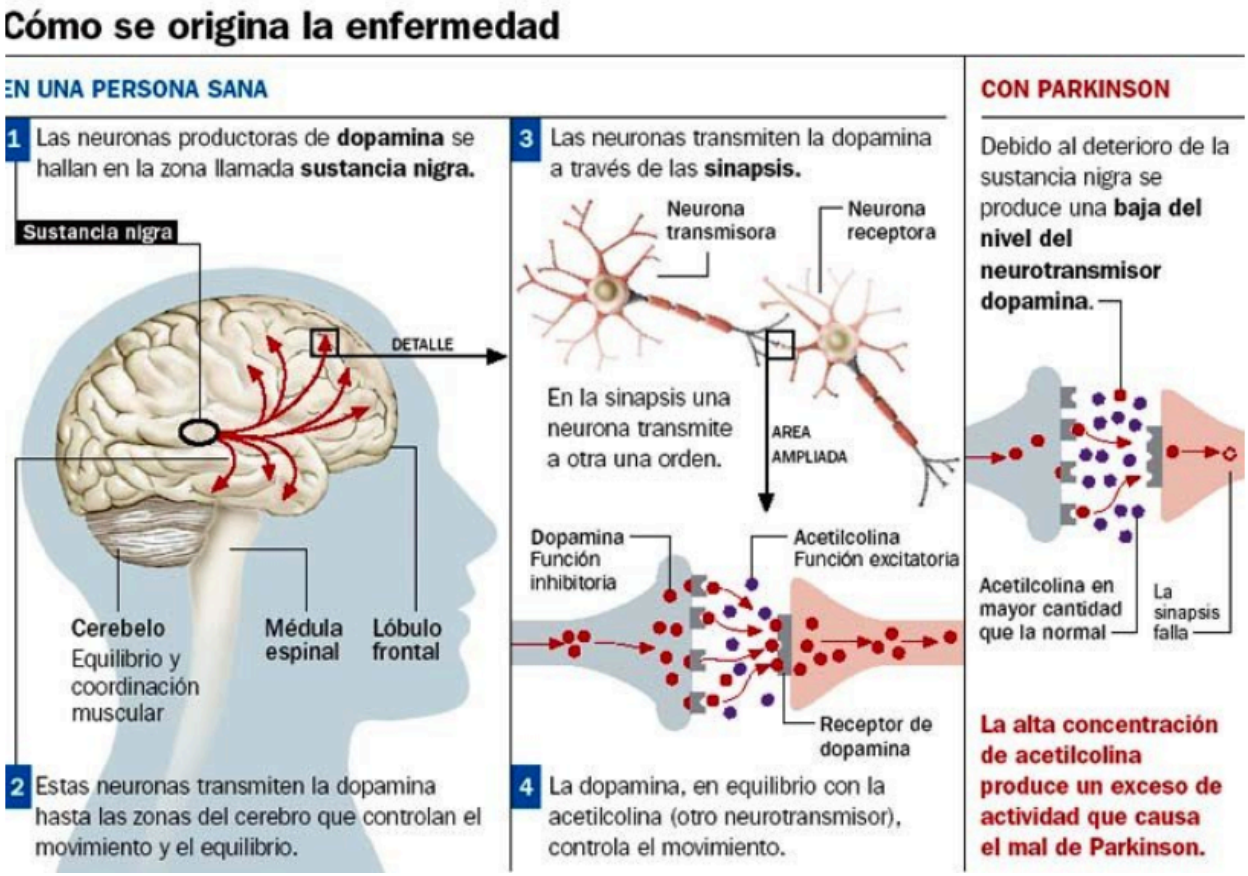
- **Levodopa (L-DOPA):** Fármaco principal para reemplazar la dopamina perdida.
- Se combina con **carbidopa** para evitar que se degrade antes de llegar al cerebro.
- **Agonistas dopaminérgicos:** Imitan el efecto de la dopamina.
- **Inhibidores de MAO-B y COMT:** Impiden la degradación de la dopamina en el cerebro.
- **Cirugía de estimulación cerebral profunda:** Implante de electrodos en los ganglios basales para reducir los síntomas.

7. PRONÓSTICO Y EVOLUCIÓN

El Parkinson es una enfermedad crónica y progresiva, lo que significa que los síntomas empeoran con el tiempo. Sin embargo, el ritmo de progresión varía entre los pacientes. Los tratamientos actuales permiten mejorar la calidad de vida de los pacientes, aunque aún no existe cura definitiva.

8. AVANCES EN INVESTIGACIÓN

- **Terapias génicas:** Investigaciones sobre cómo modificar los genes involucrados en el Parkinson para detener su avance.
- **Nuevas terapias:** Desarrollo de medicamentos que promueven la neuroprotección o la regeneración de neuronas dopaminérgicas. La **L-DOPA** es el tratamiento más común para compensar la deficiencia de dopamina, ya que puede atravesar la **barrera hematoencefálica** y ser convertida en dopamina en el cerebro.
- **Estimulación con ultrasonido focalizado:** Una opción menos invasiva para controlar los temblores. También se realizan procedimientos quirúrgicos para estimular las áreas cerebrales afectadas.



FENILCETONURIA (PKU)

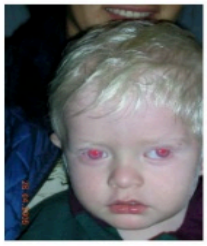
1. DEFINICIÓN: La **fenilcetonuria (PKU)** es un trastorno hereditario del metabolismo causado por una deficiencia de la **fenilalanina hidroxilasa (PAH)**, la enzima encargada de convertir la **fenilalanina** (un aminoácido esencial presente en alimentos) en **tirosina**. Como resultado, se acumula **fenilalanina** en la sangre y tejidos del cuerpo, lo que provoca efectos tóxicos para el sistema nervioso central.

2. MECANISMO DE LA ENFERMEDAD

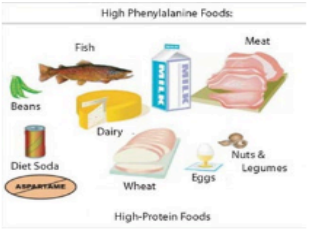
- **En condiciones normales**, la fenilalanina, obtenida de la dieta, se convierte en tirosina gracias a la acción de la enzima fenilalanina hidroxilasa.
- **En la fenilcetonuria**: debido a la deficiencia de la enzima, la fenilalanina no se transforma y se acumula. Se forman productos secundarios como el **fenilpiruvato**, **fenillactato** y **fenilacetato**, que son neurotóxicos.

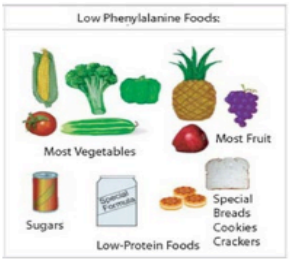
3. MANIFESTACIONES CLÍNICAS

- **Retraso mental** si no se detecta y trata a tiempo.
- **Problemas neurológicos**: convulsiones, hiperactividad, problemas de aprendizaje.
- **Disminución de la pigmentación**: debido a la reducción en la producción de **melanina** (pigmento de la piel, ojos y cabello), ya que la tirosina es precursora de este compuesto.
- **Olor peculiar**: el fenilacetato puede producir un olor característico en la orina y sudor.









4. DIAGNÓSTICO

- **Prueba del talón**: es un análisis neonatal que se realiza pocos días después del nacimiento para medir los niveles de fenilalanina en la sangre. Es crucial el diagnóstico precoz para prevenir daño cerebral irreversible.

5. TRATAMIENTO

- **Dieta baja en fenilalanina:** la clave del tratamiento es restringir alimentos ricos en fenilalanina, como:
  - Carnes, pescados, huevos, lácteos, frutos secos y edulcorantes como **aspartamo** (un edulcorante que contiene fenilalanina).
  - **Alimentos permitidos:** frutas, verduras, alimentos bajos en proteínas y productos específicos diseñados para pacientes con fenilcetonuria.
  - **Suplementos de tirosina:** para garantizar niveles adecuados de este aminoácido.
  - En algunos casos, se pueden usar medicamentos que mejoran la actividad de la enzima defectuosa.

6. CONSECUENCIAS SIN TRATAMIENTO

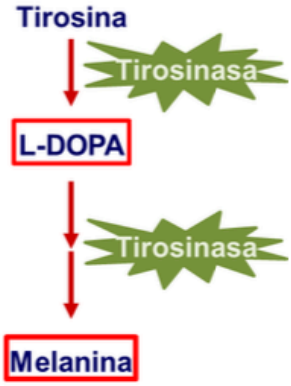
- Si no se trata, la acumulación de fenilalanina puede causar:
  - Retraso mental grave.
  - Problemas motores y convulsiones.
  - Problemas de conducta y sociales.

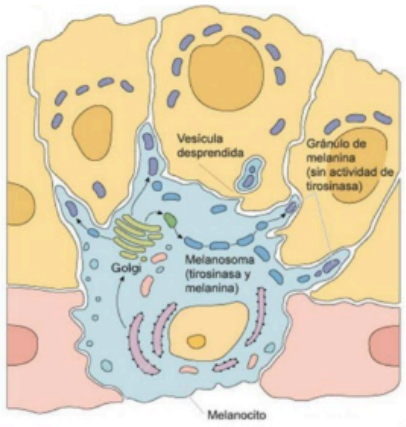
7. PREVENCIÓN

- **Detección temprana:** mediante programas de cribado neonatal.
- **Asesoramiento genético:** en familias con antecedentes de fenilcetonuria para comprender el riesgo de transmitir la enfermedad.

MELANINA

1. DEFINICIÓN: La **melanina** es un pigmento biológico responsable del color de los ojos, cabello y piel. Además de proporcionar coloración, cumple un papel protector contra los efectos dañinos de la radiación ultravioleta (UV) al absorberla y minimizar el daño en las células.









2. SÍNTESIS DE LA MELANINA

- La **tirosina** es el aminoácido precursor de la melanina.
- La enzima **tirosinasa** convierte la tirosina en **L-DOPA** (dihidroxifenilalanina) y luego en **dopaquinona**, para formar finalmente melanina.
- La melanina se almacena en estructuras llamadas **melanosomas**, presentes en los **melanocitos**.

3. TIPOS DE MELANINA

- **Eumelanina:** pigmento marrón oscuro o negro, presente en cabello, piel y ojos.
- **Feomelanina:** pigmento rojizo o amarillo, más común en personas con piel clara y cabello rojo.
- La proporción entre estos tipos de melanina determina la pigmentación individual.

4. ALBINISMO

- El albinismo es un **trastorno genético** causado por la **ausencia o actividad reducida de la tirosinasa**, lo que impide la producción de melanina.
- **Manifestaciones clínicas:**
- **Hipopigmentación:** piel, cabello y ojos con muy poca o nula pigmentación.
- **Fotofobia:** sensibilidad extrema a la luz debido a la falta de pigmento en el iris.
- Problemas visuales como nistagmo (movimiento involuntario de los ojos).
- **Riesgo elevado de cáncer de piel** debido a la falta de protección contra la radiación UV.

5. FUNCIÓN PROTECTORA DE LA MELANINA

- La melanina actúa como un escudo que protege al ADN celular al absorber la radiación ultravioleta.
- La cantidad de melanina producida aumenta con la exposición al sol, lo que explica el bronceado.

6. PROBLEMAS ASOCIADOS

- **Deficiencia de melanina:** puede derivar en hipopigmentación como en el albinismo o el vitíligo (pérdida localizada de pigmentación).
- **Producción excesiva:** puede causar hiperpigmentación, como ocurre en ciertas manchas o cicatrices.

La melanina no solo otorga color a la piel, cabello y ojos, sino que también es fundamental para proteger al cuerpo de los efectos nocivos del entorno, especialmente de la radiación solar. La ausencia de este pigmento, como ocurre en el albinismo, puede aumentar significativamente el riesgo de daños a la piel y enfermedades oculares.

→ MELANINA Y PROTECCIÓN FRENTE A LOS RAYOS UV

1. PROTECCIÓN DEL ADN

- La **melanina** actúa como una capa protectora sobre el núcleo de las células epiteliales, donde se encuentra el ADN.
- Su función es absorber la radiación ultravioleta (UV) y **prevenir daños en el ADN** que podrían provocar mutaciones y enfermedades como el cáncer de piel.

2. TIPOS DE RAYOS UV Y SUS EFECTOS

Los rayos ultravioleta (UV) se dividen en tres tipos según su nivel de energía:

- **Rayos UVA:**
  - **Contenido energético bajo.**
  - Penetran profundamente en la piel y pueden atravesar la capa de ozono.
  - Son los principales responsables del **fotoenvejecimiento** de la piel y la formación de arrugas.
- **Rayos UVB:**
  - **Alto contenido energético.**
  - Solo una pequeña fracción logra atravesar la capa de ozono.
  - Son los principales responsables del **bronceado** y de las **quemaduras solares.** También pueden contribuir al desarrollo de cáncer de piel.
- **Rayos UVC:**
  - **Mayor contenido energético.**
  - Son los más peligrosos, pero **no atraviesan la capa de ozono**, por lo que normalmente no representan un riesgo en la Tierra.

3. DIFERENCIAS EN LA PROTECCIÓN SEGÚN EL TIPO DE PIEL

- **Piel oscura:** contiene una mayor cantidad de melanina, lo que proporciona **mayor protección natural** frente a los rayos UV.
- **Piel clara:** tiene menos melanina, lo que la hace **más susceptible a quemaduras solares** y a daños en el ADN.
- **Piel con albinismo:** carece casi por completo de melanina, por lo que ofrece **nula protección** y es extremadamente vulnerable a la radiación UV.

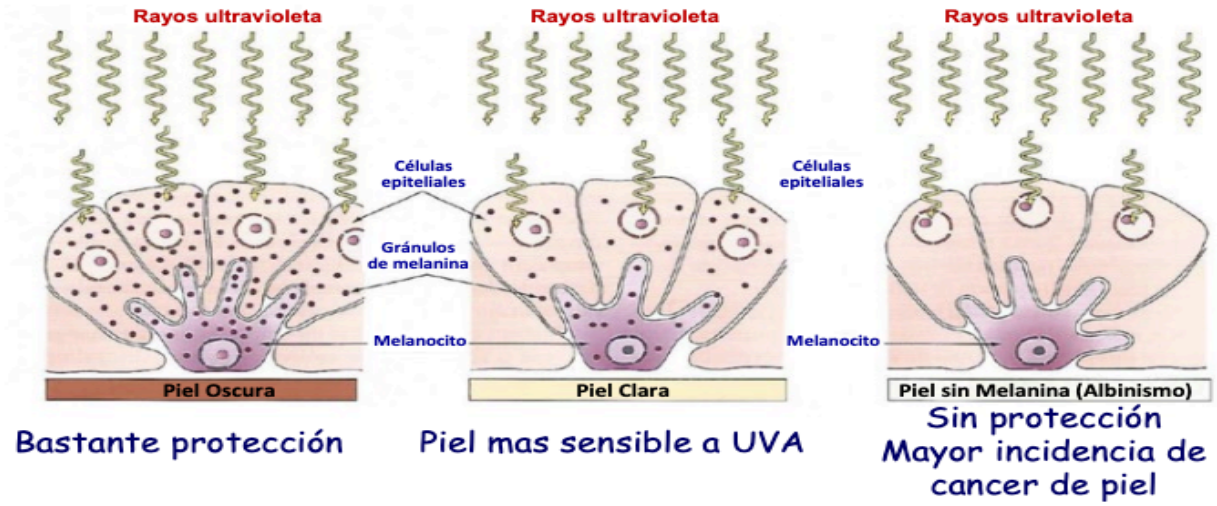
4. OXIDACIÓN DE LA MELANINA

- La exposición a los rayos UV provoca la **oxidación de la melanina** ya presente en la piel, lo que da lugar al **bronceado** como mecanismo de defensa. La exposición prolongada o sin protección puede superar la capacidad protectora de la melanina y ocasionar daño celular.

5. IMPLICACIONES PARA LA SALUD

- La exposición prolongada a la radiación UV sin protección aumenta el riesgo de desarrollar **cáncer de piel**, especialmente en personas con menor pigmentación.
- El uso de protectores solares es clave para minimizar estos riesgos, bloqueando o absorbiendo los rayos UV.

En esta imagen se ve claramente la importancia de la melanina como un sistema natural de protección y la necesidad de medidas adicionales en personas con menor pigmentación o con condiciones como el albinismo para prevenir daños.



→ HISTAMINA Y REACCIÓN ALÉRGICA

1. Síntesis de la Histamina: La **histamina** se produce a partir del aminoácido **histidina** mediante una reacción de **descarboxilación**, catalizada por la enzima **histidina descarboxilasa**.

2. Funciones de la Histamina: La histamina cumple un papel importante en diferentes procesos del organismo:

- **Vasodilatador:** dilata los vasos sanguíneos, lo que provoca un aumento del flujo sanguíneo.
- **Neurotransmisor:** participa en la transmisión de señales nerviosas en el sistema nervioso central.
- **Mediador de reacciones alérgicas e inflamatorias:** es liberada durante reacciones alérgicas y juega un papel clave en la respuesta inmune.

3. Mecanismo de la Reacción Alérgica

1. **Presencia de un alérgeno:** sustancias como el polen, los ácaros del polvo, ciertos alimentos, picaduras de insectos, entre otros, actúan como alérgenos.
2. **Producción de anticuerpos:** el sistema inmune identifica al alérgeno como una amenaza y produce anticuerpos (IgE) que se unen a la superficie de ciertas células.
3. **Liberación de histamina:** cuando el alérgeno se une al anticuerpo, las células liberan histamina al torrente sanguíneo.
4. **Acción de la histamina:** La histamina se une a sus receptores en las células de los vasos sanguíneos, lo que causa vasodilatación. Se produce inflamación, picor, enrojecimiento y secreción de moco.

4. Papel de los Antihistamínicos

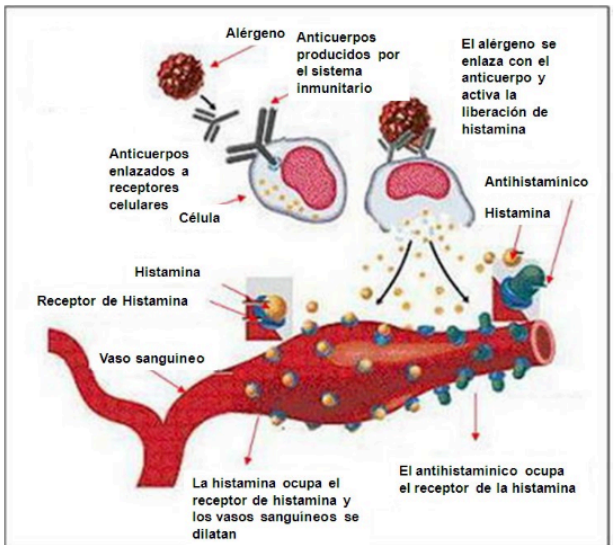
- Los **antihistamínicos** son medicamentos que bloquean los receptores de histamina, impidiendo que esta se una y ejerza sus efectos. Esto reduce los síntomas alérgicos como estornudos, picazón, congestión nasal y ojos llorosos.



5. Principales Alérgenos:

- **Acaros de polvo:** microorganismos presentes en el ambiente doméstico.
- **Pólenes:** causantes de alergias estacionales.
- **Alimentos:** como leche, frutos secos y mariscos.
- **Picaduras de insectos:** como las abejas y avispas.
- **Medicamentos:** ciertos antibióticos y analgésicos.
- **Hongos:** esporas de moho presentes en ambientes húmedos.

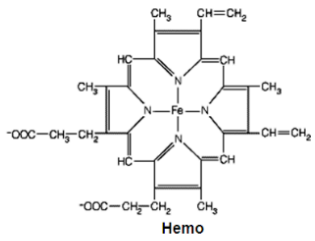
Este esquema muestra cómo la histamina es crucial en la respuesta inflamatoria y alérgica, pero también cómo un exceso de su liberación puede provocar síntomas incómodos que se controlan con medicamentos específicos.



PORFIRINAS: GRUPO HEMO Y HEMOGLOBINA

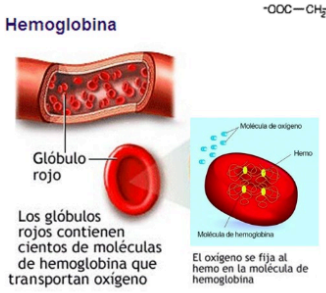
1. PORFIRINAS

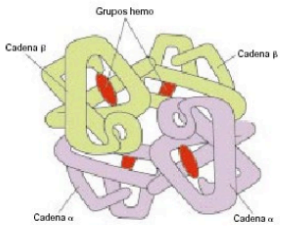
- **Definición:** Las **porfirinas** son compuestos cíclicos formados por cuatro anillos pirrólicos unidos entre sí por puentes de metileno.
- **Función principal:** La función de las porfirinas es **unir iones metálicos** en su centro. En el caso del **grupo hemo**, el metal central es el **hierro (Fe^{2+})**.



2. GRUPO HEMO

- El **grupo hemo** es una **porfirina** que contiene un ion de **hierro (Fe^{2+})** en su centro.
- **Función:**
  - El grupo hemo es fundamental en la **captura y transporte de oxígeno** en el organismo.
  - El hierro presente en el grupo hemo puede unir de manera reversible una molécula de **oxígeno (O_2)**.





3. HEMOGLOBINA

- La **hemoglobina** es una **proteína globular** presente en los **glóbulos rojos**.

- **Estructura de la hemoglobina:**
  - La hemoglobina está formada por **cuatro cadenas polipeptídicas**: dos **cadenas α** y dos **cadenas β**.
  - Cada cadena tiene asociado un **grupo hemo** que puede transportar una molécula de oxígeno.

4. FUNCIÓN DE LA HEMOGLOBINA

- La principal función de la hemoglobina es **transportar oxígeno** desde los **pulmones** hasta los **tejidos** y **recoger dióxido de carbono (CO_2)** para llevarlo de regreso a los pulmones para ser expulsado.
- El **oxígeno** se une al **hierro (Fe^{2+})** del grupo hemo, y esta unión es **reversible** para permitir la liberación del oxígeno en los tejidos.

5. IMPORTANCIA DE LA HEMOGLOBINA

- La hemoglobina es responsable del **color rojo de la sangre** debido a la presencia del hierro.
- La disminución de los niveles de hemoglobina puede llevar a **anemia**, una condición en la que los tejidos no reciben suficiente oxígeno.

ESQUEMA DE TRANSPORTE:

- Los **glóbulos rojos** contienen múltiples moléculas de hemoglobina.
- En cada ciclo respiratorio, cada molécula de hemoglobina puede transportar hasta **cuatro moléculas de oxígeno** gracias a sus cuatro grupos hemo.

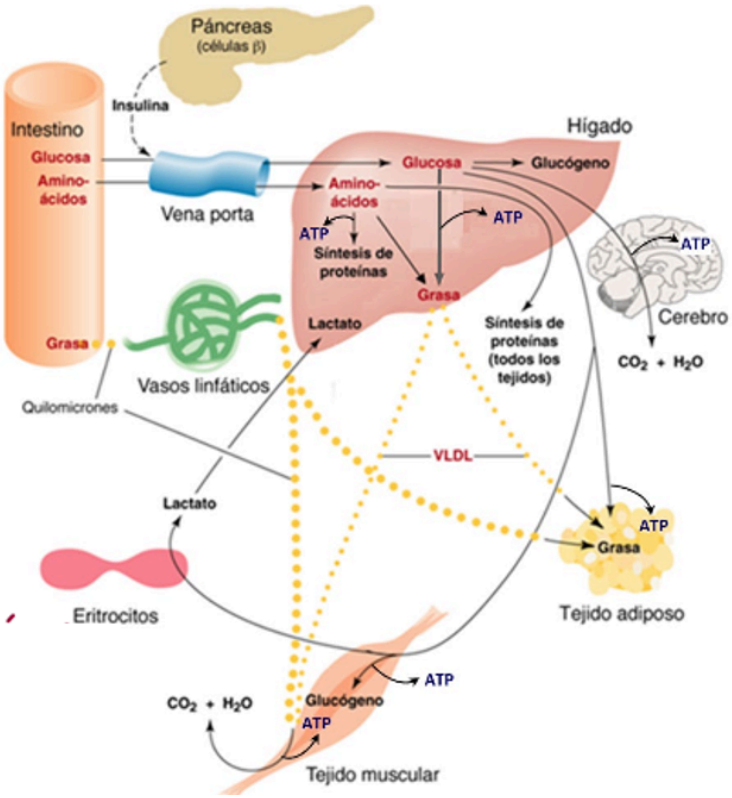
Este sistema de transporte de oxígeno es crucial para mantener el metabolismo celular, proporcionando el oxígeno necesario para la producción de energía en forma de ATP.

Tema 4: INTEGRACIÓN DEL METABOLISMO

⇒ ESTADO DE BUENA NUTRICIÓN

1. DISTRIBUCIÓN DE LA GLUCOSA EN EL ORGANISMO

Cuando hay un estado de **buena nutrición** (después de comer), la glucosa proveniente de los alimentos es distribuida de la siguiente manera:



→ HÍGADO

• **Almacenamiento en forma de glucógeno:** Una parte de la glucosa se almacena en el hígado como **glucógeno hepático**, el cual se utilizará en períodos de ayuno.

• **Conversión en ATP (energía):** La glucosa se degrada mediante **glucólisis** y el **ciclo de Krebs** para producir **ATP**.

• **Conversión en grasas:** Si hay un exceso de glucosa, se convierte en **ácidos grasos**, los cuales son transportados al tejido adiposo en forma de **lipoproteínas VLDL**.

• **Suministro de glucosa a otros tejidos:**

- **Cerebro**: Utiliza glucosa como su **principal fuente de energía**.
- **Músculo**: Puede convertir la glucosa en **glucógeno muscular** o degradarla para obtener ATP.
- **Tejido adiposo**: Convierte la glucosa en **grasa de reserva** y energía.

2. METABOLISMO DE LAS GRASAS

• En el **intestino**, las grasas de la dieta se **empaquetan en quilomicrones** y se transportan por la sangre a distintos tejidos:

- **Tejido adiposo**: Se almacenan como triglicéridos para ser usadas en momentos de déficit energético.
- **Músculo**: Se oxidan en la mitocondria para generar ATP.

3. ACCIÓN DE LA INSULINA Y GLUCAGÓN

• **El páncreas** responde a la ingesta de alimentos liberando **insulina**, lo que promueve:

- La **captación de glucosa** por los tejidos.
- El **almacenamiento** de glucógeno y grasas.
- La **síntesis de proteínas** a partir de los aminoácidos.
- Simultáneamente, se **inhibe la secreción de glucagón**, una hormona que se activa en ayuno para movilizar reservas energéticas.

4. DESTINO DE LOS AMINOÁCIDOS

• En el **hígado**, los aminoácidos obtenidos de los alimentos se utilizan para:

- **Síntesis de proteínas** esenciales para el cuerpo.

- **Producción de compuestos nitrogenados** como nucleótidos y neurotransmisores.
- **Obtención de energía (ATP)** si hay un exceso de aminoácidos.
- **Transporte a otros tejidos** como el músculo, donde se emplean en la **síntesis de proteínas musculares**.

RESUMEN DEL METABOLISMO EN ESTADO DE BUENA NUTRICIÓN

Macronutriente	Destino en el organismo
Glucosa	Almacenada como glucógeno, convertida en ATP o transformada en grasa.
Grasas	Transportadas en quilomicrones para almacenamiento o generación de energía.
Aminoácidos	Utilizados para síntesis de proteínas o convertidos en energía en caso de exceso.

Este estado metabólico es característico después de una comida, cuando el cuerpo prioriza el almacenamiento y la síntesis de biomoléculas.

SECRECIÓN DE INSULINA: REGULACIÓN DEL METABOLISMO ENERGÉTICO

1. ¿Qué es la insulina y por qué es importante?

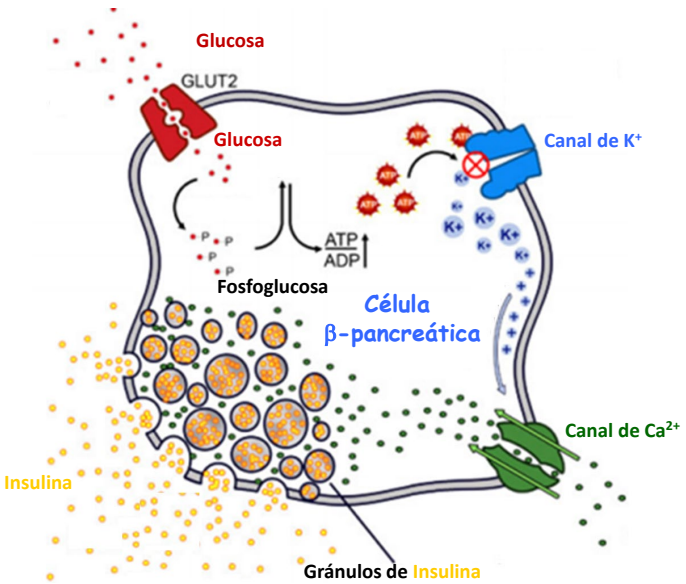
• La **insulina** es una **hormona anabólica** producida por las **células β del páncreas** en respuesta al aumento de **glucosa en sangre** después de una comida.

• Su función principal es **favorecer la captación y almacenamiento de glucosa**, permitiendo que el cuerpo regule los niveles de azúcar en sangre.

2. Mecanismo de Secreción de Insulina en las Células β del Páncreas

El proceso de secreción de insulina está regulado por la concentración de **glucosa en sangre** y se desarrolla en los siguientes pasos:

1. **Entrada de glucosa en la célula β pancreática:** La glucosa entra a través de los transportadores **GLUT2**, sensibles a la concentración de glucosa en sangre.
2. **Fosforilación de la glucosa:** La **glucosa se convierte en fosfoglucosa** mediante la **glucoquinasa**.
3. **Producción de ATP:** La glucosa sigue la vía de la **glucólisis y el ciclo de Krebs**, generando **ATP** en la mitocondria.
4. **Cierre del canal de potasio (K^+):** El aumento de ATP provoca el **cierre de los canales de K^+ dependientes de ATP**, lo que despolariza la membrana celular.
5. **Apertura del canal de calcio (Ca^{2+}):** La despolarización **abre los canales de Ca^{2+}**, permitiendo la entrada de calcio.
6. **Liberación de insulina:** El aumento de **Ca^{2+} intracelular** estimula la exocitosis de los **gránulos de insulina**, liberándola al torrente sanguíneo.



3. Funciones de la Insulina en el Metabolismo

- **Regula la captación de glucosa** en tejidos sensibles como el músculo y el tejido adiposo.
- **Activa la síntesis de glucógeno** en el hígado y músculo.
- **Inhibe la lipólisis** en el tejido adiposo, promoviendo el almacenamiento de grasa.
- **Estimula la síntesis de proteínas** a partir de aminoácidos.

4. Relación con la Diabetes Mellitus

• **Diabetes tipo 1**: Las células β del páncreas no producen insulina, por lo que provoca hiperglucemia y es necesario administrarla externamente.

• **Diabetes tipo 2**: Hay una **resistencia a la insulina**, lo que significa que los tejidos no responden adecuadamente a la hormona dificultando por ello la captación de glucosa por las células.

• **Hipoglucemia:** Exceso de insulina pudiendo reducir peligrosamente los niveles de glucosa en sangre.

RESUMEN DEL MECANISMO DE SECRECIÓN DE INSULINA

Paso	Descripción
1. Entrada de glucosa	La glucosa entra a la célula β mediante GLUT2
2. Fosforilación	La glucosa se convierte en fosfoglucosa
3. Producción de ATP	La glucosa es metabolizada para generar ATP
4. Cierre del canal K^+	El aumento de ATP cierra los canales de potasio
5. Apertura del canal Ca^{2+}	La despolarización abre los canales de calcio
6. Exocitosis de insulina	El aumento de Ca^{2+} estimula la liberación de insulina

Este proceso es fundamental para la regulación del metabolismo energético y la homeostasis de la glucosa en sangre.

→ REGULACIÓN DE LA GLUCOSA EN SANGRE: INSULINA Y GLUCAGÓN

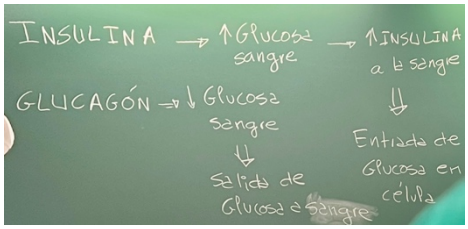
1. Insulina: Disminuye la Glucosa en Sangre

- **Cuando la glucosa en sangre aumenta (por ejemplo, después de comer), el páncreas libera insulina.**
- La **insulina** facilita la **entrada de glucosa en las células** para que sea utilizada como energía o almacenada.
- **Efectos de la insulina:**
  - **Favorece la captación de glucosa** en tejidos como el músculo y el tejido adiposo.
  - **Estimula la síntesis de glucógeno** en el hígado y músculo (glucogénesis).
  - **Inhibe la producción de glucosa** en el hígado (gluconeogénesis).
  - **Favorece el almacenamiento de grasa**, impidiendo la lipólisis.

➡️ **Resultado final: Disminución de la glucosa en sangre**.

2. Glucagón: Aumenta la Glucosa en Sangre

- **Cuando la glucosa en sangre baja (por ejemplo, durante el ayuno), el páncreas libera glucagón.**
- El **glucagón** activa procesos metabólicos en el hígado para liberar glucosa al torrente sanguíneo.
- **Efectos del glucagón:**
  - **Estimula la glucogenólisis**: Descomposición del glucógeno almacenado en el hígado para liberar glucosa.
  - **Activa la gluconeogénesis**: Síntesis de glucosa a partir de precursores no glucídicos como aminoácidos y glicerol.
  - **Favorece la lipólisis**: Moviliza ácidos grasos para obtener energía.



➡️ **Resultado final: Aumento de la glucosa en sangre**.

Hormona	Situación que la activa	Efecto sobre la glucosa en sangre	Mecanismos de acción
Insulina	Aumento de glucosa en sangre (después de comer)	**Disminuye** la glucosa en sangre	Aumenta la captación de glucosa por las células y el almacenamiento como glucógeno
Glucagón	Disminución de glucosa en sangre (ayuno, ejercicio)	**Aumenta** la glucosa en sangre	Moviliza glucógeno y activa la gluconeogénesis

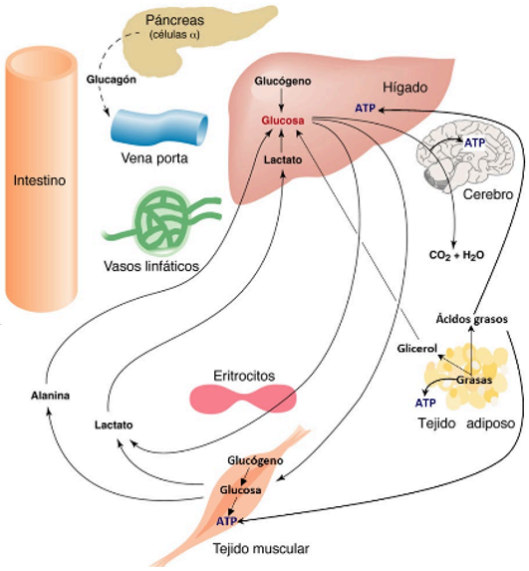
De esta manera vemos la **homeostasis de la glucosa**, donde la insulina y el glucagón actúan de manera opuesta para mantener niveles adecuados de glucosa en sangre.

→ METABOLISMO EN AYUNO NOCTURNO

Durante el **ayuno nocturno**, el cuerpo mantiene los niveles de glucosa en sangre a través de distintos mecanismos metabólicos en el **hígado, tejido adiposo, páncreas, músculo y cerebro**.

1. Metabolismo Hepático (Hígado)

- **Movilización de glucógeno:** Se degrada el **glucógeno hepático** para liberar **glucosa** en la sangre y suministrarla a los tejidos dependientes de glucosa, como el cerebro.
- **Gluconeogénesis (Síntesis de Glucosa):** Se produce glucosa a partir de **alanina** (proveniente del músculo), **lactato** (del metabolismo anaerobio) y **glicerol** (liberado por la lipólisis en el tejido adiposo).
- **Obtención de energía (ATP):** El hígado utiliza **ácidos grasos** como fuente de energía en lugar de glucosa.



2. Metabolismo en el Tejido Adiposo

- **Lipólisis (degradación de grasas):**
  - Se degradan los triglicéridos almacenados para liberar **ácidos grasos** a la sangre, que son captados por el hígado y el músculo.
  - Se libera **glicerol**, que es utilizado en la gluconeogénesis hepática.
  - El tejido adiposo también usa **ácidos grasos** como fuente de energía.

3. Regulación Hormonal: Acción del Páncreas

- **Liberación de Glucagón:** El páncreas secreta **glucagón**, lo que **estimula la degradación de glucógeno** y la **gluconeogénesis hepática**.
- **Inhibición de la Insulina:** Se suprime la producción de **insulina**, evitando que la glucosa entre en las células y favoreciendo su permanencia en la sangre.

4. Metabolismo en el Músculo

- **Captación limitada de glucosa:** Debido a los bajos niveles de insulina, el músculo toma poca glucosa de la sangre.
- **Glucogenólisis muscular:** El glucógeno muscular se degrada en glucosa, pero esta **no se libera a la sangre**, sino que se usa en el músculo mismo para producir energía.
- **Producción de lactato y alanina:** Parte de la glucosa consumida se convierte en **lactato** y **alanina**, que viajan al hígado para la **gluconeogénesis**.

- **Uso de ácidos grasos:** El músculo usa **ácidos grasos** de la sangre como fuente principal de energía.

5. Metabolismo en el Cerebro

- **Dependencia de la Glucosa:**
  - El cerebro sigue captando **glucosa** de la sangre, ya que es su principal fuente de energía.
  - En ayunos prolongados, comenzará a utilizar **cuerpos cetónicos**.

RESUMEN DEL METABOLISMO EN AYUNO NOCTURNO

Órgano/Tegido	Proceso Principal	Fuente de Energía
Hígado	Glucogenólisis y gluconeogénesis	Ácidos grasos
Tejido adiposo	Lipólisis	Ácidos grasos
Páncreas	Secreción de glucagón, inhibición de insulina	-
Músculo	Uso de glucosa limitada, glucogenólisis, metabolismo de ácidos grasos	Ácidos grasos, glucosa propia
Cerebro	Captación de glucosa	Glucosa (y cuerpos cetónicos en ayuno prolongado)

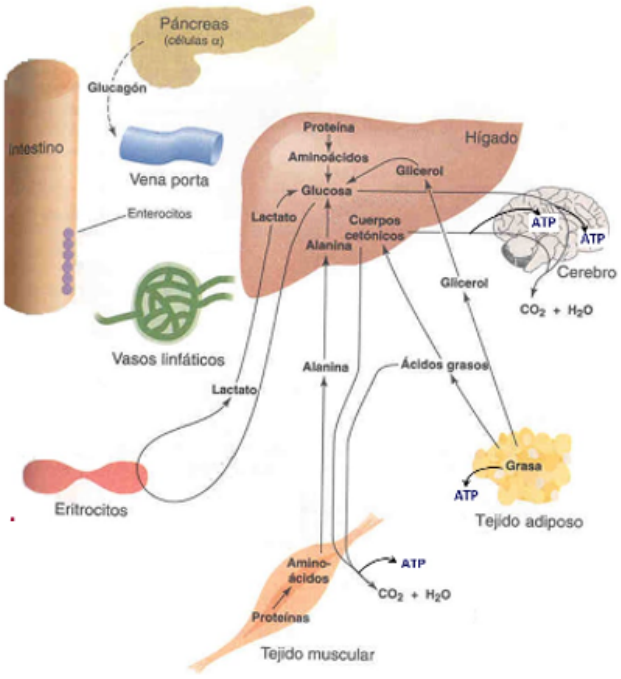
En resumen, el cuerpo equilibra la glucosa en sangre durante el ayuno nocturno a través de procesos metabólicos que aseguran que los tejidos dependientes de glucosa (como el cerebro) sigan funcionando mientras otros tejidos recurren a fuentes alternativas de energía, como los **ácidos grasos**.

→ METABOLISMO EN AYUNO PROLONGADO

Cuando el cuerpo entra en **ayuno prolongado** (más de 24 horas sin ingesta de alimentos), se activan una serie de procesos metabólicos para garantizar la disponibilidad de energía para los órganos esenciales.

1. Regulación Hormonal

- **El páncreas libera glucagón** e **inhibe la secreción de insulina**: Esto promueve la movilización de reservas energéticas en diferentes tejidos.



2. Adaptaciones Metabólicas en los Tejidos

a) Tejido Adiposo

- **Movilización de grasas:**

• Se activan las lipasas, lo que provoca la **liberación de ácidos grasos** en la sangre.

• Estos ácidos grasos son captados por el **hígado** y el **músculo** como fuente de energía.

- **Producción de glicerol:**

• Se libera glicerol al torrente sanguíneo, el cual es utilizado por el **hígado en la gluconeogénesis** para formar glucosa.

b) Hígado

- **Gluconeogénesis:** El hígado produce **glucosa** a partir de:
  - **Alanina** (proveniente de la degradación de proteínas musculares).
  - **Lactato** (del metabolismo anaerobio en los eritrocitos y músculo).
  - **Glicerol** (proveniente del tejido adiposo).
- **Beta-oxidación de ácidos grasos:** Los ácidos grasos movilizados del tejido adiposo son degradados en el hígado para producir **ATP**.
- **Síntesis de cuerpos cetónicos:** En ayunos prolongados, el hígado convierte los ácidos grasos en **cuerpos cetónicos** (acetoacetato y β-hidroxibutirato), que son enviados a la sangre como fuente de energía alternativa.

c) Cerebro

- **Cambio en el metabolismo energético:**
  - En ayunos iniciales, el cerebro **usa glucosa** como principal fuente de energía.
  - En ayuno prolongado, comienza a utilizar **cuerpos cetónicos**, reduciendo así su dependencia de la glucosa.

RESUMEN DEL METABOLISMO EN AYUNO PROLONGADO

Órgano	Proceso Metabólico	Fuente de Energía
Páncreas	Secreta glucagón, inhibe insulina	-
Tejido Adiposo	Movilización de ácidos grasos y glicerol	Ácidos grasos
Hígado	Gluconeogénesis y producción de cuerpos cetónicos	Ácidos grasos, glicerol
Cerebro	Uso de cuerpos cetónicos como fuente de energía	Cuerpos cetónicos, glucosa (mínima)
Músculo	Degradación de proteínas y uso de ácidos grasos	Ácidos grasos, cuerpos cetónicos

d) Músculo

- **Degradación de proteínas:** El músculo libera **aminoácidos (principalmente alanina)** hacia el hígado para la gluconeogénesis.
- **Uso de ácidos grasos y cuerpos cetónicos:** Para reducir la degradación de proteínas, el músculo aumenta el uso de **ácidos grasos** y **cuerpos cetónicos** como fuente de energía.

3. Importancia del Metabolismo en Ayuno Prolongado

- **Preserva la glucosa para tejidos dependientes** como los eritrocitos.
- **Reduce la degradación de proteínas** al cambiar la fuente de energía del cerebro de glucosa a cuerpos cetónicos.
- **Mantiene la homeostasis energética**, evitando una caída drástica en los niveles de glucosa en sangre.

Este mecanismo de adaptación permite la **supervivencia en ausencia de alimentos**, optimizando la utilización de las reservas energéticas del cuerpo.

Tema 5: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LOS GLÚCIDOS. MONOSACÁRIDOS, DISACÁRIDOS Y POLISACÁRIDOS

GENERALIDADES DE LOS GLÚCIDOS (HIDRATOS DE CARBONO)

1. Biomoléculas abundantes

- Los glúcidos son **las biomoléculas orgánicas más abundantes en la Tierra**.
- Su función principal es energética, aunque también participan en procesos estructurales y metabólicos.

2. Composición química

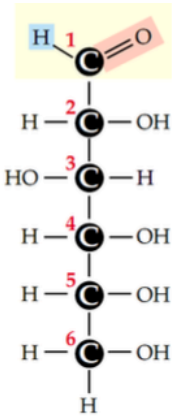
- Están formados por un **esqueleto de átomos de carbono (C)** unido a **átomos de hidrógeno (H)** y **oxígeno (O)**.
- La relación atómica sigue generalmente la fórmula **$(CH_2O)_n$**, de ahí el nombre *hidratos de carbono* o **carbono con agua**.

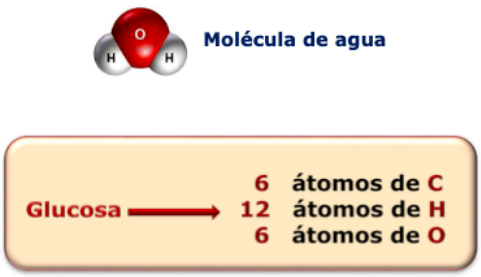
3. Azúcares o glúcidos

- Se les llama **azúcares** porque muchos tienen un **sabor dulce**.
- Ejemplo: La **glucosa** es el azúcar más abundante y un componente central en el metabolismo energético.

4. Ejemplo de molécula de glucosa

- **Glucosa**:
  - Fórmula química: **$C_6H_{12}O_6$** (6 átomos de carbono, 12 de hidrógeno y 6 de oxígeno).
  - Es una **hexosa** (tiene 6 carbonos) y un **monosacárido**.
  - Es el **combustible principal** para las células del cuerpo, especialmente el cerebro y los glóbulos rojos.





5. Molécula de agua (H_2O)

- La estructura de los glúcidos guarda similitud con el agua, ya que por cada átomo de **C** hay **2 átomos de H** y **1 de O**.
- Esto es lo que origina el término **hidratos de carbono**.

Importancia de la glucosa

- La glucosa es clave para la obtención de **energía química** en forma de **ATP** a través de:
  1. **Glucólisis**: Degradación de glucosa para obtener ATP.
  2. **Ciclo de Krebs**: Oxidación completa para liberar energía.
- Es la **principal fuente de energía** para órganos como el cerebro y glóbulos rojos.

KILOCALORÍAS

1. ¿Qué es una kilocaloría?

- Una **kilocaloría (Kcal)** es la cantidad de **energía necesaria** para aumentar la temperatura de **1 Kg (1 litro) de agua en 1 °C**.
- Es la unidad utilizada para medir la **energía que aportan los alimentos** al ser metabolizados por el cuerpo.

2. Medición de las calorías: el calorímetro

- **Proceso**:
  1. Se coloca el alimento en una **cámara de reacción** del calorímetro.
  2. Se quema el alimento, liberando energía en forma de calor.
  3. El calor liberado aumenta la **temperatura del agua**, que es medida con un **termómetro**.
  4. La cantidad de calor registrado se convierte en **kilocalorías**.

3. Contenido energético de los nutrientes

Cada macronutriente aporta una cantidad específica de energía al cuerpo:

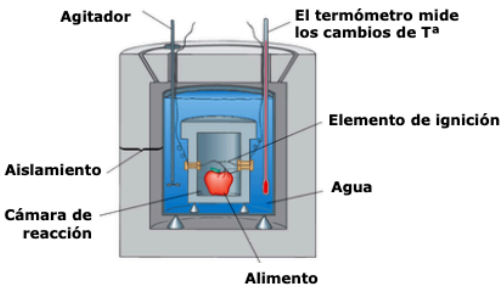
Nutriente	Energía proporcionada
Glúcidos	4 Kcal/g
Proteínas	4 Kcal/g
Grasas	9 Kcal/g
Alcohol	7 Kcal/g

- **Glúcidos y proteínas** aportan **4 Kcal por gramo**, siendo las principales fuentes de energía rápida y estructural.
- **Grasas** son la reserva energética más densa, aportando **9 Kcal/g**.
- **Alcohol** también aporta energía (7 Kcal/g), aunque su consumo no es útil para el metabolismo.

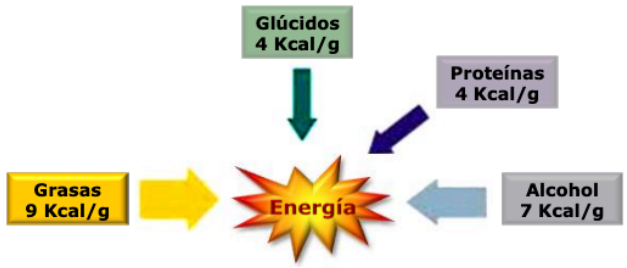
4. Importancia de las kilocalorías en la dieta

- Las calorías son necesarias para que el cuerpo:
  - **Realice funciones vitales**: respiración, circulación, metabolismo basal.
  - **Produzca energía** para actividades físicas.
  - **Mantenga y repare tejidos** mediante proteínas.
- Un equilibrio adecuado entre **ingesta** y **gasto calórico** es esencial para:
  - Mantener un peso saludable.
  - Prevenir enfermedades como la obesidad o la desnutrición.





El alimento se quema en un **calorímetro**. El calor liberado aumenta la Tª del agua.



5. Relación entre nutrientes y energía

- **Glúcidos**: Principal fuente de energía rápida.
- **Grasas**: Reserva energética que se utiliza en periodos prolongados de ayuno o actividad física intensa.
- **Proteínas**: Aunque aportan energía, su función principal es **estructural** (formar músculos, enzimas, hormonas).
- **Alcohol**: Proporciona energía, pero no tiene funciones nutricionales y puede ser tóxico en exceso.

FUNCIONES DE LOS GLÚCIDOS

1. Fuente de energía química

- Los **glúcidos** son la principal fuente de **energía rápida** para el cuerpo.
- Proporcionan **4 Kcal/g**.
- La **glucosa** es el glúcido más importante:
  - Es utilizada por todos los tejidos, pero especialmente por el **cerebro** y los **glóbulos rojos**.

2. Reserva de energía

- Los glúcidos se almacenan como reservas energéticas en forma de **polisacáridos**:
  - **Almidón** en plantas:
    - Se encuentra en tubérculos (como las patatas) y cereales (arroz, trigo).
  - **Glucógeno** en animales:
    - Se almacena principalmente en el **hígado** (para mantener la glucemia) y en los **músculos** (para uso durante el ejercicio).

3. Función estructural

Algunos glúcidos tienen función **estructural** en distintos organismos:

- **Celulosa**:
  - Componente principal de la **pared celular** de las plantas.
  - No es digerible por los humanos (fibra dietética).
- **Quitina**:
  - Forma el **caparazón de insectos** y la pared celular de hongos.
- **Ácido hialurónico**:
  - En vertebrados, forma parte de los tejidos conectivos y **articulaciones**.
  - Ayuda a mantener la **hidratación** y **elasticidad** en los tejidos.

4. Componente de moléculas importantes

Los glúcidos forman parte de estructuras fundamentales en el metabolismo:

- **Ácidos nucleicos**:
  - Ribosa (en el ARN) y desoxirribosa (en el ADN).
- **Transportadores de energía**:
  - **ATP**: Molécula energética principal.
  - **NADH y $FADH_2$**: Transportadores de electrones en la respiración celular.

Resumen práctico

Las **funciones de los glúcidos** incluyen:

1. **Energética**: Fuente y reserva de energía.
2. **Estructural**: Formación de estructuras biológicas (celulosa, quitina, etc.).
3. **Metabólica**: Componente de moléculas clave como ATP y ácidos nucleicos.

SÍNTESIS DE GLÚCIDOS

¿Qué es la fotosíntesis?

Es el proceso mediante el cual las plantas, algas y algunas bacterias sintetizan **glucosa** (un glúcido) a partir de **compuestos inorgánicos** (agua y dióxido de carbono), utilizando la **energía solar**.

1. Reacción general de la fotosíntesis

La **ecuación química** de la fotosíntesis es:

$6CO2 + 6H2O + \text{Energía solar} \rightarrow C6H12O6 + 6O2$

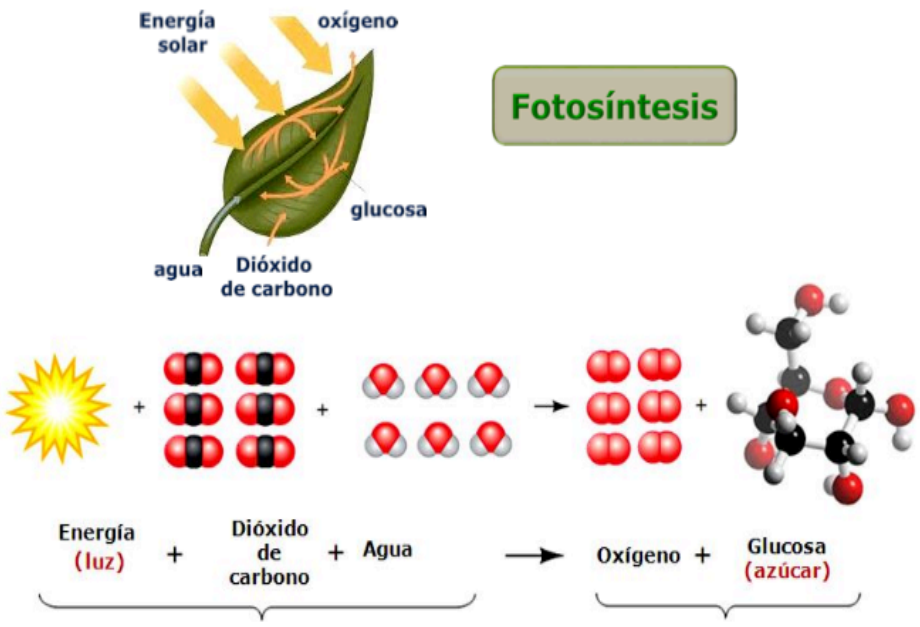
Explicación de los componentes:

- **Reactantes**:
  - **Dióxido de carbono (CO_2)**: Absorbido del aire a través de los estomas de las hojas.
  - **Agua (H_2O)**: Absorbida del suelo a través de las raíces.
  - **Energía solar**: Capturada por la **clorofila**, el pigmento verde de las hojas.
- **Productos**:
  - **Glucosa ($C_6H_{12}O_6$)**: Es el azúcar que almacena la energía química.
  - **Oxígeno (O_2)**: Liberado al ambiente como un subproducto esencial para la vida.

2. Etapas de la fotosíntesis

La fotosíntesis ocurre en dos etapas:

1. **Fase luminosa**:
   - Sucede en los **tilacoides** de los cloroplastos.
   - La energía solar se convierte en **energía química** (ATP y NADPH).
   - Se libera **oxígeno** al descomponer moléculas de agua (fotólisis del agua).
2. **Fase oscura (Ciclo de Calvin)**:
   - Sucede en el **estroma** de los cloroplastos.
   - El **ATP** y el **NADPH** generados en la fase luminosa se usan para convertir el **CO_2** en **glucosa** mediante reacciones enzimáticas.



3. Importancia de la glucosa

- La **glucosa** producida durante la fotosíntesis es clave para la vida, ya que:
  - Sirve como **fuente de energía** para las plantas.
  - Se almacena como **almidón** en raíces, frutos y semillas.
  - Es utilizada por otros organismos (animales y humanos) que dependen de las plantas como **fuente primaria de alimento**.

4. Relación con los animales

- Los animales obtienen glucosa de forma:
  - **Directa**: Al consumir plantas (vegetales y frutas).
  - **Indirecta**: Al consumir otros animales que se alimentaron de plantas.

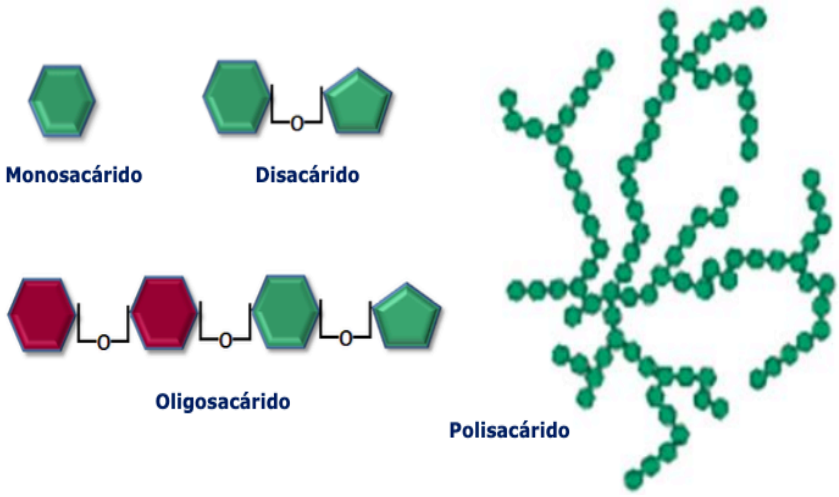
Resumen

La **fotosíntesis** es el proceso clave mediante el cual las plantas producen **glucosa** utilizando agua, dióxido de carbono y luz solar. Esta glucosa es la base para la síntesis de todos los demás **glúcidos** y el oxígeno liberado permite la **respiración celular** en organismos vivos.

TIPOS DE GLÚCIDOS

1. Monosacáridos

- **Definición**: Son los **glúcidos más simples**, formados por **una sola unidad** de azúcar.
- **Características**:
  - No pueden descomponerse en moléculas más simples.
  - Se clasifican según el número de átomos de carbono:
    - **Triosas**: 3 carbonos (gliceraldehído).
    - **Pentosas**: 5 carbonos (ribosa y desoxirribosa).
    - **Hexosas**: 6 carbonos (glucosa, fructosa y galactosa).
- **Ejemplo**:
  - **Glucosa**: Fuente principal de energía.
  - **Fructosa**: El azúcar más dulce.
  - **Galactosa**: Forma parte de la lactosa.



2. Oligosacáridos

- **Definición**: Glúcidos formados por **2 a 20 unidades** de monosacáridos.
- **Disacáridos** (subgrupo más importante):
  - Formados por **dos monosacáridos** unidos por un **enlace glucosídico**.
- **Ejemplos importantes**:
  1. **Sacarosa** (glucosa + fructosa): Azúcar de mesa.
  2. **Lactosa** (glucosa + galactosa): Azúcar de la leche.
  3. **Maltosa** (glucosa + glucosa): Producto de la digestión del almidón.
- Otros oligosacáridos incluyen moléculas presentes en vegetales, como la **rafinosa**.

3. Polisacáridos

- **Definición**: Formados por **miles de unidades** de monosacáridos.
- **Clasificación**:
  1. **Polisacáridos de reserva**:
     - **Almidón**: Principal fuente de energía almacenada en las plantas (patatas, cereales).
     - **Glucógeno**: Reserva energética en animales (hígado y músculos).
  2. **Polisacáridos estructurales**:
     - **Celulosa**: Componente de la pared celular en plantas; no digerible para los humanos.
     - **Quitina**: Forma el caparazón de insectos y la pared celular de hongos.
- **Características importantes**:
  - Son **insolubles en agua**.
  - Pueden formar **estructuras lineales o ramificadas**, como se ve en el ejemplo visual del **polisacárido**.

Resumen

1. **Monosacáridos**: Unidad básica de los glúcidos. Ejemplo: glucosa.
2. **Oligosacáridos**: Cadenas cortas, como los **disacáridos** (sacarosa, lactosa).
3. **Polisacáridos**: Cadenas largas con función de **reserva** (almidón, glucógeno) o **estructural** (celulosa, quitina).

GLUCOSA

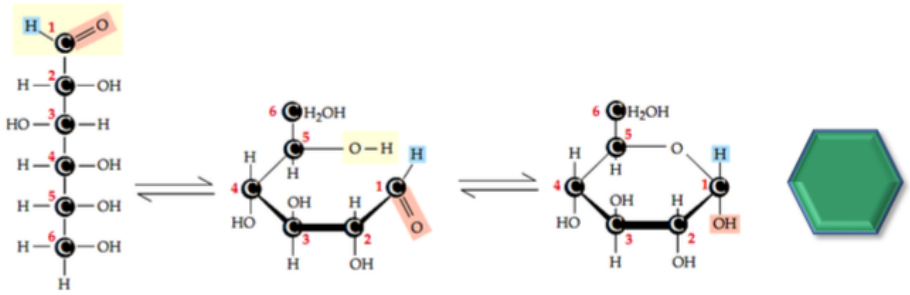
1. Importancia de la glucosa

- La **glucosa** es el **monosacárido más abundante** en los seres vivos y el **centro del metabolismo energético**.
- Es la **principal fuente de energía** para el organismo, especialmente para:
  - **Sistema nervioso central (SNC)**: El cerebro consume entre **100-200 g de glucosa al día**.
  - **Eritrocitos (glóbulos rojos)**: Consumen **50 g de glucosa al día**.

2. Consecuencias de niveles bajos de glucosa (hipoglucemia)

- La **hipoglucemia** ocurre cuando los niveles de glucosa en sangre son bajos, lo cual puede provocar:
  - **Cansancio**.
  - **Mareo**.
- Esto es crítico porque el cerebro y los glóbulos rojos **dependen exclusivamente de la glucosa** para obtener energía.

3. Presencia de glucosa en la dieta:



- La glucosa **no se encuentra directamente en la dieta** en grandes cantidades.
- **Fuentes naturales**:
  - Se encuentra en **miel** y en algunas **frutas**.
- **Digestión**:
  - La glucosa se forma en el **intestino** tras la digestión de disacáridos como la **sacarosa** o el **almidón**.

4. Estructura de la glucosa

- La glucosa tiene una **estructura química de hexosa** (6 carbonos) y puede existir en dos formas:
  1. **Forma lineal** (en disolución).
  2. **Forma cíclica** (la más estable y común en la naturaleza).

5. Rol metabólico

- La glucosa es **oxidada** en la respiración celular para producir **energía química (ATP)** mediante:
  1. **Glucólisis**: La glucosa se degrada en el citoplasma para producir piruvato y ATP.
  2. **Ciclo de Krebs y cadena de transporte de electrones**: Proporcionan ATP adicional en la mitocondria.

Resumen

- La glucosa es la **fuente principal de energía** para el cerebro y los glóbulos rojos.

- La hipoglucemia puede provocar **mareos y cansancio**.
- Aunque no se encuentra fácilmente libre en la dieta, se obtiene mediante la digestión de **disacáridos** (sacarosa) y **polisacáridos** (almidón).

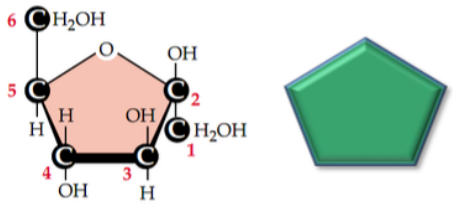
FRUCTOSA

1. ¿Qué es la fructosa?

- La **fructosa** es un **monosacárido** clasificado como una **hexosa** (6 carbonos).
- Tiene la misma fórmula química que la glucosa (**$C_6H_{12}O_6$**), pero su **estructura molecular** es diferente, lo que la hace única.

2. Características de la fructosa

- Es conocida como **"el azúcar más dulce"**, superando a otros azúcares naturales como la glucosa y la sacarosa.
- Se encuentra de forma **natural** en:
  - **Frutas** (manzanas, peras, uvas, etc.).
  - **Miel**.



3. Fructosa en la dieta

- **Naturalmente presente**:
  - Las frutas y la miel son las principales fuentes dietéticas de fructosa.
- **Uso industrial**:
  - La industria alimentaria utiliza fructosa como **aditivo** debido a su **intenso sabor dulce**.
  - Es un componente clave del **jarabe de maíz alto en fructosa (JMAF)**, empleado para endulzar:
    - Refrescos.
    - Postres.
    - Mermeladas.
    - Chucherías.

4. Metabolismo de la fructosa

- La fructosa es absorbida en el intestino y metabolizada principalmente en el **hígado**.
- A diferencia de la glucosa, la fructosa **no eleva bruscamente los niveles de glucemia** en sangre porque su metabolismo es independiente de la insulina.

5. Consideraciones sobre su consumo

- Aunque la fructosa tiene ventajas como edulcorante natural, un **consumo excesivo** (principalmente en forma de jarabes procesados) puede estar relacionado con:
  - **Síndrome metabólico** (obesidad, resistencia a la insulina).
  - **Hígado graso** no alcohólico.
  - Problemas cardiovasculares.

RESUMEN:

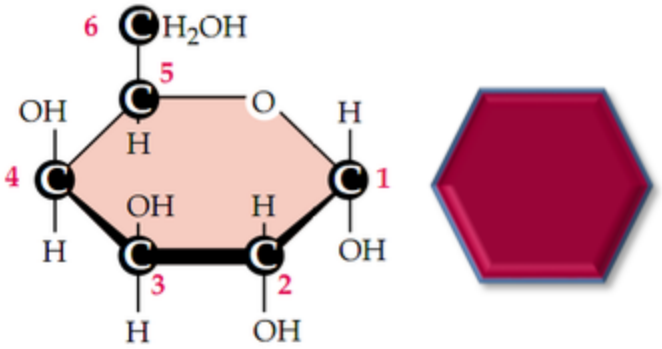
- La **fructosa** es un monosacárido presente en frutas y miel, conocido como **el azúcar más dulce**.
- Se usa ampliamente en la industria alimentaria como edulcorante (jarabe de maíz alto en fructosa).
- Su consumo en exceso puede tener efectos negativos sobre la salud, especialmente cuando proviene de productos ultraprocesados.

GALACTOSA

1. ¿Qué es la galactosa?

- La **galactosa** es un **monosacárido** del tipo **hexosa** (6 carbonos), similar a la glucosa y fructosa en composición química (**$C_6H_{12}O_6$**), pero con una **estructura molecular diferente**.
- Es **menos dulce** en comparación con la glucosa y la fructosa.

2. Características clave



- **No aparece libre en la naturaleza**:
  - Se encuentra combinada con la **glucosa** formando **lactosa**, el azúcar presente en la leche.
  - También forma parte de **polisacáridos** y glucoconjugados.
- **Fuentes principales**:
  - **Leche** y productos lácteos (queso, yogur, etc.).
  - **Lactosa** es la fuente más común de galactosa en la dieta.

3. Rol en el organismo

- **Digestión de la lactosa**:
  - La **lactosa** (glucosa + galactosa) es digerida por la enzima **lactasa** en el intestino delgado.
  - La galactosa resultante se absorbe y se metaboliza en el hígado, donde se convierte en **glucosa** para ser utilizada como fuente de energía.
- **Importancia estructural**:
  - La galactosa participa en la formación de glucoconjugados como:
    - **Glucolípidos**: Importantes para las membranas celulares.
    - **Glucoproteínas**: Esenciales en procesos celulares y de señalización.

4. Relación con la salud

- **Intolerancia a la lactosa**:
  - Ocurre cuando falta la enzima **lactasa**, lo que impide la digestión de la lactosa y causa malestar digestivo (hinchazón, diarrea).
  - La galactosa no puede ser absorbida correctamente si la lactosa no se digiere.
- **Galactosemia** (trastorno metabólico):
  - Es una enfermedad genética en la que el cuerpo no puede metabolizar la galactosa adecuadamente.
  - La acumulación de galactosa puede ser **tóxica**, afectando órganos como el hígado, el cerebro y los riñones.

Resumen

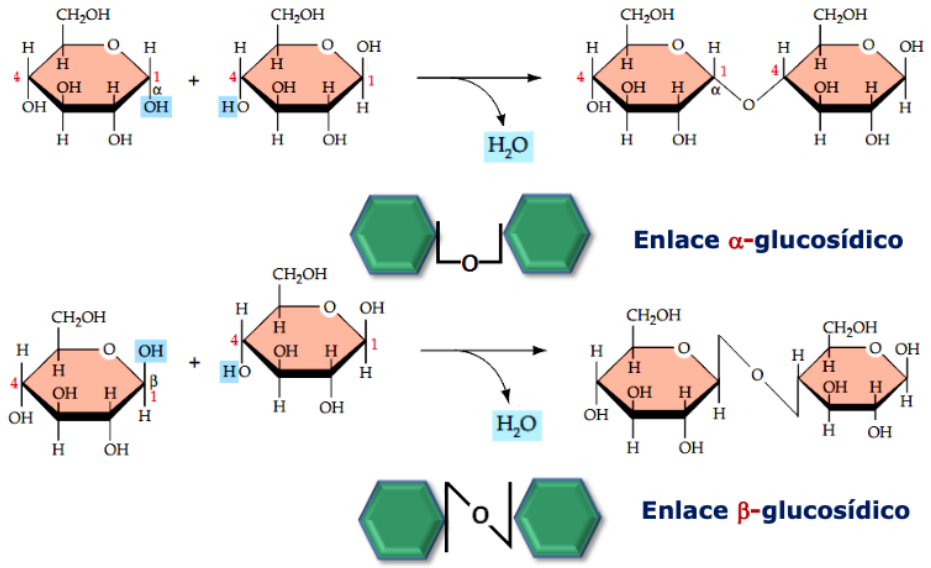
- La **galactosa** es un monosacárido menos dulce que no se encuentra libre en la naturaleza.
- Se obtiene principalmente de la **lactosa** en la leche y productos lácteos.
- Juega un papel clave en la **producción de energía** y en la formación de moléculas estructurales importantes.

LOS MONOSACÁRIDOS SE UNEN ENTRE SÍ

1. Formación de enlaces glucosídicos

- Los **monosacáridos** se enlazan mediante una **reacción de condensación**.
- En este proceso, se **elimina una molécula de agua (H_2O)** al unirse el grupo hidroxilo (-OH) de un monosacárido con un hidrógeno (-H) de otro.

2. Tipos de enlaces glucosídicos



Existen dos tipos principales de enlaces glucosídicos:

a. Enlace α-glucosídico

- Se forma cuando el **grupo hidroxilo** del **carbono anomérico** (C1) del primer monosacárido está en posición **"abajo"** en la estructura cíclica.
- Ejemplo en la imagen:
  - Dos moléculas de glucosa se unen a través de un enlace **α(1→4)**.
- **Importancia**:
  - Los enlaces α-glucosídicos se encuentran en moléculas de **reserva de energía** como el **almidón** y el **glucógeno**.

b. Enlace β-glucosídico

- Se forma cuando el **grupo hidroxilo** del **carbono anomérico** (C1) del primer monosacárido está en posición **"arriba"** en la estructura cíclica.
- Ejemplo en la imagen:
  - Dos moléculas de glucosa se unen mediante un enlace **β(1→4)**.
- **Importancia**:
  - Los enlaces β-glucosídicos son más **resistentes** y se encuentran en moléculas **estructurales** como la **celulosa**.
  - Los humanos **no pueden digerir** la celulosa porque carecemos de la enzima que rompe los enlaces β-glucosídicos.

3. Diferencias entre α y β-glucosídicos

- **α-glucosídico**:
  - Se puede digerir en el **tracto digestivo humano** (almidón, glucógeno).
  - Ejemplo: Almidón en alimentos como patatas y cereales.
- **β-glucosídico**:
  - No puede ser digerido por los humanos (celulosa en plantas).
  - Ejemplo: Fibra dietética en vegetales y hojas verdes.

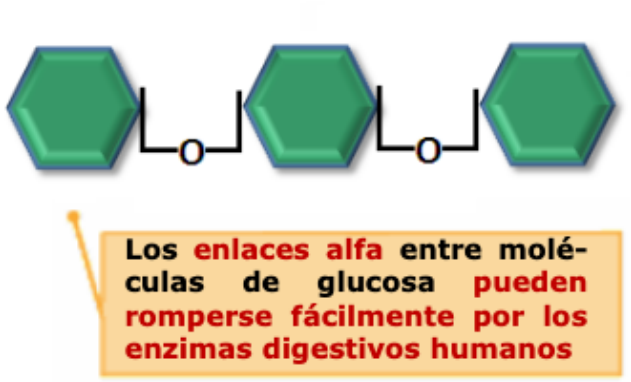
4. Resumen del proceso

1. **Reacción de condensación**: Dos monosacáridos se unen eliminando H_2O.
2. **Formación de enlace glucosídico**:
   - **α-glucosídico**: Forma estructuras de almacenamiento energético.
   - **β-glucosídico**: Forma estructuras de soporte rígido (celulosa).

DIFERENCIAS ENTRE LOS ENLACES A- Y B-GLUCOSÍDICOS

1. Enlaces α-glucosídicos

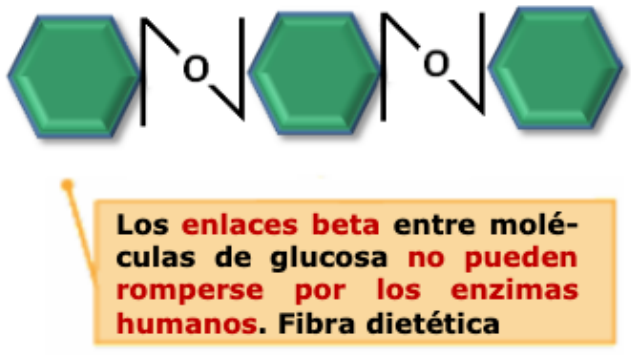
- **Definición**: Son enlaces que unen monosacáridos (como la glucosa) en una **configuración alfa**.
- **Características**:
  - Los **enzimas digestivos humanos** pueden romper estos enlaces fácilmente.
  - Se encuentran en **polisacáridos de almacenamiento**, como:
    - **Almidón** (plantas): Principal fuente energética de la dieta.
    - **Glucógeno** (animales): Reserva energética en el hígado y los músculos.



- **Ejemplos de alimentos**:
  - **Patatas**, cereales, arroz y pan contienen almidón.
  - Estos alimentos son **fuentes de energía rápida** porque los enlaces α-glucosídicos son fácilmente digeridos.

2. Enlaces β-glucosídicos

- **Definición**: Son enlaces que unen monosacáridos en una **configuración beta**.
- **Características**:
  - Los **humanos no pueden digerir** los enlaces β-glucosídicos porque carecemos de la enzima adecuada para romperlos.
  - Estos enlaces se encuentran en **polisacáridos estructurales**, como:
    - **Celulosa**: Forma la pared celular de las plantas.
    - **Quitina**: Presente en el exoesqueleto de los insectos y en hongos.



- **Ejemplos de materiales con enlaces β-glucosídicos**:
  - **Algodón**: Compuesto principalmente por celulosa.
  - **Fibra dietética**: Papel higiénico, tejidos naturales, y alimentos vegetales ricos en celulosa (como verduras de hoja verde).

DIFERENCIAS CLAVE

Característica	Enlace α-glucosídico	Enlace β-glucosídico
Digestión	Fácilmente digerido por enzimas humanas.	No digerido por humanos.
Función	Almacenamiento de energía.	Estructural.
Ejemplo	Almidón, glucógeno.	Celulosa, fibra dietética.
Alimentos/materiales	Patatas, pan, arroz.	Vegetales, algodón, papel.

3. Importancia en la dieta

- **Enlaces α-glucosídicos**:
  - Proporcionan **energía rápida** tras la digestión.
  - Ejemplo: Almidón en patatas y cereales.
- **Enlaces β-glucosídicos**:
  - Conforman la **fibra dietética**, esencial para la salud digestiva.
  - Aunque no aportan energía, ayudan a:
    - Mejorar el **tránsito intestinal**.
    - Prevenir enfermedades digestivas (estreñimiento, cáncer de colon).

Resumen

- Los **enlaces α-glucosídicos** son **digeribles** y permiten obtener energía (almidón y glucógeno).
- Los **enlaces β-glucosídicos** son **indigeribles**, pero forman la **fibra dietética**, fundamental para la salud intestinal.

DISACÁRIDO - SACAROSA,

1. ¿Qué es la sacarosa?

- La **sacarosa** es un **disacárido** formado por la unión de dos monosacáridos:
  - **Glucosa**.
  - **Fructosa**.
- Su fórmula química es **$C_{12}H_{22}O_{11}$**.



2. Características de la sacarosa

- Es el **azúcar de mesa** que utilizamos habitualmente.
- Se encuentra de forma natural en:
  - **Caña de azúcar**.
  - **Remolacha azucarera**.
  - Algunas frutas y verduras.
- **Solubilidad**:
  - La sacarosa es **altamente soluble en agua**, lo que permite su transporte eficiente en las plantas desde las raíces hasta las hojas.

3. Formación y enlace

- La sacarosa se forma mediante un **enlace glucosídico** entre:
  - El **carbono 1** de la **glucosa** (α-glucosídico).
  - El **carbono 2** de la **fructosa** (β-glucosídico).
- Esta unión ocurre mediante una **reacción de condensación**, donde se libera una molécula de **agua (H_2O)**.

4. Azúcar invertido

- Si la **sacarosa** se **calienta** en presencia de un **ácido** (por ejemplo, jugo de limón) o de la enzima **invertasa**, se produce **azúcar invertido**.
- El azúcar invertido es una mezcla de **glucosa** y **fructosa** en forma libre, que tiene:
  - Mayor **dulzor** que la sacarosa.
  - Mejor **solubilidad**.
- Se utiliza en la fabricación de:
  - **Caramelos**.
  - **Mermeladas**.
  - **Merengues**.

5. Rol de la sacarosa en el metabolismo

- La **sacarosa** es digerida en el **intestino delgado** por la enzima **sacarasa**:
  - **Reacción**: $\text{Sacarosa} \xrightarrow{\text{Sacarasa}} \text{Glucosa} + \text{Fructosa}$
- Una vez descompuesta:
  - **Glucosa**: Se absorbe directamente y es utilizada como fuente de energía inmediata.
  - **Fructosa**: Es transportada al hígado, donde se convierte en glucosa para su uso energético.

6. Importancia y consideraciones en la dieta

- La sacarosa es una fuente rápida de **energía**, pero su consumo **excesivo** puede provocar:
  - **Caries dentales**.
  - **Resistencia a la insulina** y **diabetes**.
  - Problemas metabólicos como **obesidad**.
- Es importante moderar el consumo de azúcar refinado y optar por fuentes naturales como frutas frescas.

Resumen

- La **sacarosa** es un disacárido formado por **glucosa** y **fructosa**, conocido como el **azúcar de mesa**.
- Es muy soluble y se encuentra en la caña de azúcar y la remolacha.
- Su digestión ocurre gracias a la enzima **sacarasa**, liberando glucosa y fructosa.
- El azúcar invertido, derivado de la sacarosa, es más dulce y tiene aplicaciones en la industria alimentaria.

LA LACTOSA

1. ¿Qué es la lactosa?

- La **lactosa** es un **disacárido** compuesto por:
  - **Galactosa**.
  - **Glucosa**.
- Su fórmula química es **$C_{12}H_{22}O_{11}$**.
- Es menos dulce que otros disacáridos como la sacarosa, siendo aproximadamente **seis veces menos dulce**.

2. Origen y función

- Se **sintetiza exclusivamente** en las **glándulas mamarias** de los mamíferos durante la lactancia.
- Es el principal azúcar en la **leche materna** y en la leche de otros mamíferos como la vaca.
- Proporciona una **fuente de energía rápida** y esencial para el desarrollo del recién nacido.



3. Digestión de la lactosa

La **digestión de la lactosa** ocurre en el **intestino delgado** a través de los siguientes pasos:

1. **Enzima lactasa**:
   - La enzima **lactasa**, presente en el borde en cepillo del intestino delgado, rompe la lactosa en sus dos monosacáridos:

$$\text{Lactosa} \xrightarrow{\text{Lactasa}} \text{Galactosa} + \text{Glucosa}$$

2. **Absorción**:
   - **Glucosa**: Se absorbe y se utiliza como fuente de energía.
   - **Galactosa**: Es transportada al hígado, donde se convierte en **glucosa** para ser utilizada en el metabolismo energético.

4. Intolerancia a la lactosa

- La **intolerancia a la lactosa** ocurre cuando hay una **deficiencia de la enzima lactasa**.
- La lactosa no digerida pasa al **intestino grueso**, donde es **fermentada** por las bacterias intestinales, produciendo:
  - **Gases**: Metano, dióxido de carbono e hidrógeno.
  - **Ácidos grasos**: Que generan **diarrea osmótica**.

Síntomas:

- Hinchazón abdominal.
- Flatulencias.
- Diarrea y malestar estomacal.

Causas:

1. **Primaria**: Reducción natural de la actividad de lactasa con la edad.
2. **Secundaria**: Daño intestinal por enfermedades (celiaquía, gastroenteritis).
3. **Congénita**: Deficiencia genética de lactasa (rara).

5. Importancia en la dieta

- La lactosa es importante en la nutrición de los bebés porque:
  - Proporciona **energía rápida**.
  - Promueve el crecimiento de bacterias **beneficiosas** en el intestino (como los **lactobacilos**).
- En adultos, su consumo varía según la **tolerancia** individual. **Alternativas para intolerantes:**
- Leche sin lactosa (pretratada con lactasa).
- Suplementos de lactasa.
- Alternativas vegetales como bebidas de soja, almendra, y avena.

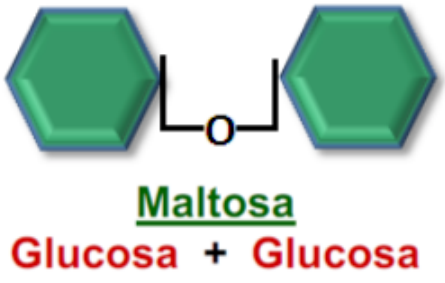
6. Resumen

- La **lactosa** es el azúcar presente en la leche, compuesto por **galactosa** y **glucosa**.
- Es digerida por la enzima **lactasa**, liberando monosacáridos que se absorben en el intestino.
- La **intolerancia a la lactosa** es común en adultos y se debe a la deficiencia de lactasa.

LA MALTOSA (AZÚCAR DE MALTA)

1. ¿Qué es la maltosa?

- La **maltosa** es un **disacárido** compuesto por **dos moléculas de glucosa** unidas por un **enlace glucosídico α(1→4)**.
- Su fórmula química es **$C_{12}H_{22}O_{11}$**.



2. Características de la maltosa

- **No se encuentra libre en la naturaleza**:
  - Se produce durante la **germinación de las semillas** y el metabolismo del almidón.
- **Formación**:
  - Ocurre cuando el almidón (polisacárido) es **hidrolizado** por la enzima **amilasa**, presente en plantas y animales.
  - Ejemplo: Durante la germinación de granos como la cebada.

3. Función y usos de la maltosa

a. En plantas:

- La **maltosa** se forma cuando **germinan las semillas**.
- Actúa como una **fuente de energía** al descomponerse en glucosa, que la planta utiliza para crecer.

b. En la industria alimentaria:

- Se utiliza principalmente en la **fabricación de cerveza**:
  - Durante la **malteación**, las semillas de cebada germinan, y el almidón se convierte en maltosa.
  - Luego, la maltosa es **fermentada** por las levaduras, produciendo **alcohol** y dióxido de carbono.

c. En alimentación infantil:

- Es un azúcar de **fácil digestión**, por lo que se añade a productos para bebés como:
  - Fórmulas infantiles.
  - Alimentos energéticos.

4. Digestión de la maltosa

- La maltosa es digerida en el **intestino delgado** por la enzima **maltasa**:

$$\text{Maltosa} \xrightarrow{\text{Maltasa}} \text{Glucosa} + \text{Glucosa}$$

- La glucosa liberada se absorbe en el torrente sanguíneo y se utiliza como **fuente de energía inmediata**.

5. Importancia de la maltosa

- Es un intermediario clave en la **digestión del almidón**, tanto en humanos como en plantas germinadas.
- Su fácil descomposición la hace útil en:
  - **Procesos industriales** (fermentación alcohólica).
  - **Dietas infantiles** y productos energéticos.

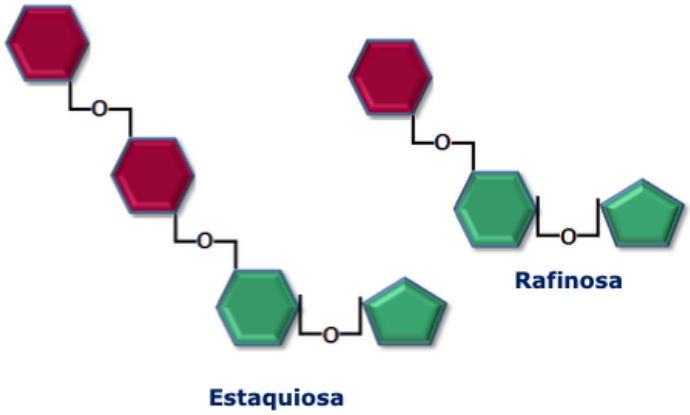
Resumen

- La **maltosa** es un disacárido formado por **dos glucosas**.
- Se genera durante la **germinación de semillas** y la **hidrólisis del almidón**.
- Tiene aplicaciones importantes en la **industria cervecera** y en **alimentos infantiles** debido a su fácil digestión.

OTROS OLIGOSACÁRIDOS

1. ¿Qué son los oligosacáridos?

- Son **carbohidratos** formados por cadenas cortas de **2 a 10 unidades de monosacáridos** unidos por enlaces glucosídicos.
- Los **oligosacáridos** más destacados en la imagen son:
  - **Rafinosa**: Compuesta por **galactosa + glucosa + fructosa**.
  - **Estaquiosa**: Compuesta por **dos galactosas + glucosa + fructosa**.



2. Fuentes alimenticias

- Estos oligosacáridos se encuentran principalmente en **vegetales**:
  - **Legumbres**: Frijoles, lentejas, garbanzos.
  - **Verduras crucíferas**: Coles de Bruselas, brócoli, coliflor.
  - **Semillas y granos**: Como la soja.

3. Digestión de oligosacáridos

- **Los humanos no pueden digerir estos oligosacáridos** porque carecemos de las **enzimas necesarias** para romper los enlaces glucosídicos entre los monosacáridos.
- En el **intestino grueso**, estos oligosacáridos son **fermentados** por las bacterias de la flora intestinal:

- Proceso de fermentación → Producción de **gases**: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e hidrógeno (H_2).
- Esto provoca **flatulencias** y **distensión abdominal**, especialmente tras consumir **legumbres** y verduras crucíferas.

4. Importancia de los oligosacáridos

- **Nutricional**:
  - Aunque no se digieren en el intestino delgado, son fermentados en el colon, lo que:
    - Fomenta el crecimiento de bacterias beneficiosas (**prebióticos**).
    - Mejora la salud intestinal.
- **Energética**:
  - La fermentación produce **ácidos grasos de cadena corta** (butirato, acetato y propionato), que son **fuente de energía** para las células del colon.

5. Problemas asociados

- El consumo excesivo de oligosacáridos puede provocar:
  - **Flatulencias**.
  - **Hinchazón** abdominal.
  - Malestar digestivo en personas con **síndrome de intestino irritable (SII)**.

Soluciones:

- **Remojo de legumbres**: Ayuda a reducir el contenido de oligosacáridos antes de la cocción.
- **Enzimas digestivas**: Suplementos como la **alfa-galactosidasa** pueden ayudar a digerirlos (ej. productos como "Beano").

Resumen

- Los oligosacáridos como **rafinosa** y **estaquiosa** son carbohidratos presentes en **vegetales** y **legumbres**.
- No son digeribles por las enzimas humanas y son **fermentados** por la flora intestinal, lo que puede causar **gases y flatulencias**.
- A pesar de esto, cumplen un papel importante como **prebióticos** y en la **salud intestinal**.

AZÚCARES DERIVADOS

1. ¿Qué son los azúcares derivados?

- Son **derivados de los carbohidratos** que presentan una estructura química similar al azúcar, pero con un **grupo alcohol (-OH)** adicional.
- Se encuentran de forma **natural en algunas frutas y verduras** o se producen industrialmente para su uso en alimentos procesados.

2. Características principales

- **Igual dulzor, pero menos calorías** que el azúcar común (**sacarosa**):
  - Aportan aproximadamente entre **0,2 y 2,6 kcal/g**, dependiendo del tipo.
  - Ejemplo: El **eritritol** prácticamente no aporta calorías (0,2 kcal/g).
- **Sensación de frescor**:
  - Especialmente el **xilitol** y el **sorbitol**, que son usados en productos como chicles y enjuagues bucales.
- **No provocan caries**:
  - No son metabolizados por las bacterias orales, por lo que **no producen ácidos** que dañen el esmalte dental.
  - Se utilizan en **pastas de dientes** y **chicles sin azúcar**.

- **Efecto laxante**:
  - No se absorben completamente en el intestino, lo que provoca un efecto osmótico que retiene agua, estimulando el tránsito intestinal.
  - Este efecto es más marcado cuando se consumen en **exceso**.

3. Aplicaciones en la industria

- **Edulcorantes en alimentos**:
  - Galletas, caramelos, chocolates, chicles, productos "sin azúcar".
- **Productos de cuidado dental**:
  - Pastas de dientes, enjuagues bucales.
- **Industria farmacéutica**:
  - Se emplean en medicamentos, jarabes y suplementos para endulzar sin calorías añadidas.

COMPARACIÓN ENTRE LOS PRINCIPALES POLIOLES

Poliol	Dulzor (relativo a sacarosa)	Calorías (kcal/g)	Usos comunes
Sorbitol	60%	2,6	Chicles, productos "light"
Manitol	50%	1,6	Caramelos, jarabes farmacéuticos
Xilitol	100%	2,4	Chicles, productos dentales, pastillas
Eritritol	70%	0,2	Galletas, bebidas, endulzantes naturales

5. Efectos en el organismo

- **Digestión**:
  - Se absorben parcialmente en el **intestino delgado**. El resto llega al colon, donde es **fermentado por la microbiota intestinal**.
- **Bajo índice glucémico**:
  - No elevan significativamente los niveles de **glucosa en sangre**, por lo que son aptos para **diabéticos**.
- **Flatulencias y diarrea**:
  - El consumo excesivo puede causar **hinchazón abdominal** y **efecto laxante** debido a su fermentación en el colon.

Resumen

Los **azúcares derivados** (sorbitol, manitol, xilitol y eritritol) son **edulcorantes naturales** o sintéticos de bajo contenido calórico que:

- Tienen **igual dulzor** que el azúcar, pero aportan menos calorías.
- No provocan caries y dan sensación de frescor.
- Pueden provocar **efectos laxantes** si se consumen en exceso.

Se utilizan ampliamente en alimentos sin azúcar, productos dentales y medicamentos.

POLISACÁRIDOS

Son **carbohidratos complejos** formados por cientos o miles de **monosacáridos** unidos entre sí mediante enlaces glucosídicos. Sus funciones son principalmente **de reserva energética** y **estructurales**.

1. Características de los polisacáridos

- **Estructura**:
  Están formados por **monosacáridos** (glucosa, galactosa, etc.) unidos mediante enlaces **glucosídicos**.
- **Clasificación según función**:
  - **Función de reserva**: Almacenamiento de **energía**.
    - **Enlaces α-glucosídicos** (fáciles de hidrolizar para obtener glucosa).
  - **Función estructural**: Proporcionan **soporte y protección** a las células.
    - **Enlaces β-glucosídicos** (difíciles de romper por las enzimas digestivas).
- **Diferencias**: Los polisacáridos se diferencian entre sí por:
  - **Tipo de monosacáridos** constituyentes.
  - **Tipo de enlaces glucosídicos** (α o β).

2. Función de reserva energética

Los polisacáridos que almacenan energía en plantas y animales se **hidrolizan** cuando el organismo necesita **glucosa**.

- **Almidón** (en plantas):
  - **Función**: Principal reserva energética en **plantas**.
  - **Ubicación**: Semillas, raíces y tubérculos (ej. patata, maíz, arroz).
  - **Estructura**: Formado por amilosa (cadena lineal) y amilopectina (cadena ramificada).
- **Glucógeno** (en animales):
  - **Función**: Principal reserva energética en **animales**.
  - **Ubicación**: Hígado y músculos.
  - **Estructura**: Similar a la amilopectina pero más ramificado.
  - **Dato**: Se hidroliza rápidamente para liberar **glucosa** en situaciones de **ayuno o ejercicio**.

3. Función estructural

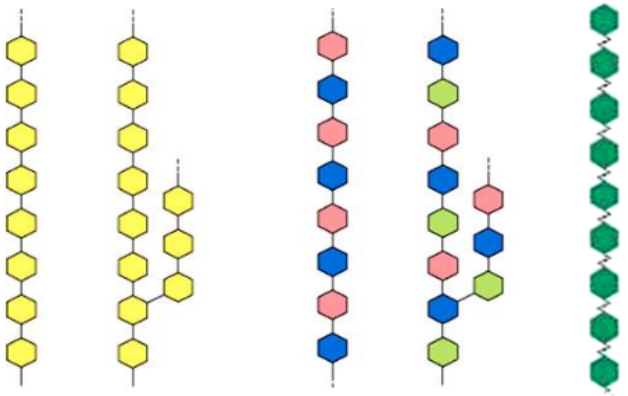
Los polisacáridos estructurales no se utilizan como fuente de energía, sino que aportan **soporte y protección**.

- **Celulosa** (en plantas):
  - **Función**: Principal componente estructural de la **pared celular** vegetal.
  - **Estructura**: Polímero de glucosa con **enlaces β-glucosídicos**.
  - **Digestión**: No puede ser digerida por el ser humano debido a la ausencia de **enzimas** capaces de romper los enlaces β.
- **Quitina** (en animales e insectos):
  - **Función**: Forma el **exoesqueleto** de los insectos y la pared celular de hongos.
  - **Composición**: Similar a la celulosa, pero con **grupos amino** unidos a los monosacáridos.
- **Ácido hialurónico** (en vertebrados):
  - **Función**: Componente del **tejido conectivo** y de las articulaciones.
  - **Propiedades**: Proporciona **elasticidad** y **resistencia** a los tejidos.

RESUMEN DE LOS POLISACÁRIDOS

Polisacárido	Función	Ubicación	Enlace
Almidón	Reserva energética	Plantas (semillas, raíces)	**α-glucosídico**
Glucógeno	Reserva energética	Animales (hígado, músculos)	**α-glucosídico**
Celulosa	Función estructural	Pared celular vegetal	**β-glucosídico**
Quitina	Función estructural	Exoesqueleto de insectos	**β-glucosídico**
Ácido hialurónico	Soporte estructural	Tejido conectivo	Derivado glucídico

5. Diferencias clave entre enlaces α y β-glucosídicos

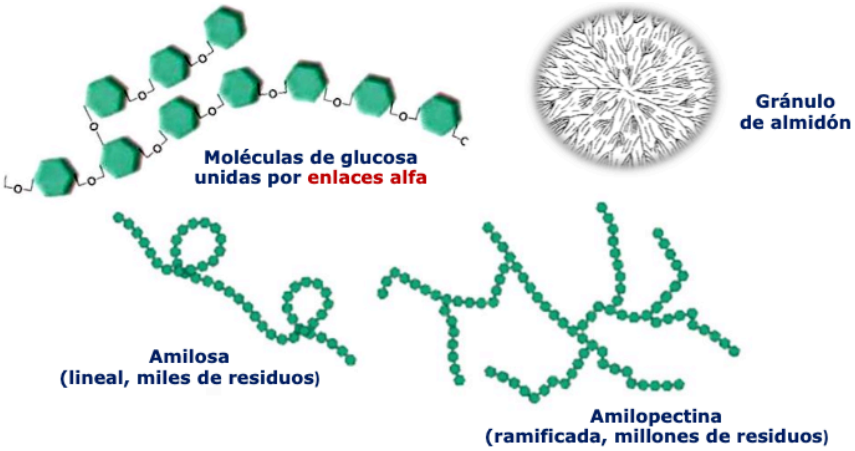


- **Enlace α-glucosídico**:
  - Se encuentra en polisacáridos de **reserva** como el almidón y glucógeno.
  - Es **fácil de hidrolizar** por las enzimas digestivas humanas.
- **Enlace β-glucosídico**:
  - Se encuentra en polisacáridos **estructurales** como la celulosa.
  - **No puede ser digerido** por las enzimas humanas, siendo **fibra dietética**.
- Las **cadenas ramificadas y lineales** representan estructuras de almidón y glucógeno.
- Las estructuras con **enlaces β** representan polisacáridos estructurales como **celulosa**, que son **indigeribles**.

ALMIDÓN

1. Características del almidón

- Es un **polisacárido** compuesto exclusivamente por moléculas de **glucosa**.
- Está formado por **enlaces α-glucosídicos**, lo que facilita su degradación y utilización como fuente de **energía**.



2. Componentes del almidón

El almidón está compuesto por **dos polímeros de glucosa**:

1. **Amilosa**:
   - **Estructura**: Cadena **lineal** de glucosas unidas por enlaces **α-1,4-glucosídicos**.
   - Representa entre el **20-30%** del almidón total.
   - Su forma helicoidal compacta facilita el almacenamiento de energía.
2. **Amilopectina**:
   - **Estructura**: Cadena **ramificada** de glucosas con enlaces **α-1,4-glucosídicos** en las cadenas lineales y **α-1,6-glucosídicos** en las ramificaciones.
   - Representa entre el **70-80%** del almidón total.
   - Las ramificaciones permiten que sea más **rápidamente degradado** por enzimas, liberando glucosa de manera eficiente.

3. Función del almidón

- **Reserva de energía**: Las plantas almacenan almidón para utilizarlo como fuente de glucosa cuando necesitan energía.
- En situaciones de **déficit energético**, las enzimas rompen los enlaces α-glucosídicos, liberando **glucosa** que se oxida en procesos metabólicos para producir **ATP**.

4. Digestión del almidón en los humanos

1. **Boca**:
    - La **amilasa salival** inicia la degradación del almidón, rompiendo los enlaces α-1,4-glucosídicos y produciendo **dextrinas** (fragmentos más pequeños de almidón).
2. **Intestino delgado**:
    - La **amilasa pancreática** completa la degradación, formando **maltosa** (disacárido de glucosa).
    - La **maltasa** (enzima intestinal) hidroliza la maltosa en **glucosa libre**, que se absorbe en el torrente sanguíneo.

5. Almacenamiento en las plantas

- El almidón forma **gránulos** visibles en los **cloroplastos** y otros orgánulos.
- Ejemplos de alimentos ricos en almidón:
    - **Tubérculos** (patata).
    - **Semillas** (arroz, maíz, trigo).
    - **Raíces** (yuca).

COMPARACIÓN CON OTROS POLISACÁRIDOS

Polisacárido	Función	Estructura	Ubicación
Almidón	Reserva energética	Lineal y ramificada	Plantas (gránulos)
Glucógeno	Reserva energética	Altamente ramificada	Animales (hígado, músculos)
Celulosa	Estructural	Lineal (β-glucosídico)	Pared celular de plantas

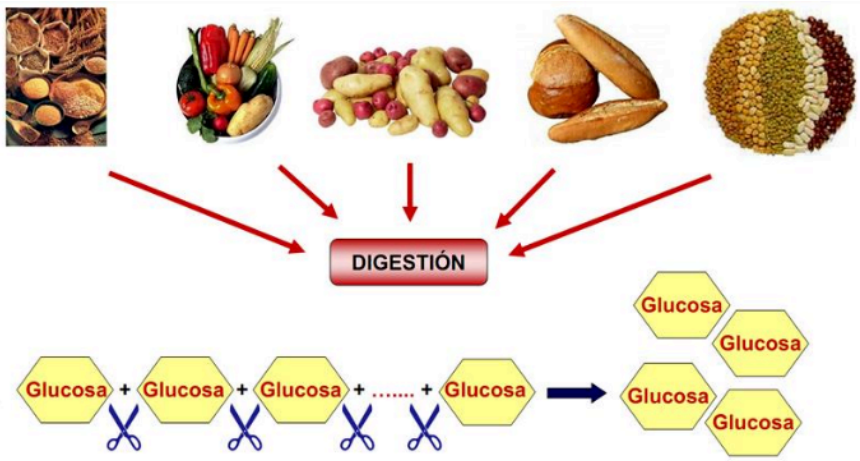
Conclusión

El **almidón** es una fuente de energía esencial en la dieta humana, presente en alimentos como el arroz, el pan y las patatas. Su estructura permite un almacenamiento eficiente y una rápida liberación de glucosa cuando las plantas o los humanos lo necesitan.

LA DIGESTIÓN DE LOS POLISACÁRIDOS DE RESERVA

1. Origen del almidón

- El almidón proviene de **alimentos vegetales** como:
    - Patatas.
    - Cereales (arroz, trigo, maíz).
    - Pan y tubérculos.
    - Frutas y legumbres.



2. Digestión del almidón

La digestión del almidón es un proceso que ocurre en varias etapas y que involucra **enzimas digestivas específicas**:

1. **Boca**:
    - La **amilasa salival** comienza la digestión del almidón, rompiendo los enlaces **α-1,4-glucosídicos**.
    - El almidón se descompone parcialmente en **dextrinas** (fragmentos más pequeños de polisacáridos).
2. **Estómago**:
    - El pH ácido **inactiva la amilasa salival**. No ocurre digestión del almidón aquí.

3. **Intestino delgado**:
    - La **amilasa pancreática** continúa la digestión, convirtiendo las dextrinas en **maltosa** y **oligosacáridos**.
    - En las **vellosidades intestinales**, las enzimas **maltasa** hidrolizan la maltosa en **glucosa**.
4. **Absorción**:
    - La glucosa resultante es absorbida por las **células del intestino delgado** y transportada al torrente sanguíneo.
    - Desde allí, la glucosa se utiliza en la **respiración celular** para generar **ATP**.

3. Importancia del almidón en la dieta

- Es una fuente clave de **energía**: Proporciona **4 kcal/g**.
- Es abundante en alimentos como el pan, las patatas, los cereales y las frutas.
- Permite almacenar energía a largo plazo en las plantas y consumirla en los animales.

PAPEL DE LAS ENZIMAS DIGESTIVAS

Etapa	Enzima	Acción
Boca	Amilasa salival	Rompe enlaces α-1,4-glucosídicos.
Intestino	Amilasa pancreática	Degrada el almidón en maltosa.
Epitelio intestinal	Maltasa	Convierte la maltosa en glucosa.

5.Conclusión

La **digestión del almidón** permite que el organismo obtenga **glucosa**, que es fundamental para producir **energía**. Es un proceso eficiente que comienza en la boca y se completa en el intestino delgado. Una dieta rica en almidón proveniente de **alimentos naturales** como cereales y tubérculos es vital para mantener una fuente constante de energía.

ALMIDÓN

El almidón no solo es esencial como **fuente de energía** en la dieta, sino que tiene **múltiples aplicaciones prácticas** gracias a sus propiedades físicas y químicas.

1. Aplicaciones alimenticias:

- **Espesante y estabilizante**:
    - Se utiliza en helados, sopas, salsas y otros productos para darles consistencia y textura.
    - Ejemplo: **Maicena** (almidón de maíz).
- **Sustituto de la harina de trigo**:
    - En la repostería, el almidón reemplaza la harina para productos más ligeros o sin gluten.

2. Aplicaciones industriales:

- **Fabricación de alcohol**:
    - El almidón es fermentado para producir **etanol**, usado en licores y combustibles.
- **Pegamentos y adhesivos**:
    - Se utiliza en la **industria papelera** y para fabricar colas gracias a su capacidad adhesiva.
- **Empaques biodegradables**:
    - El almidón es un componente clave en la producción de **plásticos ecológicos**, como bolsas compostables.

3. Aplicaciones textiles:

- Antiguamente, se usaba para **almidonar ropa**, lo que ayudaba a que las prendas quedaran más rígidas y con mejor presentación.

4. Otros usos innovadores:

- **Biomedicina**: El almidón se estudia como material biodegradable para **liberación controlada de fármacos**.
- **Cosmética**: Es usado como ingrediente en polvos y mascarillas faciales.

Importancia del almidón

Gracias a sus propiedades, el almidón es un recurso **versátil y sostenible** tanto en la alimentación como en aplicaciones industriales y ecológicas. Su **biodegradabilidad** lo convierte en una opción ideal para **reducir el uso de plásticos derivados del petróleo**.

GLUCÓGENO

Es un polisacárido de reserva de energía **en animales** que desempeña un papel clave en el metabolismo energético.



Características principales del glucógeno

1. **Equivalente al almidón en animales**:
   - Mientras que el almidón es la principal reserva de energía en plantas, el glucógeno cumple esta función en **animales y humanos**.



2. **Estructura ramificada**:
   - Está compuesto por **unidades de glucosa** unidas por **enlaces alfa (α)**.
   - Presenta muchas **ramificaciones**, más frecuentes que en la amilopectina (cada 8-12 unidades de glucosa).
3. **Forma de almacenamiento**:
   - Se almacena en forma de **gránulos** en el citoplasma de las células.
   - Los principales lugares de almacenamiento son el **músculo** (para uso local) y el **hígado** (para regulación del azúcar en sangre).

Funciones del glucógeno

1. **Reserva de energía rápida**:
   - Cuando el organismo necesita energía, el glucógeno se hidroliza en **glucosa** mediante un proceso llamado **glucogenólisis**.
2. **Regulación de la glucosa en sangre**:
   - El glucógeno hepático se descompone para liberar glucosa en el torrente sanguíneo y mantener los **niveles de glucosa** constantes, especialmente entre comidas o durante el ayuno.
3. **Suministro de energía en el músculo**:
   - El glucógeno muscular proporciona **energía local** durante el ejercicio físico intenso.

Importancia metabólica del glucógeno

- **Glucogenogénesis**: Síntesis de glucógeno a partir de glucosa, cuando hay exceso de azúcar en sangre.
- **Glucogenólisis**: Degradación del glucógeno para liberar glucosa cuando el cuerpo necesita energía.

Diferencia entre glucógeno hepático y muscular

- **Glucógeno hepático**:
  - Regula los **niveles de glucosa en sangre** y la mantiene constante para otros tejidos.
- **Glucógeno muscular**:
  - Proporciona energía directamente a los **músculos** durante el ejercicio.

Importancia del glucógeno durante el ejercicio

Durante actividades físicas prolongadas o intensas:

1. El glucógeno muscular es la **primera fuente de energía**.
2. Su agotamiento produce **fatiga** y disminución del rendimiento (fenómeno conocido como **"hitting the wall"** en deportes).

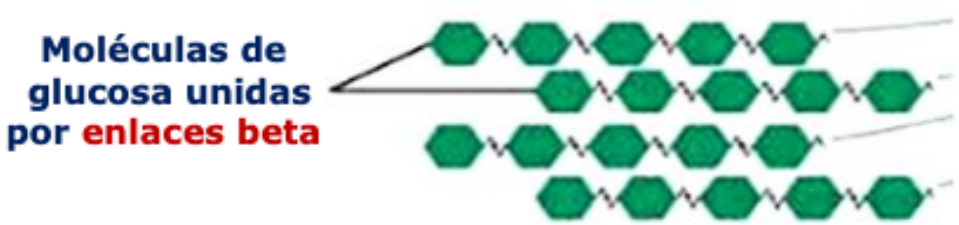
Por ello, consumir **hidratos de carbono** antes y después del ejercicio es crucial para reponer los niveles de glucógeno.

Resumen

El glucógeno es vital para la **regulación energética** en animales, funcionando como un depósito de glucosa listo para ser utilizado cuando el cuerpo necesita energía rápida. Su almacenamiento en **hígado** y **músculo** asegura un suministro eficiente y controlado de glucosa.

LA CELULOSA

Es un **polisacárido estructural** fundamental en las plantas. A continuación, te explico sus características y su función:



Características de la celulosa

1. **Estructura lineal**:
   - Está compuesta por **miles de moléculas de glucosa** unidas mediante **enlaces β-glucosídicos (beta)**.
     Estos enlaces beta hacen que las cadenas de celulosa se alineen paralelamente y se entrecrucen, formando fibras **muy resistentes**.
2. **Papel estructural**:
   - Es el principal componente de la **pared celular** de las plantas, otorgándoles **rigidez y soporte estructural**.
3. **Abundancia**:
   - La celulosa es el **compuesto orgánico más abundante** en la Tierra, ya que se encuentra en todas las plantas.
4. **No digerible por humanos**:
   - Los **enzimas digestivos humanos** no pueden romper los **enlaces β-glucosídicos** de la celulosa.
   - Por esta razón, no podemos usarla como fuente de **energía**.

Función de la celulosa

1. **Soporte estructural en plantas**:
   - Forma parte de las **paredes celulares**, proporcionando rigidez, resistencia y protección contra daños mecánicos.

2. **Fibra dietética en humanos**:
    - Aunque no es digerida, la celulosa actúa como **fibra dietética**, ayudando a:
        - Regular el **tránsito intestinal**.
        - Prevenir el estreñimiento.
        - Mejorar la salud del sistema digestivo.

3. **Uso industrial**:
    - La celulosa se utiliza en la fabricación de papel, textiles (como el algodón), bioplásticos y materiales de embalaje.

Importancia de los enlaces β-glucosídicos

- Los **enlaces beta** son muy fuertes y estables, lo que hace que la celulosa sea **difícil de descomponer**.
- Solo organismos como las **bacterias del rumen** (en rumiantes como las vacas) o ciertos microorganismos en **termitas** pueden romper estos enlaces y aprovechar la celulosa como fuente de energía.

CELULOSA VS ALMIDÓN

Característica	Celulosa	Almidón
Función	Estructural	Reserva de energía
Enlaces glucosídicos	β (beta)	α (alfa)
Digestión	No digerible por humanos	Fácilmente digerible
Ejemplos	Paredes celulares de plantas	Patatas, arroz, cereales

En resumen, la **celulosa** es crucial para la estructura de las plantas, pero no es una fuente de energía en los humanos. Aun así, su papel como fibra dietética la hace indispensable para una dieta saludable.

También la **celulosa** en los organismos herbívoros y en otros contextos desempeña un papel fundamental debido a sus características estructurales y biológicas.

Digestión de la celulosa en herbívoros

- **Problema inicial**: La celulosa tiene **enlaces β-glucosídicos**, los cuales **no pueden ser rotos por enzimas digestivas humanas**. Sin embargo, **ciertos microorganismos** tienen la capacidad de descomponerla.
- **Microorganismos especializados**:
    - En el intestino de **rumiantes** (como las vacas, ovejas y cabras), **termitas** y otros herbívoros, existen **bacterias y protozoos simbióticos** que producen **celulasas**.
    - Las **celulasas** son enzimas capaces de romper los **enlaces β-glucosídicos** de la celulosa, liberando moléculas de glucosa.
- **Digestión en rumiantes**:
    - Los rumiantes poseen un sistema digestivo adaptado, con un **rumen**, donde estos microorganismos fermentan la celulosa.
    - La glucosa obtenida es fermentada a **ácidos grasos volátiles** (como el ácido acético, propiónico y butírico), que son absorbidos y usados como fuente de **energía**.
- **Ejemplo de simbiósis**:
    - Los **rumiantes y termitas** dependen de sus **microorganismos simbiontes** para obtener energía de la celulosa, una fuente que por sí sola sería inaccesible para ellos.

Importancia industrial de la celulosa

1. **Industria del papel**:
   - La celulosa se extrae de la madera y otras fuentes vegetales para fabricar **papel** y productos derivados.

2. **Textiles**:
   - El **algodón** está compuesto casi en su totalidad por celulosa y se usa ampliamente en la industria textil.
3. **Materiales de construcción**:
   - La madera, rica en celulosa, es un material estructural fundamental.
4. **Bioplásticos y productos biodegradables**:
   - La celulosa se utiliza como materia prima para fabricar productos biodegradables.

Resistencia de la celulosa

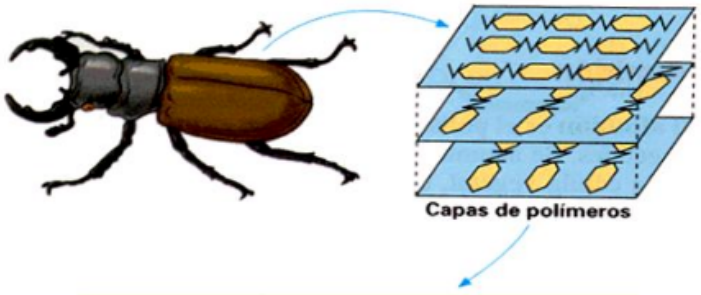
- La **estructura rígida** y **fibras entrecruzadas** de la celulosa la hacen:
  - **Insoluble en agua** y en la mayoría de los solventes.
  - Extremadamente **resistente a la degradación química**.
- Esta resistencia es clave para su función estructural en las plantas.

DIFERENCIA CLAVE CON OTROS POLISACÁRIDOS

Característica	Celulosa	Almidón
Función	Estructural	Reserva de energía
Enlaces glucosídicos	β (beta)	α (alfa)
Digestión	Solo por microorganismos	Por enzimas humanas
Ejemplo	Pared celular vegetal, madera	Patatas, arroz, cereales

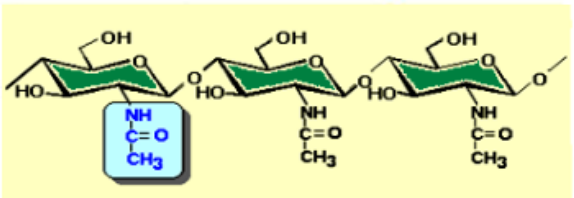
---

QUITINA



La **quitina** es un polisacárido estructural con características únicas que lo convierten en el **segundo polímero natural más abundante** después de la **celulosa**.

Estructura de la quitina



- La quitina es un **polisacárido lineal** similar a la celulosa, pero con una diferencia clave:
  - **Grupos nitrogenados** unidos a la glucosa en forma de **N-acetilglucosamina**.
  - Esta estructura proporciona **mayor rigidez** y resistencia.
- Las unidades de **N-acetilglucosamina** están unidas por **enlaces β-glucosídicos** (como en la celulosa), lo que la hace difícil de degradar.

Funciones de la quitina

1. **Componente estructural**:
   - Forma el **exoesqueleto** de los **artrópodos**: insectos, crustáceos (como langostas y cangrejos), arañas, etc.
   - Da **rigidez y protección** al cuerpo de estos organismos.

2. **Pared celular de hongos**:
    - En hongos, la quitina es parte esencial de sus **paredes celulares**, otorgando soporte estructural.

Aplicaciones de la quitina

1. **Hilo quirúrgico**:
    - La quitina y sus derivados (como el quitosano) se utilizan para fabricar **hilos quirúrgicos biodegradables** que se descomponen tras la cicatrización de heridas.
    - Son **biocompatibles**, es decir, no generan reacciones adversas en el organismo.
2. **Industria médica y farmacéutica**:
    - Se usa en la fabricación de **apósitos y vendajes** para heridas gracias a sus propiedades antibacterianas.
    - Se emplea en sistemas de **liberación controlada de fármacos**.
3. **Agricultura**:
    - El **quitosano** (derivado de la quitina) se utiliza como **biofertilizante** y **controlador de plagas** natural.
4. **Industria alimentaria**:
    - Se emplea como **aditivo** para mejorar la textura y conservación de los alimentos.

Importancia biológica de la quitina

- Al igual que la celulosa, los enlaces **β-glucosídicos** de la quitina no pueden ser digeridos por las enzimas humanas.
- Solo algunos **microorganismos** tienen enzimas llamadas **quitinasas** capaces de degradarla.

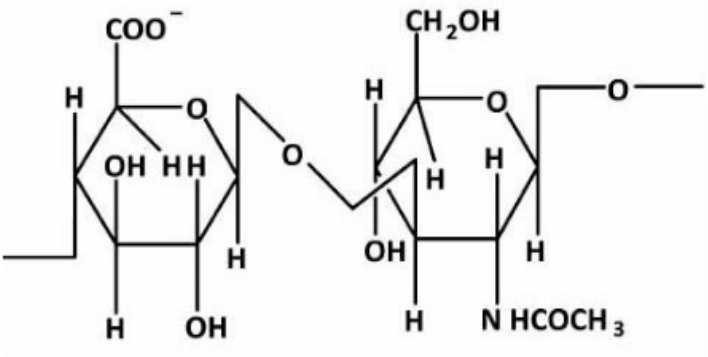
Resumen

Propiedad	**Celulosa**	**Quitina**
Composición	Glucosa	N-acetilglucosamina
Enlace	β-glucosídico	β-glucosídico
Función	Estructura en plantas	Exoesqueletos y paredes fúngicas
Aplicaciones	Papel, textiles, construcción	Hilos quirúrgicos, biomedicina

La **quitina**, debido a su resistencia y versatilidad, tiene aplicaciones tanto en la **naturaleza** como en la **industria moderna**, desde soportes estructurales biológicos hasta productos médicos y agrícolas.

ÁCIDO HIALURÓNICO

Es un **polisacárido estructural** con propiedades excepcionales para **atraer y retener agua**, lo que lo convierte en un componente clave en los tejidos del cuerpo.



Estructura del ácido hialurónico

- Está formado por unidades repetitivas de **ácido glucurónico** y **N-acetilglucosamina**, unidos mediante enlaces **β-glucosídicos**.
- Es una **molécula lineal** y de **alto peso molecular**.

- Su estructura le confiere una **gran capacidad de retención de agua**, permitiendo la hidratación de tejidos.

Funciones del ácido hialurónico

1. **Hidratación y elasticidad de tejidos**:
    - **Atrae y retiene agua**, manteniendo los tejidos en óptimas condiciones.
    - Se encuentra en la **epidermis**, los **cartílagos**, el **líquido sinovial** (en las articulaciones) y el tejido conectivo.
2. **Lubricación articular**:
    - En las articulaciones, forma parte del **líquido sinovial**, ayudando a **reducir la fricción** entre los huesos.
3. **Soporte estructural**:
    - Proporciona **firmeza y elasticidad** a la piel y a otros tejidos, evitando el envejecimiento prematuro.
4. **Cicatrización de heridas**:
    - Facilita la **regeneración de tejidos** y la recuperación de lesiones cutáneas.

Relación con el envejecimiento

- Con el paso de los años, la cantidad de ácido hialurónico en el cuerpo **disminuye**.
    - La piel pierde **hidratación**, firmeza y aparecen **arrugas**.
    - Los **cartílagos** se vuelven más rígidos, aumentando el riesgo de **dolor articular** y **desgaste**.

Aplicaciones del ácido hialurónico

1. **Cosmética**:
    - Es uno de los **productos estrella** en la industria cosmética para **hidratar la piel**, reducir arrugas y mejorar la firmeza.
    - Se utiliza en **sueros, cremas y tratamientos faciales**.
2. **Medicina regenerativa y estética**:
    - Inyecciones de ácido hialurónico para **rellenos dérmicos** (aumentar volumen en labios, pómulos, etc.).
    - Tratamientos para **regeneración articular** en pacientes con artrosis.
3. **Traumatología**:
    - Se aplica en tratamientos de **articulaciones** (como rodillas) para **lubricar** y reducir el desgaste por fricción.

IMPORTANCIA DEL ÁCIDO HIALURÓNICO

Propiedad	Beneficio
Retiene grandes cantidades de agua	Mantiene la piel hidratada y flexible
Forma parte del líquido sinovial	Reduce fricción y dolor articular
Facilita regeneración de tejidos	Ayuda en la cicatrización de heridas
Usos cosméticos y médicos	Mejora la firmeza y estética de la piel

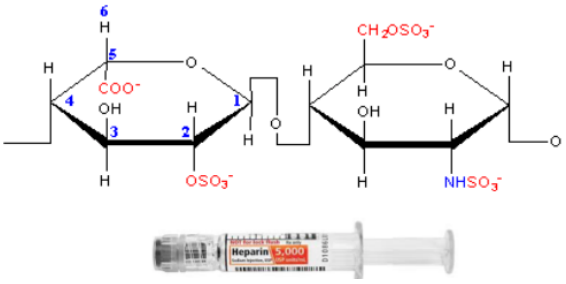
Conclusión

El **ácido hialurónico** es una molécula vital para la **hidratación, lubricación y regeneración** de tejidos. Su uso en **cosmética, medicina regenerativa y traumatología** lo convierte en un componente imprescindible para la **salud y el bienestar** del cuerpo.

HEPARINA

Es un **polisacárido** con funciones médicas esenciales, especialmente en el ámbito de la **coagulación sanguínea**. A continuación, te explico sus características, usos y relevancia:

Características de la Heparina



- Es un **polisacárido sulfatado** (contiene grupos sulfato) y se clasifica como un **glicosaminoglicano (GAG)**.
- Está compuesto por unidades repetitivas de **ácido glucurónico** y **N-acetilglucosamina** con enlaces especiales y grupos **sulfato** que le confieren una **alta carga negativa**.
- Se produce naturalmente en **mastocitos** y otras células del cuerpo.

Función principal

- **Disminuye la capacidad de coagulación de la sangre**: Actúa como un **anticoagulante**, lo que evita la formación de **trombos** (coágulos sanguíneos).
    - Inhibe la acción de la **trombina** y otros factores de la coagulación mediante la activación de la **antitrombina III**.

Aplicaciones médicas

1. **Prevención de trombos**:
    - Se administra en personas que tienen riesgo de **coagulación excesiva**, como pacientes postoperatorios, inmovilizados o con catéteres.
2. **Tratamiento de enfermedades trombóticas**:
    - Se utiliza en casos de **trombosis venosa profunda** (coágulos en las venas) y **embolia pulmonar** (coágulos que llegan a los pulmones).
3. **Uso en procedimientos médicos**:
    - Se aplica para evitar la **coagulación** en catéteres, cirugías cardíacas y equipos médicos como **dializadores**.

Formas de administración

- **Inyección subcutánea**: Se aplica bajo la piel, especialmente en tratamientos de prevención.
- **Administración intravenosa**: En casos más críticos o en procedimientos médicos donde se requiere una acción inmediata.

Importancia en la medicina global

- La **heparina** está incluida en la **Lista de Medicamentos Esenciales de la OMS**.
    - Esta lista destaca los fármacos más importantes y necesarios para garantizar la salud pública a nivel mundial.

Efectos adversos y consideraciones

- Aunque es segura, la heparina puede causar **sangrados excesivos** si no se administra con precaución.
- Se debe monitorizar a los pacientes mediante análisis de sangre para evitar **complicaciones hemorrágicas**.

SÍNTESIS DE LA HEPARINA

Propiedad	Descripción
Tipo de molécula	Polisacárido sulfatado (GAG)
Función principal	Anticoagulante
Usos médicos	Prevención y tratamiento de trombosis
Vía de administración	Subcutánea o intravenosa
Clasificación por la OMS	Medicamento esencial para la salud mundial

La **heparina**, por su efectividad y versatilidad, es un fármaco fundamental en medicina, especialmente para **prevenir y tratar coágulos sanguíneos** que pueden ser potencialmente mortales.

MIEL Y AZÚCAR

Diferencias entre miel y azúcar

1. **Composición**:
   - **Azúcar** (sacarosa): Contiene **100% sacarosa** (disacárido). Es **pura** y no contiene otros nutrientes ni agua.
   - **Miel**: Contiene:
     - **32% glucosa** (monosacárido).
     - **38% fructosa** (monosacárido).
     - **7% maltosa** (disacárido).
     - **otros azúcares** (3%).
     - **18% agua**.
     - **2% sacarosa**
2. **Valor nutricional**:
   - Aunque la miel contiene **pequeñas cantidades de vitaminas y minerales**, son insignificantes desde el punto de vista nutricional.
   - La principal ventaja de la miel es su contenido en **agua** y su sabor particular, pero **no aporta beneficios significativos** frente al azúcar en términos de nutrición.
3. **Energía**:
   - Tanto la miel como el azúcar son **fuentes de energía rápida** debido a su contenido de carbohidratos simples.

Puntos clave

- **Sin ventajas nutricionales**: Elegir miel o azúcar tiene **poca diferencia práctica** en términos de **nutrientes**.
- **Bebés menores de un año**:
  - La miel **no debe administrarse** a niños menores de un año debido al **riesgo de botulismo** infantil, causado por **esporas de Clostridium botulinum**.

Comparativa simple

Propiedad	Azúcar	Miel
Contenido principal	100% sacarosa	Glucosa, fructosa, agua
Vitaminas/minerales	Ninguno	Muy pequeñas cantidades
Agua	Ninguna	18%
Sabor	Dulce puro	Dulce con matices únicos
Uso	Endulzante universal	Endulzante y alimento natural

Conclusión

Aunque la miel es un producto natural y contiene más **variedad de azúcares** y agua, **nutricionalmente** no ofrece ventajas significativas sobre el azúcar. Su consumo debe ser moderado en ambos casos.

EDULCORANTES NO NUTRITIVOS

- **Definición y características**:
  - Los edulcorantes no nutritivos son compuestos químicos que **no aportan calorías** significativas a la dieta.
  - Se caracterizan por su **intenso sabor dulce**, lo que permite utilizarlos en cantidades muy pequeñas.
- **Estructura**:
  - **No tienen relación con los glúcidos**, a diferencia de los azúcares naturales como la sacarosa, glucosa o fructosa.

EJEMPLOS Y GRADO DE DULZURA:

Edulcorante	Grado de dulzura (comparado con la sacarosa, valor 1)
Sacarosa	1
Glucosa	0,74
Fructosa	1,7
Lactosa	0,16
Sacarina	300-400
Aspartamo	15-20
Ciclamato	50-100

- **Beneficios y riesgos**:
  - **Beneficios**:
    - Permiten reducir la ingesta calórica, siendo ideales para personas con diabetes o en dietas de adelgazamiento.
    - No provocan caries dentales, a diferencia de los azúcares comunes.
  - **Riesgos**:
    - Aunque generalmente seguros, en **altas concentraciones** pueden resultar **tóxicos**.
    - Los estudios sobre algunos edulcorantes como **sacarina** y **ciclamato** han generado controversia debido a posibles efectos adversos en grandes cantidades.
- **Uso común**:
  - Se utilizan ampliamente en bebidas **light**, productos dietéticos, pastas dentales y otros productos donde se desea dulzor sin aporte calórico.

COMPARACIÓN ENTRE EL AZÚCAR BLANCO Y EL AZÚCAR MORENO

1. **Azúcar moreno**:
   - Se extrae del jugo de la **caña de azúcar** sin ser sometido a un procesamiento completo.
   - Su color **amarillo o marrón** se debe a la presencia de **melaza**, que aporta un ligero sabor más profundo.
2. **Azúcar blanco**:
   - Pasa por un proceso de **purificación final** para eliminar impurezas y la melaza.
   - Es el tipo de azúcar más común y refinado.

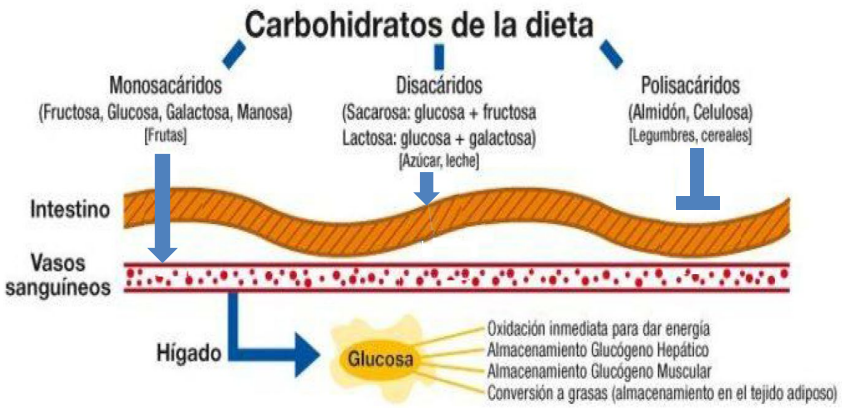
3. **Azúcar "falso moreno"**:
    - Muchas veces, lo que se vende como **azúcar moreno** no es más que azúcar blanco al que se le ha añadido un **extracto de melaza** para darle color y sabor.
4. **Valor nutricional**:
    - Apenas existe **diferencia nutricional** entre el azúcar blanco y el moreno.
    - La elección de uno u otro **dependerá del gusto personal**, ya que aportan la misma cantidad de calorías.
5. **Usos comunes**:
    - **Azúcar blanco**: repostería, bebidas y recetas donde se necesita un sabor más neutro.
    - **Azúcar moreno**: recetas que requieren un toque **más aromático** debido a la melaza, como postres y panes.

TEMA 6: DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE LOS CARBOHIDRATOS (GLÚCIDOS) DE LA DIETA

INTRODUCCIÓN

Los **carbohidratos o glúcidos** son una de las principales fuentes de energía en la dieta. Antes de ser utilizados por el cuerpo, deben ser **digeridos** en moléculas más pequeñas y luego **absorbidos** en el intestino.

2. DIGESTIÓN DE LOS CARBOHIDRATOS



La digestión de los alimentos que tomamos comienza en la boca, continúa en el estómago y finaliza en el intestino delgado. Veamos de qué manera se realiza:

1. Digestión en la boca

• La digestión comienza en la **boca** gracias a la **a-amilasa salival**, una enzima que rompe los **polisacáridos** como el **almidón** y el **glucógeno** en fragmentos más pequeños.

• Los productos resultantes son **maltosa, dextrinas y maltotriosa**.

• La digestión en esta fase es incompleta y depende del tiempo que el alimento permanece en la boca.

2. Digestión en el estómago

• El **bolo alimenticio** pasa al **estómago** y se mezcla con los jugos gástricos.

• La **a-amilasa salival se inactiva** debido al **pH ácido** del estómago, lo que **detiene la digestión de los carbohidratos de forma transitoria**.

• No ocurre una digestión significativa de los carbohidratos en el estómago.

3. Digestión en el intestino delgado

• El **quimo** (mezcla del alimento con los jugos gástricos) llega al **intestino delgado**.

• El **jugo pancreático**, que contiene **bicarbonato y a-amilasa pancreática**, se secreta en el intestino y **neutraliza el pH ácido** del quimo.

• La **a-amilasa pancreática** continúa la digestión de los fragmentos de almidón y glucógeno, transformándolos en **dextrinas y maltotriosa**.

• Los productos finales incluyen **maltosa, dextrinas y disacáridos** como **lactosa y sacarosa**, que estaban presentes en los alimentos desde el principio.

• Todos estos azúcares llegan a los **enterocitos** (células del intestino delgado), donde serán **absorbidos y transportados al torrente sanguíneo** para su uso como fuente de energía.

ABSORCIÓN DE LOS MONOSACÁRIDOS

Una vez digeridos los carbohidratos, los **monosacáridos** son absorbidos en el intestino delgado y transportados al torrente sanguíneo.

→ **GLUCOSA Y GALACTOSA**:

• Se absorben mediante un **transporte activo** dependiente de sodio (**SGLT1**).

• Luego pasan a la sangre a través del transportador **GLUT2**.

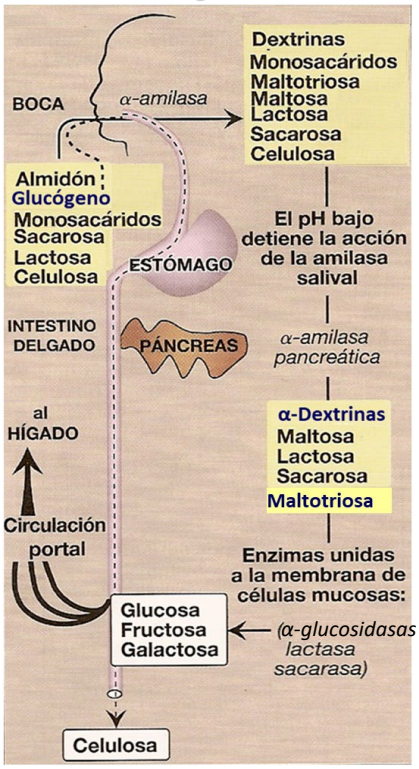
→ **Fructosa**:

• Se absorbe por **difusión facilitada** a través del transportador **GLUT5**.

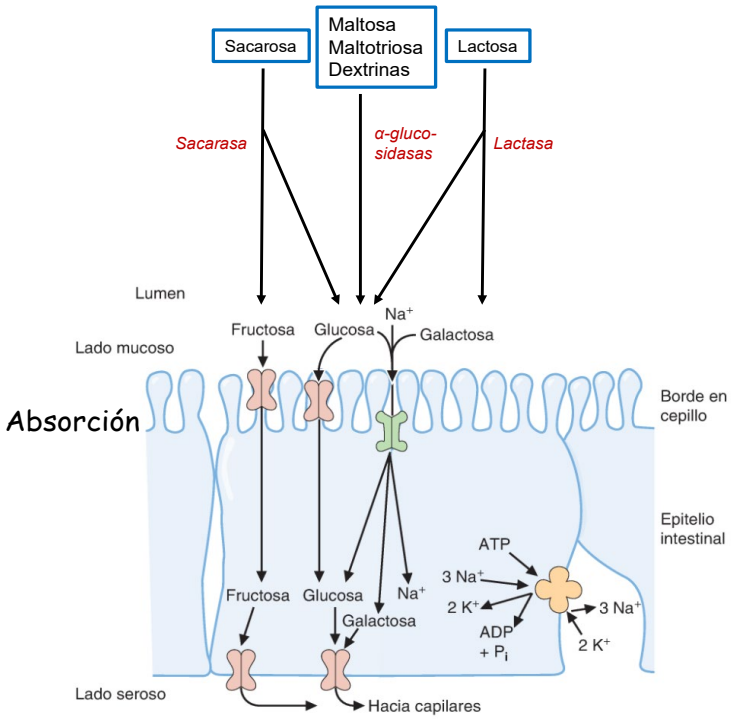
RESUMEN DEL PROCESO

Etapa	Proceso	Enzima Involucrada
Boca	Comienza la digestión del almidón	Amilasa salival
Intestino Delgado	Degradación de polisacáridos en disacáridos	Amilasa pancreática
Membrana Intestinal	Conversión de disacáridos en monosacáridos	Maltasa, Sacarasa, Lactasa
Absorción	Transporte de monosacáridos a la sangre	SGLT1, GLUT2, GLUT5

Digestión



Absorción



IMPORTANCIA DEL PROCESO

• **Proporciona energía inmediata**: La glucosa se usa en la **glucólisis** para producir ATP.

• **Regulación de la glucemia**: La insulina y el glucagón regulan los niveles de glucosa en sangre.

ABSORCIÓN DE LOS CARBOHIDRATOS (GLÚCIDOS) DE LA DIETA

Tras la digestión de los carbohidratos en el tracto gastrointestinal, los **monosacáridos** resultantes (glucosa, galactosa y fructosa) deben ser absorbidos por las células intestinales y transportados al torrente sanguíneo.

1. Última Etapa de la Digestión de Carbohidratos

Después de la acción de la **amilasa pancreática**, quedan en el intestino delgado diferentes disacáridos y oligosacáridos, que deben ser convertidos en **monosacáridos** antes de su absorción:

1. **Maltosa, maltotriosa y dextrinas**: Son degradadas por las **α-glucosidasas** en **glucosa**.
2. **Sacarosa**: Es hidrolizada por la **sacarasa**, liberando **glucosa y fructosa**.
3. **Lactosa**: Es degrada por la **lactasa**, liberando **glucosa** y **galactosa**.

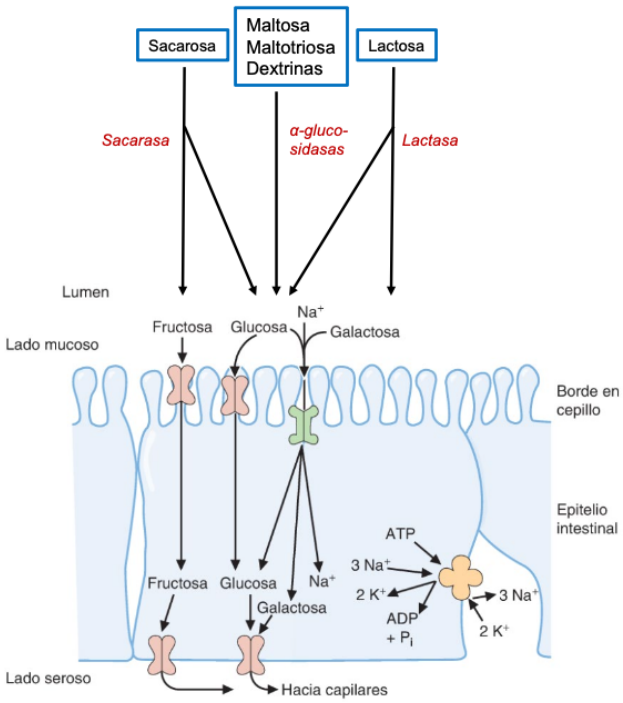
RESUMEN DEL PROCESO DE ABSORCIÓN

Fase	Proceso	Enzimas o Transportadores Involucrados
Digestión Final	Conversión de disacáridos en monosacáridos	Sacarasa, Lactasa, α-glucosidasas
Absorción intestinal	Entrada al enterocito	SGLT1 (glucosa y galactosa), GLUT5 (fructosa)
Salida a la sangre	Transporte al hígado	GLUT2

👉 **Resultado final:** Se obtienen los **monosacáridos glucosa, galactosa y fructosa**, listos para ser absorbidos.

2. Absorción en los Enterocitos

Los monosacáridos ingresan a las células epiteliales del intestino delgado (**enterocitos**) mediante **transportadores específicos**:



💡 **Importante:**

- La glucosa y la galactosa **requieren sodio (Na^+)** para entrar mediante **SGLT1**.
- La fructosa entra mediante **GLUT5**, sin necesidad de sodio.

3. Transporte a la Sangre y Distribución

- Una vez dentro del enterocito, los monosacáridos deben pasar a la sangre para llegar al hígado. Esto ocurre mediante el transportador **GLUT2**.
- **Desde el enterocito a la sangre: Glucosa, galactosa y fructosa** salen mediante **GLUT2** por difusión facilitada.
- **Destino final:** El hígado recibe estos monosacáridos y los procesa según las necesidades metabólicas del cuerpo.

Monosacárido	Transportador de entrada al enterocito	Mecanismo
Glucosa	**SGLT1 (co-transporte con Na^+)**	Transporte activo secundario
Galactosa	**SGLT1 (co-transporte con Na^+)**	Transporte activo secundario
Fructosa	**GLUT5**	Difusión facilitada

4. Importancia Clínica

- **Intolerancia a la lactosa**: Falta de lactasa impide la digestión de la lactosa, causando malestar digestivo.
- **Malabsorción de fructosa**: Disminución de GLUT5 puede generar hinchazón y diarrea.

Este mecanismo permite que los carbohidratos sean digeridos y utilizados de manera eficiente en el metabolismo energético.

INTOLERANCIA A LA LACTOSA: CAUSAS, SÍNTOMAS Y TRATAMIENTO

La **intolerancia a la lactosa** es un trastorno digestivo causado por la **incapacidad de digerir la lactosa**, el azúcar presente en la leche y sus derivados. Esto se debe a una **deficiencia de la enzima lactasa**, encargada de descomponer la lactosa en sus componentes básicos: **glucosa y galactosa**.

1. Causas de la Intolerancia a la Lactosa

La intolerancia puede tener diferentes orígenes:

• **Deficiencia primaria de lactasa:** Ocurre con el envejecimiento, ya que la actividad de la lactasa disminuye con la edad.

• **Lesión en la mucosa intestinal:** Enfermedades como la **celiaquía**, infecciones intestinales o inflamación pueden dañar las células que producen lactasa.

2. Síntomas Principales

Cuando la lactosa no es digerida correctamente, pasa al intestino grueso, donde es fermentada por las bacterias intestinales, generando:

✓ **Diarrea**
✓ **Dolor abdominal**
✓ **Flatulencias**
✓ **Hinchazón o distensión abdominal**

Estos síntomas suelen aparecer entre **30 minutos a 2 horas después del consumo de productos lácteos**.

3. Diagnóstico de la Intolerancia a la Lactosa

Se pueden realizar diversas pruebas para confirmar el diagnóstico:

- **Análisis de heces**: Detecta la presencia de ácidos que indican la fermentación de la lactosa.
- **Prueba de tolerancia a la lactosa**: Se mide el nivel de glucosa en sangre tras la ingesta de lactosa.
- **Prueba del hidrógeno en el aliento**: Mide el hidrógeno exhalado tras la ingestión de lactosa, ya que su fermentación produce gases que se eliminan por la respiración.

4. Tratamiento y Manejo

Para evitar los síntomas, se recomienda: **Reducción o eliminación de productos lácteos** con alto contenido de lactosa.

RESUMEN DEL MANEJO DE LA INTOLERANCIA A LA LACTOSA

Aspecto	Detalle
Causa	Falta de lactasa o daño intestinal
Síntomas	Diarrea, gases, hinchazón
Diagnóstico	Pruebas de heces, glucemia, hidrógeno en el aliento
Tratamiento	Dieta baja en lactosa, leche sin lactosa, suplementos de lactasa

Esta situación no es peligrosa, pero puede afectar la calidad de vida si no se maneja adecuadamente.

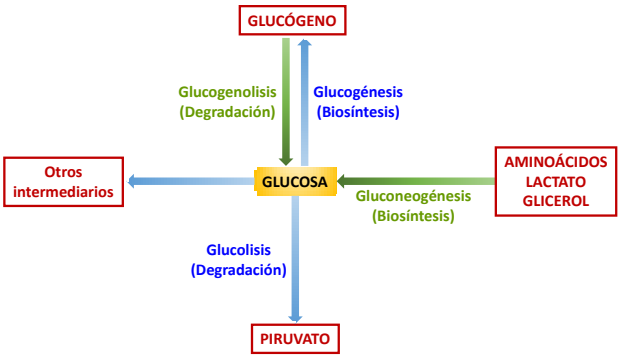
Alimentos y Productos que han de Restringirse en una Dieta Sin Lactosa

Alimentos e ingredientes prohibidos (alto contenido en lactosa)	**Alimentos** Leche vaca, leche en polvo, batido de leche, derivados lácteos, nata quesos frescos y fermentados, mascarpone, quark, feta, crema de leche, postres lácteos, margarina, mantequilla, helado, salsa bechamel. **Ingredientes y Aditivos** Lactosa, azúcar de la leche, sólido lácteo, suero de leche, cuajo, cuajada, grasas de leche.
Alimentos y productos que deben limitarse en función de la tolerancia individual(pueden contener lactosa) "Vigilar cuando se indica azúcares, puede esconder lactosa" "Vigilar en medicamentos y complejos vitamínicos dónde se utiliza como excipiente"	**Alimentos** Purés y sopas, pan, pasteles, fiambres, embutidos, pasteles y frituras de carne, sucedáneos de huevos y batidos, flanes, purés de patatas, bollería, donuts, crepés, precocinados, cereales enriquecidos, aderezo de ensaladas y mayonesas, sorbetes, tartas, yogures, batidos, chocolate con leche, rebozados, sucedáneos de chocolate, sopas instantáneas, bebidas alcohólicas destiladas o fermentadas. **Productos** Medicamentos, complejos vitamínicos y dentífricos

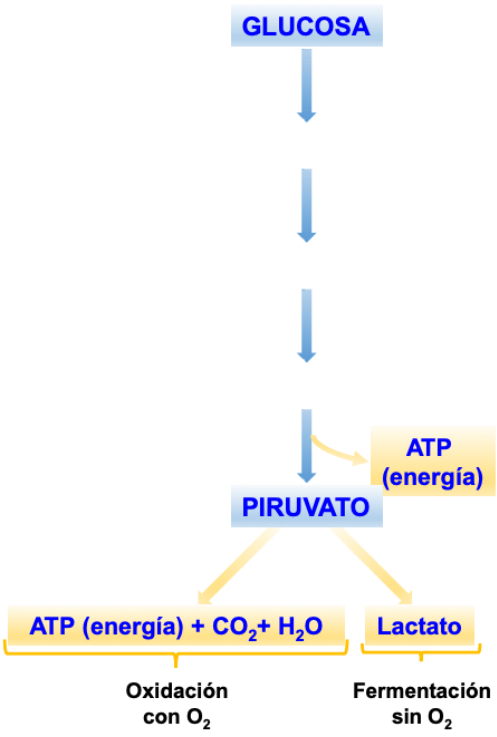
TEMA 7: METABOLISMO DE HEXOSA Y GLUCÓGENO

METABOLISMO DE LA GLUCOSA Y DEL GLUCÓGENO

El metabolismo de la glucosa es un proceso fundamental que permite obtener energía y mantener la homeostasis del organismo. Este proceso involucra **cuatro rutas metabólicas principales**:



1. Glucólisis: Obtención de Energía a partir de la Glucosa



• **Definición:** La glucólisis es el proceso por el cual la glucosa se degrada en **piruvato**, generando **ATP** y poder reductor (NADH).

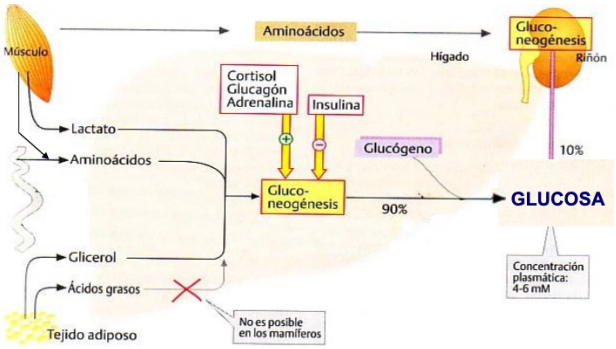
• **Dónde ocurre:** Se lleva a cabo en el **citoplasma** de todas las células.

• **Tipos de degradación del piruvato:**

○ En presencia de **oxígeno (O_2)**: Se convierte en **CO_2 y H_2O** en la mitocondria mediante el ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa.

○ En ausencia de oxígeno (**fermentación anaerobia**): Se convierte en **lactato**.

2. Gluconeogénesis: Síntesis de Glucosa desde Compuestos No Glucídicos



• **Definición:** Proceso mediante el cual la **glucosa es sintetizada** a partir de **aminoácidos, lactato y glicerol**.



• **Dónde ocurre: Principalmente en el hígado** y en menor medida en el **riñón**.

• **Importancia:** Es crucial en **ayunos prolongados**, cuando los depósitos de glucógeno se han agotado.

3. Glucogénesis: Almacenamiento de Glucosa en Forma de Glucógeno

• **Definición:**

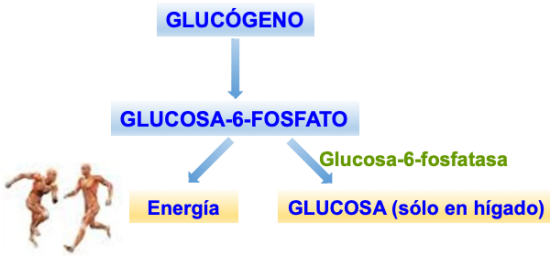
La glucogénesis es la vía metabólica que convierte la **glucosa en glucógeno** para su almacenamiento.

• **Dónde ocurre:** En el **hígado** y **músculo**.

• **Importancia:**
  - En el **hígado**, el glucógeno sirve como una reserva de glucosa que se libera a la sangre cuando es necesario.
  - En el **músculo**, el glucógeno se utiliza para obtener **energía rápida** durante el ejercicio.

4. Glucogenólisis: Liberación de Glucosa desde el Glucógeno

• **Definición:**



Es el proceso por el cual el **glucógeno** almacenado se degrada para liberar **glucosa**.

• **Dónde ocurre:**

• En el **hígado y el músculo**.

• **Diferencias entre el hígado y el músculo:**
  - **Glucógeno hepático:** Su función es **mantener los niveles de glucosa en sangre** en situaciones de ayuno.
  - **Glucógeno muscular:** Se usa **exclusivamente** para la obtención de **ATP en el músculo** durante la contracción muscular.

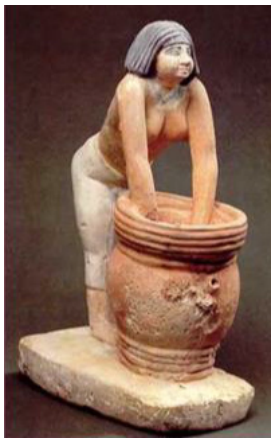
RESUMEN DEL METABOLISMO DE LA GLUCOSA Y EL GLUCÓGENO

Ruta metabólica	Función principal	Dónde ocurre	Resultado
Glucólisis	Degradación de glucosa para obtener ATP	Todas las células	Piruvato, ATP, NADH
Gluconeogénesis	Síntesis de glucosa desde compuestos no glucídicos	Hígado y riñón	Glucosa
Glucogénesis	Almacenamiento de glucosa en forma de glucógeno	Hígado y músculo	Glucógeno
Glucogenólisis	Degradación del glucógeno para obtener glucosa	Hígado y músculo	Glucosa-6-fosfato (en músculo) y glucosa libre (en hígado)

Este conjunto de procesos metabólicos permite que el organismo tenga un suministro constante de **glucosa** para la producción de **energía**, asegurando así la **homeostasis energética**.

HISTORIA DE LA ELABORACIÓN DE LA CERVEZA

La **cerveza** es una de las bebidas fermentadas más antiguas del mundo. Su historia se remonta a miles de años y ha estado relacionada con la cultura, la religión y la ciencia.



1. Orígenes de la Cerveza

• Se estima que la producción de cerveza comenzó entre el **6000 y 5000 a.C.**

• Su invención se atribuye a diferentes tradiciones:

• En el **Antiguo Egipto**, se creía que la diosa **Hathor** elaboró la cerveza **"con sus propias manos"**.

• Otra versión sostiene que la invención fue obra de **Osiris**, el dios de la agricultura.

2. Evidencias Arqueológicas

• Se han encontrado **restos de malta de cebada y levaduras** en vasijas de barro antiguas, lo que sugiere que la fermentación de la cerveza ya era una práctica común en civilizaciones antiguas.

3. El Papel de los Monasterios

• Durante la Edad Media, los **monasterios** fueron los principales centros de producción de cerveza en Europa.

• Los monjes perfeccionaron las técnicas de elaboración y estandarizaron procesos que aún se utilizan hoy en día.

4. Descubrimientos Científicos

• **1680**: **Antonie van Leeuwenhoek**, considerado precursor de la biología experimental, de la biología celular y de la microbiología, observó por primera vez las **levaduras al microscopio**, aunque no entendía su función en la fermentación.

• **1866-1876**: El químico y microbiólogo **Louis Pasteur,** estableció que las **levaduras y otros microorganismos eran los responsables de la fermentación**, revolucionando la industria cervecera y sentando las bases de la microbiología moderna.

Conclusión: La cerveza ha evolucionado desde sus orígenes en la antigüedad hasta convertirse en una bebida industrializada. Su desarrollo ha estado ligado a descubrimientos científicos que permitieron mejorar su producción y calidad.

PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA CERVEZA

La elaboración de la cerveza es un proceso que implica la **fermentación de azúcares** presentes en los cereales, principalmente la cebada. Estas son las diferentes etapas clave en su producción.

1. Materias Primas

Para la elaboración de la cerveza se utilizan los siguientes ingredientes principales:

- **Malta de cebada**: Fuente de almidón y azúcares fermentables.
- **Adjuntos**: Azúcares y otros cereales como trigo, avena o maíz para mejorar la estabilidad.
- **Lúpulo**: Aporta sabor amargo y aroma característico.
- **Levadura cervecera**: Responsable de la fermentación.
- **Agua**: Con un contenido de iones adecuado para la fermentación.

2. Etapas del Proceso de Elaboración

El proceso de producción de la cerveza se divide en varias fases:

1. **Malteado o producción de la malta**
   - Se selecciona la cebada (**Hordeum vulgare**) con alto contenido de almidón.
   - Se **germina** en condiciones controladas y luego se seca.
   - Se tuesta a diferentes temperaturas según el tipo de cerveza.
2. **Obtención del mosto cervecero**
   - **Maceración**: La malta molida se mezcla con agua y se calienta para extraer los azúcares.
   - **Filtración**: Se separa el mosto de los restos de grano.
   - **Cocción**: Se añade lúpulo y se somete el mosto a 100°C para esterilización y desarrollo del sabor.

3. **Fermentación alcohólica**
   - Se inocula levadura en el mosto frío:
   - **Saccharomyces cerevisiae** (fermentación alta, para cervezas tipo Ale).
   - **Saccharomyces carlsbergensis** (fermentación baja, para cervezas tipo Lager).
   - Se convierte el azúcar en **etanol y CO_2**.

4. **Maduración y envasado**
   - La cerveza se almacena a **0°C** para mejorar su sabor y aroma.
   - Se filtra y se inyecta CO_2 para carbonatación.

TIPOS DE FERMENTACIÓN Y CERVEZA

Tipo de Fermentación	Temperatura	Ejemplo de Cerveza
Alta (Superficial)	18-25°C	Ale, Porter, Lambic
Baja (Fondo)	6-10°C	Lager, Pilsener, Munich

   - Se pasteuriza a **72°C durante 30 segundos** para asegurar estabilidad microbiológica.

5. Importancia del Lúpulo

El lúpulo (*Humulus lupulus*) es esencial en la elaboración de la cerveza porque:

- Aporta **sabor amargo** y **aroma**.

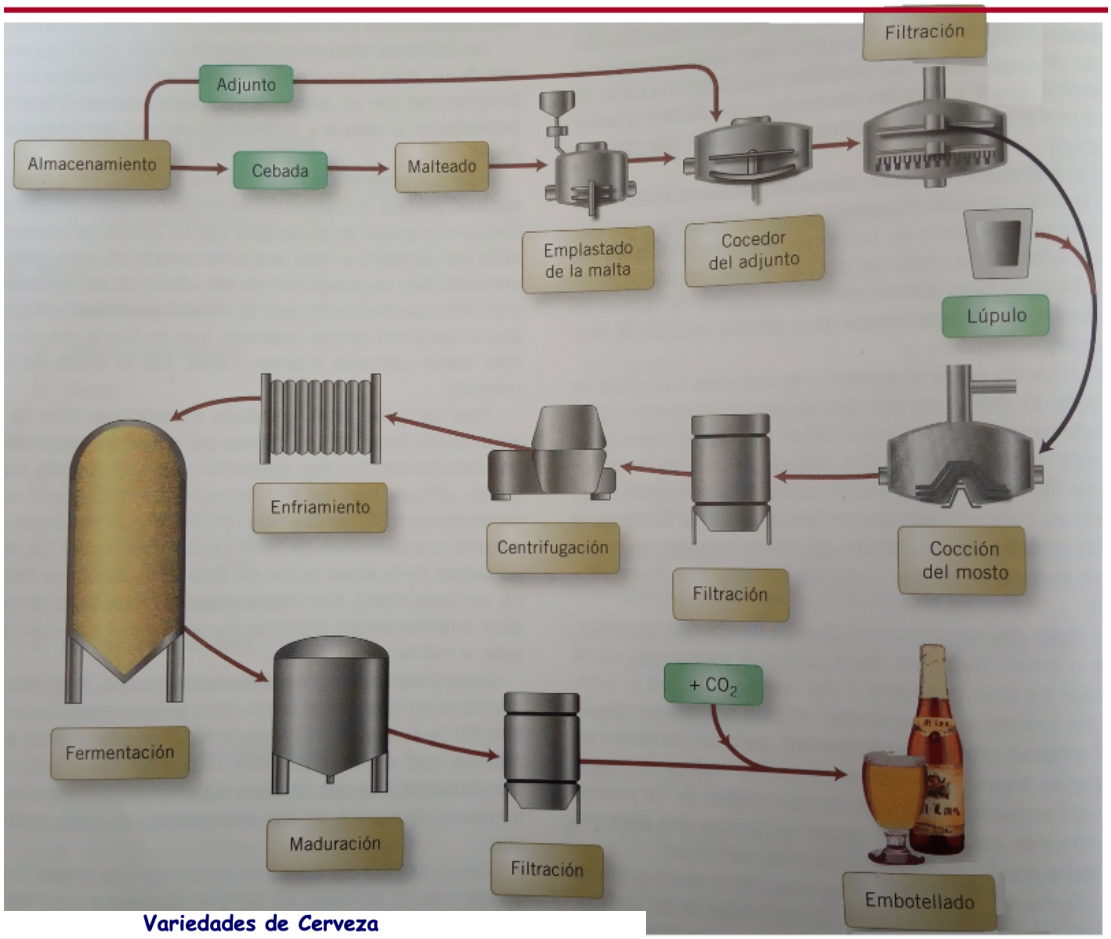
RESUMEN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Fase	Descripción
Malteado	Se germina y seca la cebada para activar las enzimas que degradarán el almidón
Maceración	La malta molida se mezcla con agua caliente para extraer azúcares
Obtención del mosto	Se separan los restos sólidos de la mezcla líquida
Cocción con Lúpulo	Se añade el lúpulo y se esteriliza el mosto a altas temperaturas
Fermentación	Se añaden levaduras para convertir los azúcares en alcohol y CO_2
Maduración	Se deja reposar la cerveza para mejorar su sabor y eliminar impurezas
Filtrado y envasado	Se eliminan residuos y se embotella o almacena la cerveza

Todo este proceso asegura la calidad y el sabor característico de la cerveza.

- Contribuye a la **retención de espuma**.
- Posee propiedades **antisépticas** que mejoran la conservación.

Proceso de Elaboración de la Cerveza



Variedades de Cerveza

Clasificación en función del lugar de origen, elaboración e ingredientes añadidos:

- **Ale:** Fermentación alta con contenido alcohólico alto. Color oscuro, aroma y paladar afrutada y sabor complejo
- **De trigo:** Gran parte de la cebada se sustituye por grano de trigo. Muy refrescantes, de bajo contenido alcohólico y de color amarillo pardo
- **Lager:** Fermentación baja con contenido medio de alcohol. Variedad muy difundida en el mercado. Marcado sabor a lúpulo y generalmente rubias, con matices dorados oscuros
- **Lambic:** A partir de cebada malteada y trigo crudo. Utilizan las cepas salvajes de levadura, lo que provoca una fermentación espontánea, poco gas y un aroma y paladar ácidos y vinosos
- **Porter:** Cervezas de fermentación alta, muy oscuras, casi negras, densas, cremosas, dulzonas y con un sabor tostado o torrefacto. Se sirven a temperatura ambiente

Conclusión: La cerveza es el resultado de un proceso bioquímico complejo en el que los azúcares del almidón se convierten en etanol gracias a la acción de las levaduras. Su sabor, aroma y textura dependen de la selección de ingredientes y del tipo de fermentación utilizado.

Otras variedades:

- **Trapenses:** Elaboración tradicional por las órdenes Trapenses o del Císter
- **Blancas (*Weiss*):** Elaboradas con trigo. Rubias y algo turbias
- **Artesanales:** Con adición de especias, frutas o ingredientes raros como miel, trigo sarraceno, etc.
- **Sake, Samshu y Suk:** Elaboradas a partir de arroz en Japón, China y Corea, respectivamente.
- **Bajas en alcohol:** Para su producción, primero se elabora la cerveza por procedimiento tradicional (así tendrá todo el sabor y aroma característicos) y, posteriormente, se elimina el alcohol

TEMA 8: COMUNICACIÓN CELULAR. HORMONAS, NEUROTRANSMISORES Y FACTORES DE CRECIMIENTO. RECEPTORES.

LA COMUNICACIÓN CELULAR

1. ¿Por qué es importante la comunicación celular?

• **Las células no viven aisladas**; necesitan percibir y responder a estímulos de su entorno para sobrevivir y coordinar funciones.

• La **comunicación entre células** ocurre mediante un proceso llamado **señalización celular**.



2. Pero, ¿Cómo se Comunican las Células?

Las células responden continuamente a **señales del ambiente** tanto interno (**endógeno**) como externo (**exógeno**).

Esta señalización ocurre en tres pasos básicos:

- **Recepción**: Una célula detecta la señal a través de un **receptor** en su membrana o en su interior.
- **Transducción**: La señal es convertida en una serie de reacciones dentro de la célula.
- **Respuesta**: La célula ejecuta una acción en función de la señal recibida.

TIPOS DE SEÑALES EN LA COMUNICACIÓN CELULAR

Tipo de Señalización	Descripción
Autocrina	La célula responde a señales que ella misma produce.
Paracrina	La señal afecta a células cercanas.
Endocrina	La señal viaja por la sangre para alcanzar células lejanas (hormonas).
Sináptica	Ocurre en el sistema nervioso mediante neurotransmisores.

3. Moléculas Involucradas en la Comunicación Celular

• **Hormonas**: Moléculas que viajan por la sangre para actuar en células distantes.
• **Neurotransmisores**: Transmiten señales entre neuronas y células musculares o glandulares.
• **Factores de Crecimiento**: Regulan el desarrollo y proliferación celular.

4. Importancia de la Señalización Celular

• Regula el **crecimiento y desarrollo**.
• Coordina funciones en sistemas **nervioso, endocrino e inmunológico**.
• Permite la **respuesta a estímulos externos**, como el estrés o la inflamación.

Este tema es clave en **biología celular y medicina**, ya que muchas enfermedades están relacionadas con fallos en la señalización celular.

INTEGRACIÓN DE SEÑALES EN LA COMUNICACIÓN CELULAR

Las células reciben múltiples señales simultáneamente y deben **procesarlas e integrarlas** para generar una respuesta adecuada.

1. Tipos de Señales Extracelulares

Las células responden a **diferentes tipos de señales**, que pueden incluir:

- **Hormonas**: Señales de largo alcance transportadas por la sangre.
- **Neurotransmisores**: Comunicación rápida entre neuronas.
- **Factores de crecimiento**: Controlan la proliferación y diferenciación celular.
- **Moléculas de contacto**: Permiten la interacción entre células adyacentes.

2. Integración de Señales

Las células no responden a una sola señal, sino a la **combinación** de múltiples estímulos, lo que permite una regulación más precisa.

- **Ejemplo de integración de señales:**
  - Un factor de crecimiento puede estimular la **proliferación celular**, pero si una señal inhibitoria está presente, la célula no se dividirá.
  - La activación de un receptor puede **potenciar o bloquear** el efecto de otra señal.

3. Proceso Señal → Respuesta

El resultado final de la señalización celular depende de la **integración de las señales recibidas**.

Paso	Descripción
Recepción	La célula detecta la señal con un receptor específico.
Transducción	Se activan cascadas de señalización dentro de la célula.
Integración	La célula combina diferentes señales para definir su respuesta.
Respuesta	Se genera una acción específica, como proliferación, diferenciación o apoptosis.

4. Importancia de la Integración de Señales

- Permite una respuesta **precisa y coordinada** a estímulos del entorno.
- Evita respuestas inadecuadas, como el crecimiento celular descontrolado.
- Es clave en procesos como la **respuesta inmune, la regeneración celular y el metabolismo**.

→ La capacidad de una célula para integrar señales múltiples es esencial para su función en el organismo.

COMPONENTES DE LA SEÑALIZACIÓN CELULAR

La señalización celular es un proceso altamente regulado que involucra diferentes moléculas y proteínas que permiten la **transmisión y respuesta** a señales externas.

1. Elementos Claves en la Señalización Celular

La comunicación entre células ocurre a través de una serie de componentes bien definidos:

Componente	Función
Señal (1er mensajero)	Molécula extracelular (hormona, neurotransmisor, factor de crecimiento) que activa un receptor.
Receptor	Proteína en la membrana o en el interior de la célula que reconoce la señal.
Mensajeros secundarios (2º mensajeros)	Moléculas dentro de la célula que amplifican la señal y regulan procesos celulares.
Proteínas diana	Enzimas, proteínas del citoesqueleto o factores de transcripción que ejecutan la respuesta celular.
Respuesta final	Puede afectar el metabolismo, la expresión génica, el movimiento o la forma de la célula.

2. Ejemplo del Proceso de Señalización Celular

1. **Recepción de la señal**: Una hormona o neurotransmisor se une a un receptor específico en la membrana celular o dentro de la célula.

2. **Transducción de la señal**: La activación del receptor desencadena una cascada de eventos donde los **segundos mensajeros** amplifican la señal.

3. **Respuesta celular**: Dependiendo del tipo de célula y del estímulo, la señalización puede inducir:

- **Cambios en el metabolismo** (activación de enzimas).
- **Regulación de la expresión génica** (activación de factores de transcripción).
- **Modificación del citoesqueleto** (cambios en la forma y movilidad celular).

3. Importancia Biológica

• La señalización celular permite que las células **respondan al entorno**, regulando funciones esenciales como la **diferenciación celular, la proliferación y la apoptosis**.

• **Defectos en la señalización** pueden llevar a **enfermedades**, como el cáncer (cuando la proliferación celular no está bien regulada).

RESUMEN DEL PROCESO

Paso	Descripción
Señal (1er mensajero)	Molécula externa (hormona, neurotransmisor, etc.).
Receptor	Proteína que detecta la señal.
Mensajero secundario	Amplifica la señal dentro de la célula.
Proteína diana	Ejecuta la respuesta celular.
Respuesta final	Puede cambiar metabolismo, expresión génica o estructura celular.

→ La señalización celular es fundamental para la vida y regula todos los procesos biológicos esenciales.

DIAGRAMA DEL PROCESO DE SEÑALIZACIÓN CELULAR:

1. Esquema del Proceso

Señal (1er mensajero)
↓
Receptor
↓
Activación de 2º mensajeros
↓
Activación de proteínas diana
↓
Respuesta Celular

2. Explicación de las Etapas

1. **Señal (1er mensajero)**: Puede ser una **hormona, neurotransmisor o factor de crecimiento** que llega a la célula.
2. **Receptor**: Puede estar en la **membrana plasmática** (para señales **hidrofílicas**) o dentro de la célula (para señales **lipofílicas** como los **esteroides**).
3. **Activación de 2º mensajeros**: Moléculas como **AMPc, Ca^{2+} o DAG** amplifican la señal dentro de la célula.
4. **Activación de proteínas diana**: Pueden ser **enzimas metabólicas**, **factores de transcripción** o proteínas del **citoesqueleto**.
5. **Respuesta Celular**: Dependiendo de la señal, la célula puede cambiar su **metabolismo, expresión génica o estructura**.

MOLÉCULAS SEÑAL EN LA COMUNICACIÓN CELULAR

Las células responden a una amplia variedad de **moléculas señal** que regulan funciones como el metabolismo, el crecimiento y la respuesta al entorno. Estas moléculas pueden clasificarse según su **solubilidad en agua** y su **función biológica**.

1. Clasificación de las Moléculas Señal

Tipo de Molécula Señal	Ejemplo	Solubilidad
Hidrófilas	Glucagón, insulina, adrenalina	Solubles en agua
Lipófilas	Cortisol, estradiol, tiroxina (T4)	Poco solubles en agua

• **Las hidrófilas** actúan a través de **receptores de membrana**, ya que no pueden atravesar la bicapa lipídica de la célula.

• **Las lipófilas** atraviesan la membrana y se unen a **receptores intracelulares**, modulando la expresión génica.

2. Principales Tipos de Moléculas Señal

a) Hormonas

Regulan procesos fisiológicos y se transportan a través de la sangre.

- **Proteicas**: Glucagón, Insulina, Hormona del Crecimiento.
- **Esteroideas**: Cortisol, Aldosterona, Estradiol, Testosterona, Progesterona.
- **Tiroideas**: Triyodotironina (T3) y Tiroxina (T4).
- **Aminas biógenas**: Adrenalina, Noradrenalina, Serotonina, Melatonina.

b) Neurotransmisores

Mediadores de la comunicación entre neuronas.

- **Acetilcolina**: Implicada en la contracción muscular y transmisión nerviosa.
- **Aminoácidos**: Glutamato (excitador), glicina (inhibidor).
- **Aminas biógenas**: Dopamina, Noradrenalina, Serotonina, Histamina, GABA.
- **Péptidos**: β-endorfina, Angiotensina II.

c) Factores de Crecimiento

Regulan la proliferación celular y el desarrollo de tejidos.

- **PDGF (factor de crecimiento derivado de plaquetas)**.
- **EGF (factor de crecimiento epidérmico)**.
- Otros factores reguladores del crecimiento celular y regeneración tisular.

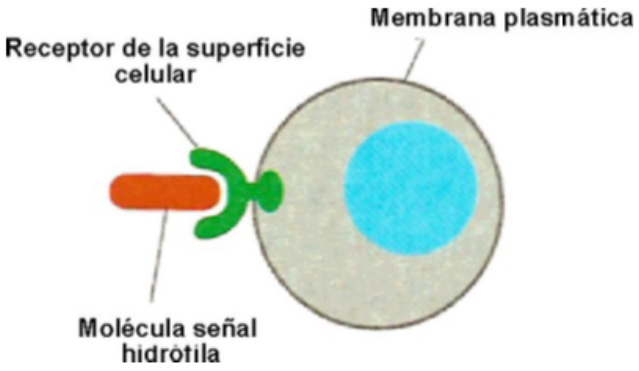
3. Importancia Biológica de las Moléculas Señal

- Permiten la **comunicación entre células** y la coordinación de funciones vitales.
- Regulación de procesos como **metabolismo, respuesta inmune y proliferación celular**.
- Alteraciones en la señalización pueden provocar **enfermedades como cáncer o trastornos endocrinos**.

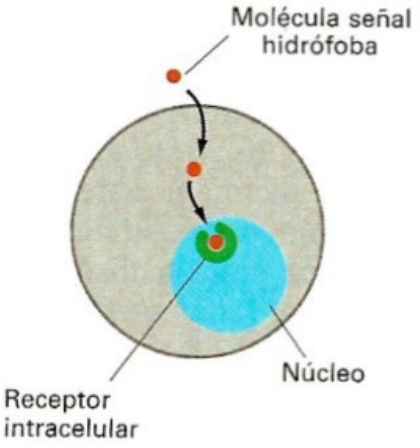
TIPOS DE RECEPTORES EN LA SEÑALIZACIÓN CELULAR

Los receptores son proteínas especializadas que permiten a las células recibir y procesar señales químicas del entorno. Se dividen en dos tipos principales: **receptores de superficie celular** y **receptores intracelulares**.

Receptores de la Superficie Celular



Receptores Intracelulares



1. Clasificación de los Receptores

Tipo de Receptor	Localización	Ejemplo de Moléculas Señal	Mecanismo de Acción
Receptores de superficie celular	Membrana plasmática	Hormonas proteicas, neurotransmisores, factores de crecimiento	Activan segundos mensajeros o abren canales iónicos.
Receptores intracelulares	Citosol o núcleo	Hormonas esteroideas, tiroideas, vitamina D	Regulan la transcripción génica.

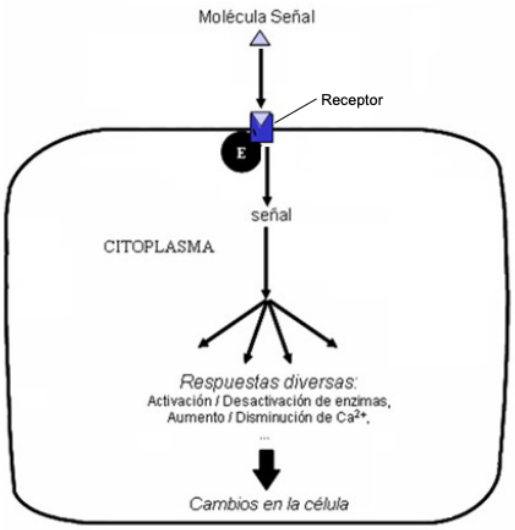
2. Receptores de la Superficie Celular

• Se localizan en la **membrana plasmática**.

• Son utilizados por **moléculas hidrófilas** (grandes y polares) que **no pueden atravesar la membrana**.

• **Mecanismo de acción**:

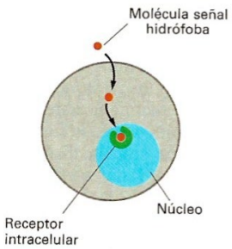
1. La **molécula señal** se une al receptor en la membrana.
2. Esto provoca un **cambio conformacional** en el receptor.
3. La señal se **transmite al interior de la célula**.
4. Se generan respuestas como:
   - **Activación o desactivación de enzimas**.
   - **Apertura o cierre de canales iónicos**.

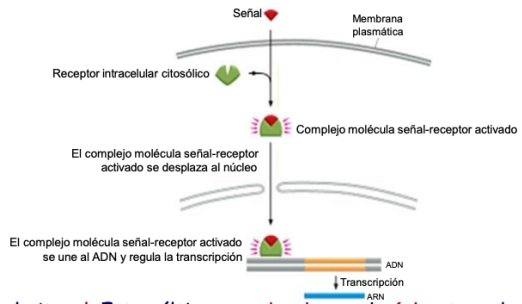


3. Receptores Intracelulares

• Se encuentran en el **citosol o el núcleo**.

• Interactúan con **moléculas lipofílicas** (hormonas esteroideas, tiroideas, retinoides, vitamina D).





• **Mecanismo de acción**:

1. La molécula señal **atraviesa la membrana plasmática** por difusión.
2. Se une a un **receptor intracelular en el citoplasma** o directamente en el núcleo.
3. El complejo **se transporta al núcleo** y se une al ADN.
4. Esto **regula la transcripción de genes**, alterando la producción de proteínas.

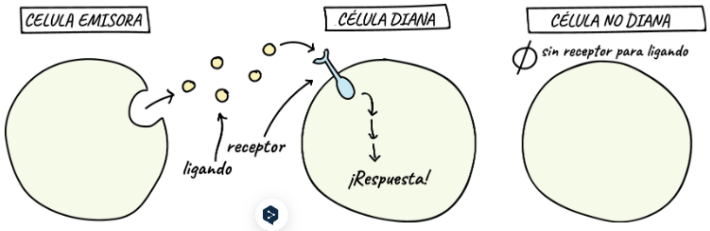
4. Importancia Biológica

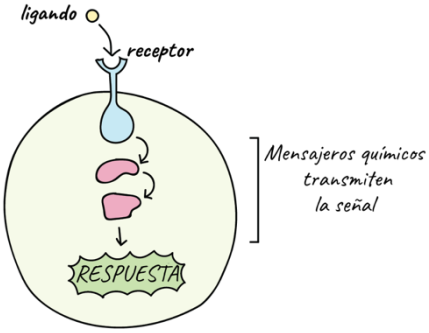
• La correcta señalización es crucial para **regular funciones metabólicas, crecimiento y diferenciación celular**.

• **Alteraciones en los receptores** pueden provocar enfermedades como cáncer o trastornos hormonales.

TIPOS DE SEÑALIZACIÓN CELULAR

Las células pueden detectar lo que pasa a su alrededor y responder en tiempo real a las señales que provienen del medio ambiente y de sus vecinas. Piensa que, en este preciso momento, nuestras células envían y reciben millones de mensajes en forma de moléculas señalizadoras utilizando diferentes tipos de señalización para coordinar funciones fisiológicas y responder a estímulos del entorno. Estas señales pueden transmitirse de diferentes maneras, dependiendo de la distancia entre la **célula emisora** y la **célula diana**.





Pero, no todas las células pueden "oír" un mensaje químico específico. Para detectar una señal (es decir, para ser una **célula diana**), la célula debe tener el **receptor** adecuado para esa señal. Cuando una molécula señalizadora se une a su receptor, altera la forma o actividad del receptor, lo que desencadena un cambio dentro de la célula. Debido a que funcionan uniéndose a receptores específicos, estas moléculas señalizadoras se conocen como **ligandos**, un término general para las moléculas que se unen de manera específica a otras moléculas.

1. Clasificación de la Señalización Celular

Tipo de Señalización	Distancia entre células	Ejemplo
Autocrina	La célula emisora y la diana son la misma.	Células tumorales, desarrollo embrionario.
Paracrina	La célula emisora está cerca de la diana.	Inflamación, cicatrización.
Endocrina	La célula emisora y la diana están lejos, comunicación a través del torrente sanguíneo.	Hormonas como insulina, adrenalina.
Neuronal	La señal viaja a través de neuronas.	Neurotransmisores como dopamina, serotonina.

2. Mecanismos de Acción de Cada Tipo de Señalización

a) Señalización Autocrina

• La **célula señalizadora y la célula diana son la misma**.

• Ejemplo: **Células tumorales** que producen y responden a sus propios factores de crecimiento.

• También es crucial en **desarrollo embrionario**.

b) Señalización Paracrina

• Ocurre entre **células cercanas**, sin necesidad de transporte por la sangre.

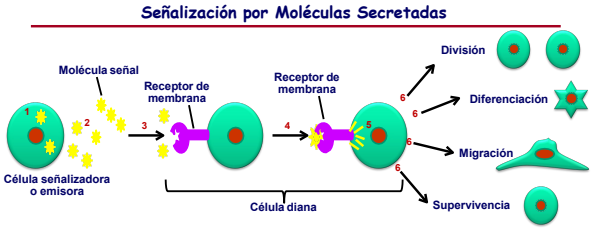
• **Ejemplo:**

  • **Inflamación**: Citocinas regulan la respuesta inmune.

  • **Cicatrización**: Factores de crecimiento estimulan la regeneración celular.

c) Señalización Endocrina
• Utilizada en **organismos pluricelulares**.
• La **célula señalizadora** libera **hormonas** al torrente sanguíneo para actuar en **células diana lejanas**.
• Ejemplo: **Insulina** liberada por el páncreas para regular la glucosa en todo el cuerpo.

d) Señalización Neuronal
• La comunicación ocurre a través de **neurotransmisores** en sinapsis.
• Ejemplo: **Acetilcolina** para la contracción muscular o **dopamina** en el sistema nervioso central.



1. Síntesis de la molécula señal por la célula señalizadora o emisora
2. Liberación de la molécula señal
3. Transporte de la molécula señal a la célula diana
4. Unión de la molécula señal a los receptores presentes en la célula diana
5. Propagación de la señal en el interior de la célula diana
6. Cambios en las células: División, Diferenciación, migración, supervivencia, etc.

3. Importancia de la Señalización Celular

• Regula el **crecimiento y diferenciación celular**.
• Controla la **respuesta inmune e inflamatoria**.
• Es crucial en la **homeostasis del organismo**.
• Alteraciones en estos procesos pueden llevar a **enfermedades como cáncer, diabetes o trastornos neurológicos**.

FUNCIONES DE LAS HORMONAS EN LA COMUNICACIÓN CELULAR

Las **hormonas** son moléculas señal clave en la **comunicación celular** para regular procesos esenciales. Se puede decir por tanto que son los mensajeros químicos del cuerpo. Viajan a través del torrente sanguíneo hacia los tejidos y órganos. Surten su efecto lentamente y, con el tiempo afectan a muchos procesos, como el **metabolismo**, el **crecimiento** y la **homeostasis**.

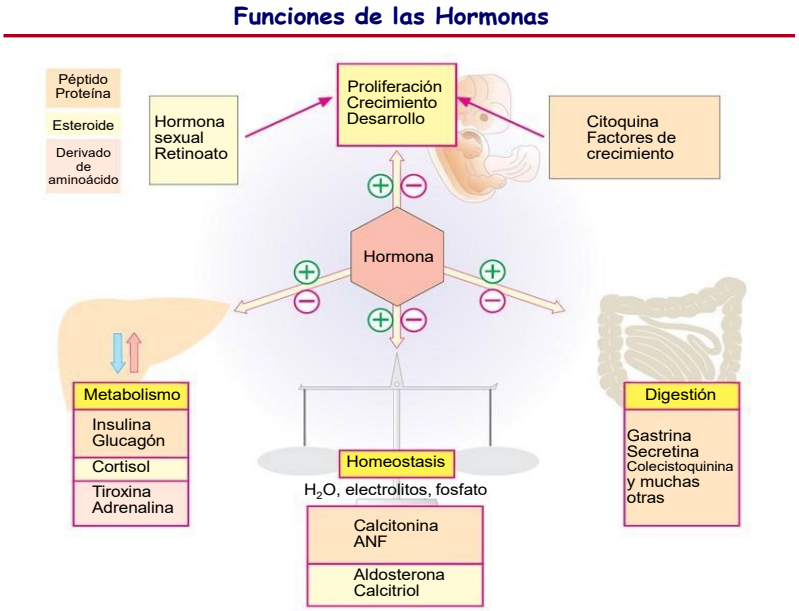
1. Las hormonas pueden clasificarse según su estructura química:

Tipo de Hormona	Ejemplo	Función Principal
Péptidos y Proteínas	Insulina, Glucagón	Regulan el metabolismo de la glucosa y la homeostasis energética.
Esteroides	Cortisol, Hormonas Sexuales	Modulan la respuesta al estrés y el desarrollo sexual.
Derivados de Aminoácidos	Tiroxina (T4), Adrenalina	Controlan el metabolismo y la respuesta al estrés.
Factores de Crecimiento	Citoquinas, Retinoato	Regulan la proliferación y el desarrollo celular.

2. Principales Funciones de las Hormonas

Las hormonas participan en múltiples funciones fisiológicas:
• **Metabolismo y digestión:**
- *Ejemplo:* Insulina y glucagón regulan los niveles de glucosa en sangre.
- *Ejemplo:* Gastrina y colecistoquinina regulan la digestión.
-

• **Homeostasis (Equilibrio corporal):**

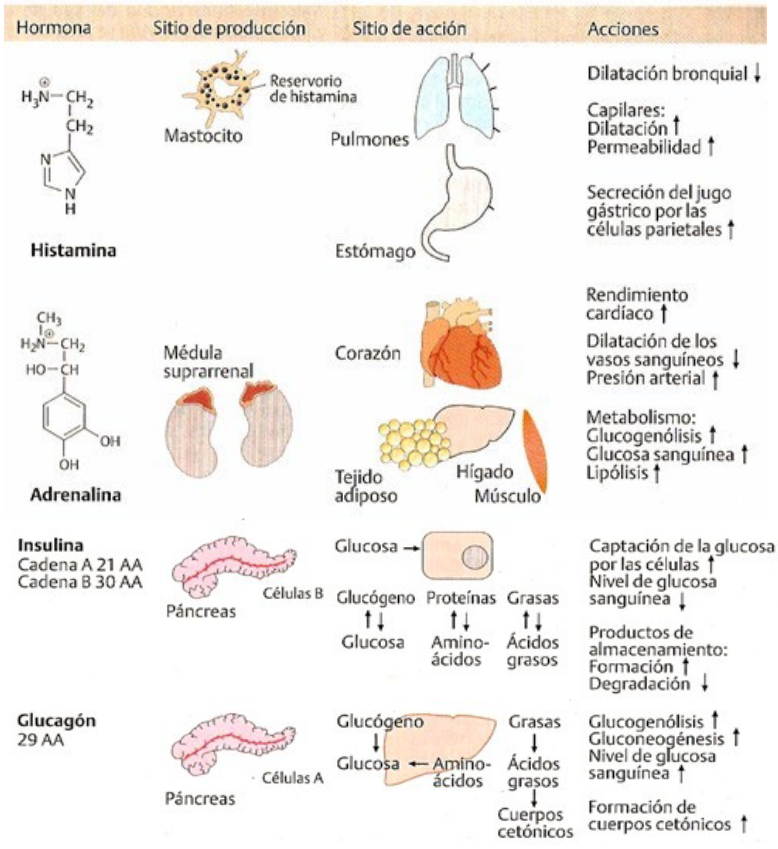


- *Ejemplo:* La aldosterona controla los niveles de **agua y electrolitos**.
- *Ejemplo:* La calcitonina regula el metabolismo del calcio.

• **Crecimiento y Desarrollo:**

- *Ejemplo:* Factores de crecimiento y hormonas tiroideas estimulan el crecimiento celular.

HORMONAS HIDRÓFILAS



Las **hormonas hidrófilas** son aquellas que no pueden atravesar la membrana celular, por lo que actúan mediante **receptores de membrana**.

• **Ejemplo de hormonas hidrófilas:**

- Insulina, Glucagón, Adrenalina, Hormona del Crecimiento.

• **Mecanismo de acción:**

- Se unen a **receptores en la membrana plasmática**.
- Activan **segundos mensajeros** dentro de la célula (ejemplo: AMPc, Ca^{2+}).
- Provocan una respuesta celular sin necesidad de entrar al núcleo.

HORMONAS LIPÓFILAS:

Las **hormonas lipófilas** son aquellas que pueden atravesar fácilmente la membrana celular debido a su **naturaleza hidrofóbica**. Su acción se produce dentro de la célula, regulando la **expresión génica y funciones metabólicas**.

1. Características de estas Hormonas

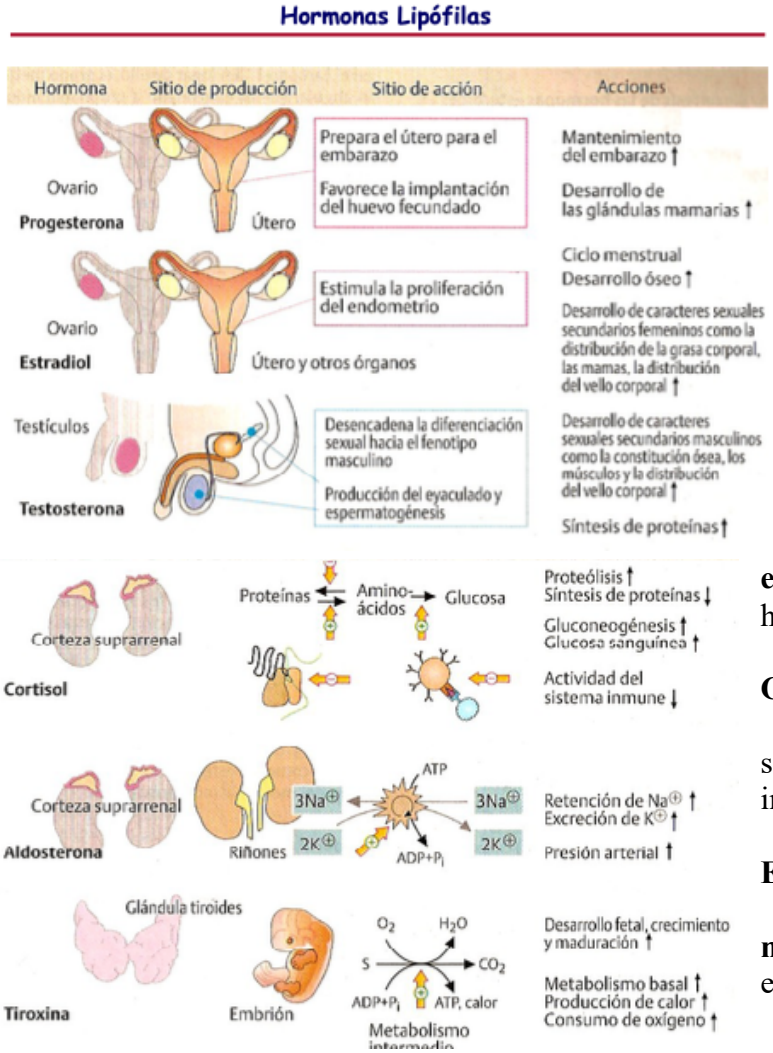
• Son **insolubles en agua** y se transportan en la sangre unidas a proteínas transportadoras.

• Pueden atravesar la membrana celular y unirse a **receptores intracelulares** en el citoplasma o el núcleo.

• Su acción es más **lenta pero prolongada** en comparación con las hormonas hidrófilas.

2. TIPOS DE HORMONAS LIPÓFILAS

Tipo de Hormona	Ejemplo	Función Principal
Hormonas Esteroideas	Cortisol, Testosterona, Estrógenos	Regulación del metabolismo, desarrollo sexual
Hormonas Tiroideas	Tiroxina (T4), Triyodotironina (T3)	Control del metabolismo basal
Vitamina D	Calcitriol	Regulación del calcio en el cuerpo
Retinoides	Ácido retinoico	Regulación del crecimiento celular y desarrollo embrionario



3. Mecanismo de Acción de las Hormonas Lipófilas

1. **Transporte en la Sangre**

• Viajan unidas a **proteínas transportadoras** debido a su baja solubilidad en agua.

2. **Difusión a través de la Membrana Celular**

• Pueden atravesar la bicapa lipídica sin necesidad de receptores en la membrana.

3. **Unión a Receptores Intracelulares**

• En el **citoplasma o el núcleo**, se unen a **receptores específicos** formando un complejo hormona-receptor.

4. **Regulación de la Expresión Génica**

• El complejo hormona-receptor se une a regiones del **ADN**, activando o inhibiendo la transcripción de genes.

5. **Producción de Proteínas Específicas**

• Se sintetizan proteínas que **modifican la función celular**, como enzimas o proteínas estructurales.

4. Diferencias con las Hormonas Hidrófilas

Característica	Hormonas Lipófilas	Hormonas Hidrófilas
Solubilidad	Insolubles en agua, requieren transportadores	Solubles en agua
Receptor	Intracelular (citoplasma/núcleo)	En la membrana plasmática
Mecanismo	Regulan la transcripción génica	Activan segundos mensajeros
Efecto	Lento y prolongado	Rápido y de corta duración

5. Importancia Clínica

• **Trastornos hormonales**: Alteraciones en los niveles de hormonas lipófilas pueden provocar **hipotiroidismo, síndrome de Cushing o déficit de vitamina D**.

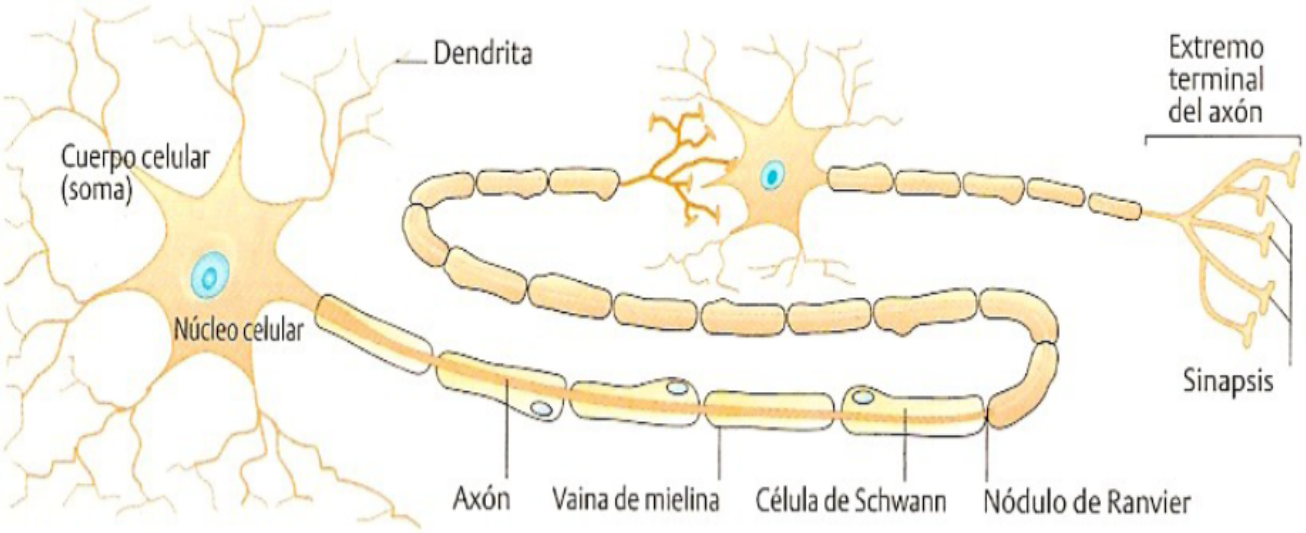
• **Uso terapéutico**: Fármacos como los **corticosteroides** (derivados del cortisol) se utilizan para tratar inflamaciones y enfermedades autoinmunes.

Conclusión: Las hormonas lipófilas tienen un **efecto profundo y duradero** en la regulación del metabolismo y el crecimiento celular. Su mecanismo de acción basado en la **modulación de la expresión génica** las diferencia de las hormonas hidrófilas.

SEÑALIZACIÓN NEURONAL - ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

La **señalización neuronal** es un proceso clave en la comunicación del sistema nervioso, donde las neuronas generan, transmiten y responden a señales eléctricas y químicas.

Pero para entenderlo adecuadamente, es importante volver a ver más en profundidad qué es una **neurona**.



1. Estructura básica de la neurona

Una **neurona** es la célula fundamental del sistema nervioso y están dedicadas a la trasmisión de señales valiéndose de varias partes especializadas:

• **Cuerpo celular (soma):** contiene el núcleo y la maquinaria principal de la célula. Es el centro metabólico de la neurona, donde se integran las señales recibidas.

• **Dendritas:** prolongaciones ramificadas y cortas que **reciben** señales de otras neuronas. Actúan como antenas que captan los mensajes químicos de neuronas vecinas y los conducen hacia el cuerpo celular.

• **Axón:** prolongación larga que **transmite** los impulsos eléctricos desde el cuerpo celular hacia otras células. Muchas neuronas tienen un axón cubierto por mielina.

• **Vaina de mielina:** capa aislante de grasa que recubre el axón en segmentos. Su función es acelerar la conducción del impulso nervioso; en axones mielinizados, la señal "salta" de un nodo de Ranvier al siguiente en un proceso llamado **conducción saltatoria**, lo que permite una transmisión mucho más rápida del potencial de acción. En resumen, **la mielina actúa como aislante y ayuda a mover los impulsos nerviosos de forma eficiente.**

• **Terminal sináptica (botón sináptico):** extremo del axón donde se **envía** la señal a la siguiente neurona. En esta terminal se liberan sustancias químicas (neurotransmisores) hacia la sinápsis, que es el espacio de comunicación con la siguiente célula.

2. Tipos de comunicación neuronal: eléctrica y química

Las neuronas se comunican usando señales **eléctricas** y **químicas**, a menudo unidas. **Dentro de una misma neurona**, la señal viaja de forma **eléctrica**: es un impulso nervioso (una onda de

cambios en la carga eléctrica de la membrana) que recorre el axón. Sin embargo, **entre neuronas** la comunicación suele ser **química**: cuando el impulso eléctrico alcanza el extremo del axón, desencadena la liberación de neurotransmisores químicos en la sinapsis. Estos neurotransmisores atraviesan la diminuta brecha sináptica y transmiten la información a la neurona siguiente uniéndose a receptores en sus dendritas. En la neurona receptora, esa señal química se convierte de nuevo en una señal eléctrica, propagando el mensaje.

→ Cabe destacar, que las neuronas, generalmente **no están físicamente conectadas** entre sí, sino que se comunican a través de este intercambio químico en las **sinapsis**. Solo en casos especiales existen **sinapsis eléctricas** directas (uniones en hendidura) donde la corriente pasa de una célula a otra sin neurotransmisores, pero la mayoría de las comunicaciones neuronales son químicas.

3. El impulso nervioso: potencial de acción

El **potencial de acción** es el impulso eléctrico fundamental que recorre la neurona. En reposo, la membrana de la neurona está **polarizada**: el interior de la célula tiene una carga negativa relativa con respecto al exterior (potencial de reposo). Cuando la neurona recibe estímulos suficientes y alcanza un **umbral** de excitación, se desencadena una serie de cambios eléctricos rápidos en la membrana.

• **Despolarización:** Es la fase inicial del potencial de acción. Se abren canales de sodio en la membrana y entran masivamente iones de sodio (Na^+) al interior de la neurona. Este ingreso de cargas positivas hace que el interior celular se vuelva mucho menos negativo (más positivo) que antes, es decir, se **despolariza** la membrana. Esta subida abrupta de voltaje es lo que constituye el pico del impulso nervioso.

• **Repolarización:** A continuación, esos canales de sodio se cierran y se abren canales de potasio. Entonces iones de potasio (K^+) salen al exterior, lo que devuelve carga positiva hacia afuera. De este modo, el interior de la neurona recupera una carga negativa, **repolarizándose** hacia su estado de reposo original. Este proceso prepara a la neurona para poder generar otro potencial de acción más adelante. (En muchas neuronas ocurre una pequeña **hiperpolarización** transitoria después, donde la membrana se vuelve un poco más negativa que en reposo, antes de estabilizarse de nuevo.)

→ El potencial de acción es un evento de "todo o nada": una vez desencadenado, se propaga por todo el axón sin disminuir su intensidad. En neuronas mielinizadas viaja especialmente rápido gracias a la mielina. La propagación unidireccional del impulso (desde el soma por el axón hasta la terminal) garantiza que la información fluya en la dirección correcta.

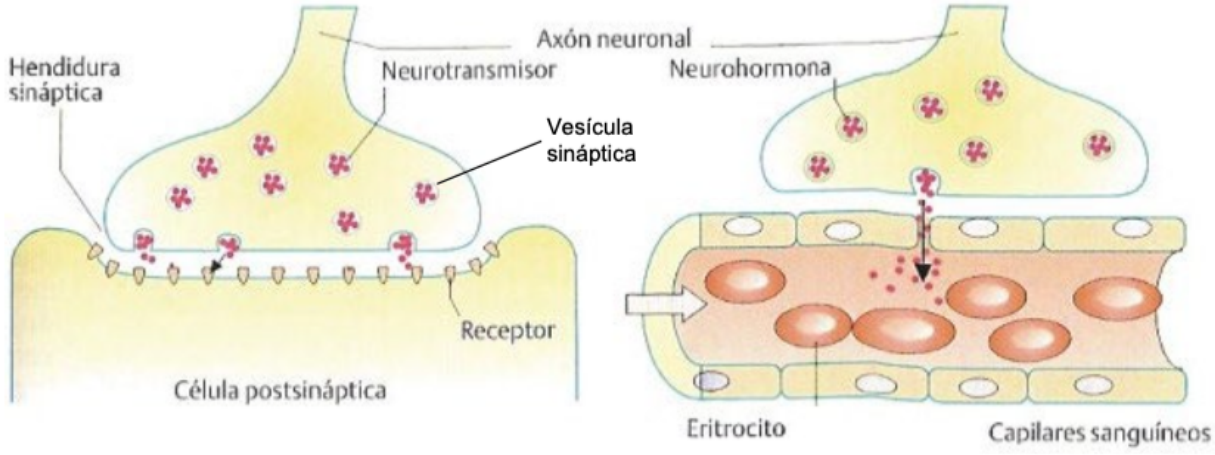
4. La sinapsis química: cómo se comunican las neuronas

Cuando el potencial de acción llega al terminal sináptico de una neurona **presináptica** (emisora), provoca la liberación de **neurotransmisores** almacenados en vesículas. Estas moléculas mensajeras se vierten en el espacio sináptico (la brecha entre neuronas) y en milisegundos difunden hasta la membrana de la neurona **postsináptica** (receptora). Allí, los neurotransmisores se unen a **receptores específicos** en la superficie de la célula siguiente. Según el tipo de receptor activado, la respuesta en la neurona receptora puede ser **excitadora** (facilitando que genere un nuevo impulso eléctrico) o **inhibidora** (poniendo freno a la activación). De esta forma, una neurona puede "decirle" a la siguiente que se active o que se inhiba.

→ Para que la comunicación sea breve y precisa, la acción del neurotransmisor en la sinapsis debe terminar rápidamente una vez transmitido el mensaje. El cuerpo tiene varios **mecanismos de eliminación** del neurotransmisor de la sinapsis: la neurona presináptica puede **reabsorber** el neurotransmisor liberado (proceso llamado recaptación) para reutilizarlo o degradarlo, enzimas pueden **degradar** (descomponer) el neurotransmisor en la hendidura, o bien el

neurotransmisor puede **difundirse** fuera del espacio sináptico y ser eliminado. Gracias a estos procesos de limpieza, la sinapsis queda lista para transmitir correctamente la siguiente señal.

5. **Neurotransmisores clave y sus funciones**



Los **neurotransmisores** son las moléculas químicas que permiten la comunicación entre neuronas a través de las sinapsis. Existen decenas de neurotransmisores, cada uno con funciones específicas, pero a continuación se presentan algunos de los más importantes y sus roles principales en el cerebro:

• **Dopamina:** Neurotransmisor relacionado con el **placer y la motivación**. Se libera, por ejemplo, en el sistema de recompensa del cerebro cuando experimentamos algo gratificante, generando sensaciones placenteras. También cumple funciones cruciales en el control de los **movimientos musculares**, la **memoria** y los procesos cognitivos del aprendizaje y la toma de decisiones. Un desequilibrio de dopamina puede afectar al estado de ánimo y al movimiento (por ejemplo, la enfermedad de Parkinson está vinculada a niveles bajos de dopamina en regiones motoras del cerebro).

• **Serotonina:** Conocida popularmente como la "**hormona de la felicidad**", aunque técnicamente es un neurotransmisor. La serotonina influye en el **estado de ánimo**, proporcionando sensaciones de bienestar y felicidad; niveles bajos de serotonina se han asociado con depresión y ansiedad. Además, regula muchas funciones corporales, como el **ciclo sueño-vigilia**, el **apetito** (sensación de saciedad) y la **digestión**, e incluso interviene en la regulación de la temperatura corporal y el deseo sexual.

• **Acetilcolina:** Fue el primer neurotransmisor descubierto. Está muy extendido tanto en el **sistema nervioso central** como en el **periférico**. La acetilcolina es crucial para activar los **músculos** – es la molécula que libera una neurona motora para hacer que una fibra muscular se contraiga. También participa en funciones de **memoria, atención y aprendizaje**, y en la transición del **sueño a la vigilia** (despertar). En enfermedades como el Alzheimer se observa una deficiencia de acetilcolina en áreas cerebrales vinculadas a la memoria.

• **Glutamato:** Es el principal neurotransmisor **excitatorio** del sistema nervioso central. Esto significa que promueve la activación de las neuronas. El glutamato está implicado en la mayoría de las funciones cerebrales: es esencial para los procesos de **memoria y aprendizaje**, y actúa como mediador principal de la información **sensorial**, **motora**, **cognitiva** y **emocional** en el cerebr. Un exceso de glutamato, sin embargo, puede ser tóxico para las neuronas, por lo que sus niveles deben estar bien regulados.

• **GABA (ácido gamma-aminobutírico):** Es el principal neurotransmisor **inhibitorio** del cerebro. Su efecto es el opuesto al del glutamato: **reduce** o frena la actividad neuronal excesiva, ayudando a mantener bajo control la excitación del sistema nervioso. El GABA está ampliamente distribuido en la corteza cerebral y cumple funciones como modular el **control motor**, la **visión** y regular la **ansiedad** (un nivel adecuado de GABA ayuda a tener un efecto calmante). Muchos fármacos ansiolíticos (como las benzodiacepinas) actúan potenciando la acción del GABA.

(Otros neurotransmisores importantes incluyen la noradrenalina, relacionada con la respuesta al estrés y la atención; la adrenalina, involucrada en la respuesta de "lucha o huida"; y las endorfinas, que actúan como analgésicos naturales y generan sensaciones de euforia).

6. **¿Por qué es importante la señalización neuronal? (Movimiento, memoria, emociones)**

La comunicación neuronal es la base de prácticamente **todas las funciones del sistema nervioso**. Las señales eléctricas y químicas entre neuronas permiten desde acciones simples hasta experiencias complejas. Por ejemplo:

• **Movimiento:** Para que podamos mover un brazo o caminar, se activan neuronas motoras que llevan **señales eléctricas** desde el cerebro o la médula espinal hasta las fibras musculares. Al llegar la señal a la terminal del axón de una neurona motora, ésta libera acetilcolina en la unión neuromuscular, haciendo que el músculo se contraiga. En otras palabras, nuestras órdenes motoras (como "levantar la mano") son traducidas por neuronas en impulsos que **generan movimiento** al activar los músculos correspondientes. Sin la correcta señalización neuronal, los músculos no recibirían la instrucción de moverse (esto ocurre en parálisis causadas por daños nerviosos).

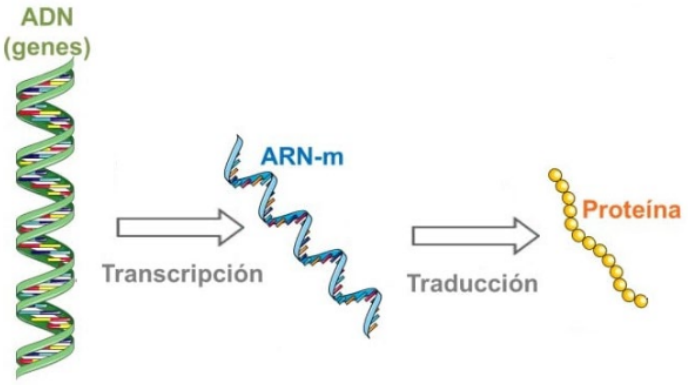
• **Memoria:** Los recuerdos se forman gracias a cambios en la eficacia de las conexiones sinápticas entre neuronas (un fenómeno llamado **plasticidad sináptica**). Neurotransmisores excitatorios como el glutamato juegan un papel fundamental en consolidar la memoria y el aprendizaje fortaleciendo ciertas vías neuronales. Por otro lado, la acetilcolina está involucrada en la creación de nuevos recuerdos; de hecho, en la enfermedad de Alzheimer la pérdida de memoria se asocia en parte a una deficiencia de acetilcolina en las sinapsis del cerebro. Esto demuestra cómo la alteración de la señalización química puede impactar directamente funciones cognitivas como la memoria.

• **Emociones:** Nuestras emociones dependen de redes neuronales que se comunican mediante neurotransmisores. Por ejemplo, la sensación de **felicidad** o bienestar está ligada a la adecuada activación de circuitos de serotonina y dopamina en el cerebro. Un nivel bajo de serotonina puede predisponer a estados depresivos o de ansiedad, mientras que una liberación de dopamina en el "circuito de recompensa" produce sensaciones placenteras y de motivación. Otras emociones, como el miedo o la respuesta al estrés, involucran neurotransmisores como la noradrenalina y la adrenalina actuando en la amígdala y otras áreas. En resumen, los **cambios químicos** en determinadas sinapsis cerebrales se traducen en **experiencias emocionales**. Las conexiones neuronales permiten que el cerebro procese sentimientos y reacciones; por eso, desequilibrios en la señalización (por ejemplo, poca serotonina) pueden manifestarse como trastornos del estado de ánimo.

→ En conjunto, la señalización neuronal es el lenguaje interno del sistema nervioso. A través de impulsos eléctricos y mensajeros químicos, las neuronas "hablan" entre sí para coordinar funciones vitales (como respirar o moverse), procesar información (permitiéndonos pensar, recordar y aprender) y dar origen a nuestras percepciones y emociones más humanas. Es una comunicación asombrosamente rápida y precisa: una neurona puede disparar un impulso y en una fracción de segundo influir en las células vecinas, creando la sinfonía de actividades que llamamos mente y comportamiento. Entender la señalización neuronal nos ayuda a comprender cómo el cerebro controla el cuerpo, cómo almacenamos recuerdos y por qué nos sentimos de cierta manera, todo ello de forma accesible y sin perder de vista la maravilla de su complejidad.

TEMA 9: ALTERACIONES EN LA BIOSEÑALIZACIÓN. ONCOGENES Y CÁNCER

⇒ DEL ADN A LA PROTEÍNA



Esta imagen nos muestra un esquema del flujo de información genética en las células, conocido como el **dogma central de la biología molecular**. Este proceso se divide en dos etapas principales:

1. **Transcripción**:

• El ADN (material genético que contiene la información hereditaria) se usa como plantilla para sintetizar ARN mensajero (ARNm).

• La enzima ARN polimerasa se encarga de copiar la secuencia de ADN en una molécula de ARN mensajero.

• En este proceso, la base nitrogenada timina (T) del ADN se reemplaza por uracilo (U) en el ARN.

2. **Traducción**:

• El ARNm sale del núcleo (en células **eucariotas**) y se dirige a los **ribosomas** en el **citoplasma**.

• En los ribosomas, la información del ARNm se traduce en una secuencia de **aminoácidos** para formar una **proteína**.

• Cada **triplete** de nucleótidos en el ARNm (llamado **codón**) codifica un aminoácido específico.

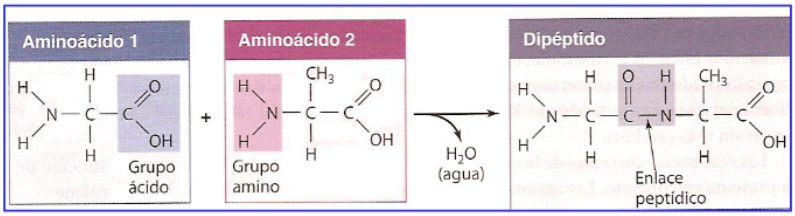
• Los aminoácidos se unen mediante enlaces peptídicos, formando una cadena proteica funcional.

→ Todo este proceso es fundamental para la expresión genética y permite que las células produzcan las proteínas necesarias para su funcionamiento.

1. Construcción de las proteínas

• Se construyen a partir de **21 aminoácidos**, los cuales se denominan **aminoácidos proteinógenos** porque son los que forman parte de las proteínas en los seres vivos.

• Los aminoácidos son las unidades básicas de las proteínas.



2. Enlace peptídico

• Los aminoácidos se unen mediante un **enlace peptídico**, que es una unión covalente entre el grupo amino ($-NH_2$) de un aminoácido y el grupo carboxilo (-COOH) de otro.

• En este proceso se libera una molécula de **agua (H_2O)**, lo que se conoce como una **reacción de condensación**.

• El producto inicial es un **dipéptido**, pero más aminoácidos pueden añadirse para formar cadenas más largas.

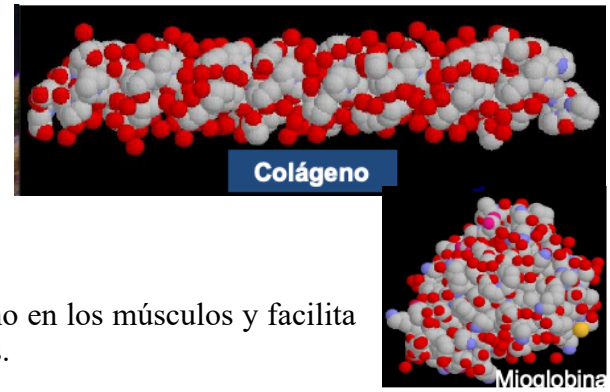
3. Clasificación según el número de aminoácidos

Dependiendo de la cantidad de aminoácidos unidos en la cadena, dan lugar a:

• **Oligopéptidos**: Menos de 10 aminoácidos.
• **Péptidos**: Entre 10 y 50 aminoácidos.
• **Polipéptidos o proteínas**: Más de 50 aminoácidos.

4. Tipos de proteínas según su estructura

Las proteínas pueden clasificarse en dos tipos principales:



• **Proteínas fibrosas**:
• Son largas y estructuradas en forma de fibras.
• Ejemplo: **Colágeno**, que proporciona resistencia y elasticidad a los tejidos conectivos, piel, huesos y cartílagos.
• **Proteínas globulares**:
• Son compactas y con forma esférica.
• Ejemplo: **Mioglobina**, que almacena oxígeno en los músculos y facilita su transporte en el interior de las células musculares.

→ CANCER

1. Definición de cáncer

• **Etimología:** La palabra cáncer proviene del griego *karkinos* (cangrejo), haciendo referencia a la forma en que los tumores malignos parecen extenderse como las patas de un cangrejo.
• **Definición según la OMS:** Es un grupo amplio de enfermedades caracterizadas por la multiplicación descontrolada de células anormales que pueden invadir tejidos adyacentes y propagarse a otros órganos, en un proceso llamado **metástasis**, que es la principal causa de muerte por cáncer.

2. Procesos que llevan al cáncer

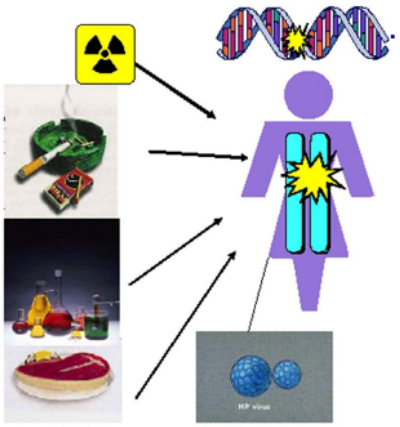
El desarrollo del cáncer se da en dos etapas principales:
1. **Tumorogénesis** → Proliferación descontrolada y/o alteración en la supervivencia celular.
2. **Metástasis** → Adquisición de la capacidad invasiva, permitiendo la diseminación del cáncer a otras partes del cuerpo.

• Es importante destacar que el cáncer es una **enfermedad genética, lo cual no quiere decir que generalmente sea hereditaria**.

3. Causas del cáncer

Las causas pueden dividirse en:
• **Factores endógenos**: Errores en la replicación del ADN.
• **Factores exógenos**: Exposición a agentes carcinógenos.

4. Agentes Carcinógenos



Son factores externos que pueden inducir mutaciones en el ADN, favoreciendo el desarrollo del cáncer. Se dividen en tres grandes grupos:
1. **Agentes físicos**:
• **Radiación ionizante** (rayos X, rayos gamma): Rompen las moléculas de ADN.
• **Luz ultravioleta (UV)**: Provoca la formación de dímeros de bases en el ADN, generando mutaciones.
2. **Agentes químicos**: Sustancias que alteran el material genético, como ciertos compuestos presentes en el humo del tabaco, pesticidas y algunos aditivos alimentarios.

3. **Agentes biológicos**:
• **Virus oncogénicos** (como el VPH o el virus de Epstein-Barr).
• **Hormonas** (ciertas alteraciones hormonales pueden favorecer el desarrollo de tumores).

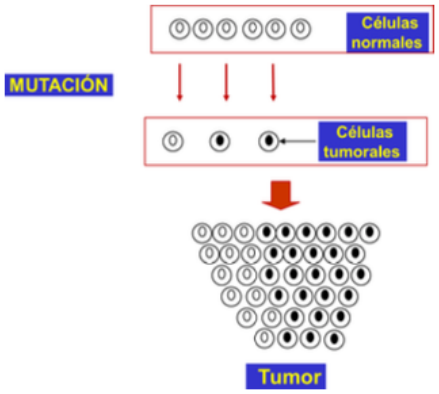
5. Transformación de una célula normal en cancerígena

Este proceso se inicia con una **lesión en el ADN**, provocada por factores internos o externos, afectando genes clave en el control del ciclo celular:

1. **Protooncogenes** → Son genes normales que regulan el crecimiento celular. Cuando mutan, se convierten en **oncogenes**, lo que provoca una proliferación descontrolada.

2. **Genes supresores de tumores** → Regulan el crecimiento celular impidiendo la proliferación anormal. Si estos genes mutan y dejan de funcionar, se pierde el control sobre la división celular.

3. **Genes de reparación del ADN** → Son responsables de corregir errores en el material genético. Si fallan, se acumulan mutaciones que pueden llevar al cáncer.



Si el daño en el ADN no se repara adecuadamente, la célula afectada sigue dividiéndose y transmitiendo la mutación a las células hijas, generando una población de células anormales que puede evolucionar en un tumor maligno.

6. Desarrollo del cáncer

El cáncer se origina cuando se acumulan múltiples mutaciones en una célula, lo que le permite dividirse sin control. Entre los mecanismos que favorecen esta transformación están:
• **Activación de oncogenes** (expresión de un gen anormal).
• **Inactivación de genes supresores de tumores** (pierden su función reguladora).
• **Defectos en la reparación del ADN**, lo que permite la acumulación de mutaciones.

→ PROTOONCOGENES Y ONCOGENES

1. Protooncogenes y su función normal

• **Definición:** Son genes que codifican proteínas normales implicadas en la **proliferación celular** o en la **apoptosis** (muerte celular programada).
• **Función:**
  • **Regulación normal:** Solo activan la proliferación celular cuando es necesario.
  • **Si hay estímulo:** La proteína actúa y la célula se divide.
  • **Si no hay estímulo:** La proteína no actúa y la célula no se divide.

2. Transformación en oncogenes

• **Mutación en un protooncogén** → Se convierte en **oncogén**.
• **Oncogén**: Forma mutada que produce una **oncoproteína**, la cual:
  • Se mantiene activa **sin necesidad de estímulos externos**.
  • No responde a las señales de control celular.
  • Puede inducir una proliferación celular **descontrolada** o impedir la apoptosis.
  • Genera **una "ganancia de función"**, ya que la proteína mutada está siempre activa.

3. Consecuencias de la mutación

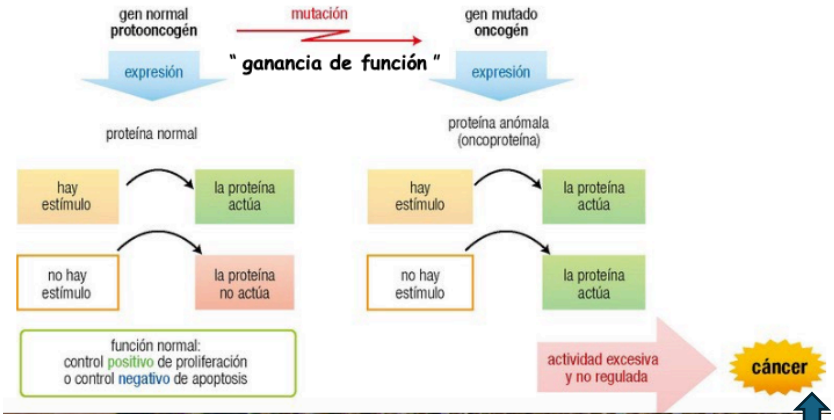
• **En células normales:**
  • La proteína solo actúa cuando hay señales adecuadas.
  • Si no hay señales, la proteína permanece inactiva y la célula no prolifera.
• **En células con oncogenes:**
  • La **proteína anormal (oncoproteína)** actúa **incluso sin estímulo**, promoviendo la proliferación continua.

• Como resultado, la célula escapa a los controles normales y contribuye al desarrollo del **cáncer**.

4. Relación con el cáncer

• La activación excesiva y no regulada de estos genes provoca que las células se dividan sin control, lo que favorece la formación de **tumores malignos**.

• Al ser **una mutación de ganancia de función**, basta con que **una sola copia** del gen esté mutada para que haya un efecto tumoral.



Conclusión:

Los **protooncogenes** son esenciales para el crecimiento y desarrollo celular, pero cuando mutan y se convierten en **oncogenes**, provocan una proliferación celular incontrolada, lo que favorece la formación de tumores y el desarrollo del cáncer.

→ GENES SUPRESORES DE TUMORES

1. ¿Qué son los genes supresores de tumores?

• También llamados **genes oncosupresores o antioncogenes**.

• Codifican proteínas que **inhiben la proliferación celular** o **inducen apoptosis** (muerte celular programada).

• Su función es actuar como freno del ciclo celular, evitando el crecimiento descontrolado de las células.

2. Mecanismo de acción en células normales

En una célula sana, los genes supresores de tumores garantizan que la proliferación celular solo ocurra cuando es necesario:

• **Si hay estímulo**: La proteína oncosupresora actúa, impidiendo la proliferación o promoviendo apoptosis cuando es necesario.

• **Si no hay estímulo**: La proteína permanece inactiva, permitiendo que las células funcionen normalmente.

Su función es:

✓ **Control negativo** de la proliferación (evita divisiones innecesarias).

✓ **Control positivo** de la apoptosis (elimina células dañadas o anormales).

3. Mutaciones en los genes supresores de tumores

Cuando estos genes sufren una **mutación**, pierden su función reguladora, lo que se denomina **"pérdida de función"**:

• **El gen mutado no expresa correctamente su proteína oncosupresora**.

• **No hay freno en la proliferación celular**, lo que permite el crecimiento incontrolado de células anormales.

• **No se activa la apoptosis**, permitiendo que células con mutaciones continúen dividiéndose.

• **El resultado es el desarrollo del cáncer**.

4. Diferencias con los oncogenes

Mientras que los **oncogenes** derivan de una **"ganancia de función"** (una proteína hiperactiva que estimula la proliferación), los **genes supresores de tumores mutados** provocan cáncer por una **"pérdida de función"** (una proteína que deja de frenar el crecimiento celular).

• **Oncogenes** → Promueven proliferación sin control.

• **Genes supresores de tumores mutados** → No detienen la proliferación ni activan apoptosis.

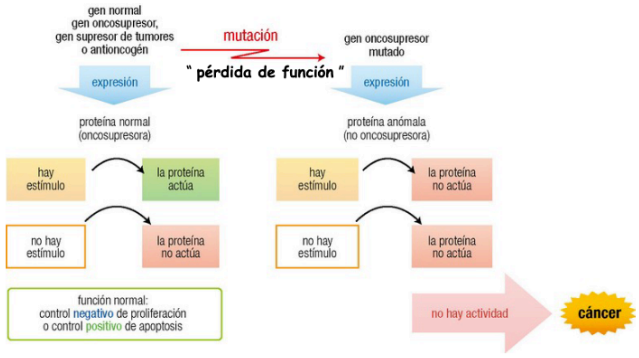
5. Relación con el cáncer

Cuando los genes supresores de tumores mutan y pierden su función, las células comienzan a dividirse sin control, lo que facilita la formación de tumores malignos.

Ejemplo de genes supresores de tumores:

• **p53** → Controla el ciclo celular y activa la apoptosis si hay daño en el ADN. Es el gen mutado en la mayoría de los cánceres.

• **RB1** → Regula la entrada en el ciclo celular, evitando divisiones descontroladas.



Conclusión:

Los **genes supresores de tumores** son esenciales para el control del crecimiento celular. Su mutación provoca una **pérdida de función**, eliminando los mecanismos de freno del ciclo celular y favoreciendo el desarrollo del cáncer.

→ GENES DE REPARACIÓN DEL ADN

1. ¿Qué son los genes de reparación del ADN?

• Son genes que codifican proteínas encargadas de **detectar y reparar daños en el ADN**.

• Su función es mantener la estabilidad del material genético y prevenir la acumulación de mutaciones perjudiciales.

2. Función normal en células sanas

• **Si hay daño en el ADN:** La proteína de reparación se activa y corrige los errores.

• **Si no hay daño en el ADN:** La proteína permanece inactiva. Esto asegura que las mutaciones sean corregidas antes de que la célula se divida, evitando la transmisión de errores genéticos.

3. Mutaciones en los genes de reparación del ADN

Cuando estos genes sufren mutaciones, se produce una **"pérdida de función"**, lo que impide la reparación del ADN:

• **El gen mutado no expresa correctamente su proteína reparadora**.

• **No se reparan los errores genéticos**, permitiendo que las células acumulen mutaciones peligrosas.

• **Aumenta el riesgo de mutaciones en otros genes clave**, como oncogenes o genes supresores de tumores.

• **El resultado es la proliferación celular descontrolada y el desarrollo de cáncer**.

4. Relación con el cáncer

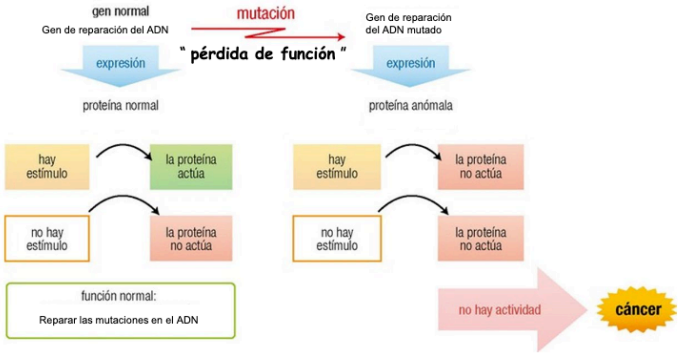
• Sin un sistema de reparación eficiente, las mutaciones se acumulan y pueden llevar a la activación de oncogenes o a la inactivación de genes supresores de tumores.

• Esto **facilita la aparición y progresión de tumores**.

• **Ejemplos de genes de reparación del ADN**:

• **BRCA1 y BRCA2** → Asociados al cáncer de mama y ovario.

• **MLH1 y MSH2** → Relacionados con el cáncer colorrectal hereditario.



Conclusión:

Los **genes de reparación del ADN** son esenciales para mantener la integridad del genoma. Cuando mutan y pierden su función, se acumulan mutaciones que pueden derivar en la activación de oncogenes o la inactivación de genes supresores de tumores, facilitando el desarrollo del cáncer.

→ PROTOONCOGENES, GENES SUPRESORES DE TUMORES Y GENES DE REPARACIÓN DEL ADN

1. **Oncogenes → "Pedal del acelerador bloqueado"**

• Cuando un **protooncogén** muta y se convierte en un **oncogén**, la célula recibe señales constantes para proliferar, como si el pedal del acelerador de un coche estuviera atascado a máxima velocidad.

• Resultado: **Proliferación celular descontrolada**.

2. **Genes supresores de tumores → "Frenos defectuosos"**

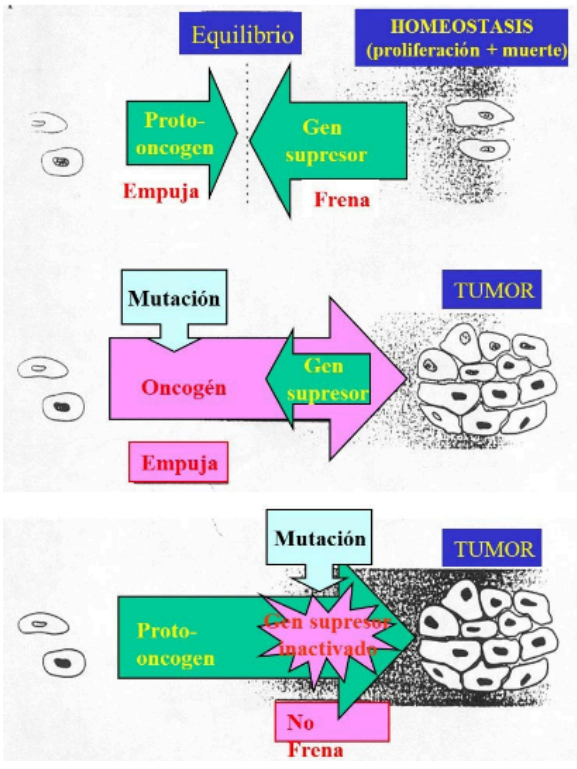
• Los genes supresores de tumores actúan como frenos del ciclo celular. Si mutan y pierden su función, la célula pierde la capacidad de detener su crecimiento cuando es necesario.

• Resultado: **No hay control sobre la división celular**.

3. **Genes de reparación del ADN → "Mecánico incompetente"**

• Estos genes son responsables de corregir errores en el ADN. Si mutan, el sistema de reparación no funciona bien, permitiendo la acumulación de mutaciones en otros genes clave.

• Resultado: **Mayor probabilidad de que las células acumulen más mutaciones cancerígenas**.



Conclusión: El cáncer no suele deberse a un solo tipo de mutación, sino a la combinación de:

• **Activación de oncogenes** (acelerador bloqueado).

• **Inactivación de genes supresores de tumores** (frenos defectuosos).

• **Deficiencia en la reparación del ADN** (fallos acumulativos no corregidos).

Este conjunto de alteraciones lleva a un **crecimiento celular incontrolado**, permitiendo que las células tumorales escapen a la regulación normal y formen tumores malignos.

→ PROTOONCOGENES Y GENES SUPRESORES DE TUMORES

Veamos como regulan el crecimiento celular en condiciones normales y cómo su mutación conduce a la proliferación descontrolada característica del cáncer.

1. Regulación Normal del Crecimiento Celular

• **Protooncogenes (ejemplo: ras)**:

• Codifican **proteínas protooncogénicas**, que activan la proliferación celular cuando es necesario.

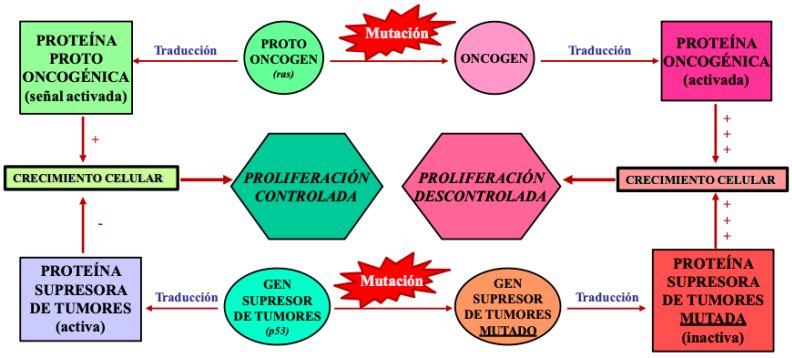
• Permiten un **crecimiento celular controlado** en respuesta a estímulos adecuados.

• **Genes Supresores de Tumores (ejemplo: p53)**:

• Codifican **proteínas supresoras de tumores**, que frenan la proliferación celular o inducen apoptosis si es necesario.

• Mantienen el equilibrio entre crecimiento y muerte celular.

• **Resultado**: La célula solo se divide cuando es necesario, y las células defectuosas son eliminadas.



2. Alteraciones tras las Mutaciones

Las mutaciones en estos genes alteran su función normal, llevando al desarrollo del cáncer:

1. **Mutación en los Protooncogenes → Formación de Oncogenes**

• Un **protooncogén mutado** se convierte en un **oncogén**, lo que produce una **proteína oncogénica activada**.

• Esta proteína está constantemente activa, enviando señales de proliferación **sin control**.

• **Consecuencia:** Crecimiento celular excesivo e incontrolado.

2. **Mutación en Genes Supresores de Tumores → Pérdida de Control**

• Un **gen supresor mutado** no produce una proteína funcional, perdiendo su capacidad de frenar el ciclo celular.

• La **proteína supresora de tumores mutada** no puede impedir la proliferación ni activar la apoptosis.

• **Consecuencia:** Se eliminan los frenos naturales del crecimiento celular.

3. **Resultado Final: Cáncer**

• La combinación de **oncogenes hiperactivos** y **genes supresores inactivos** crea un ambiente celular donde **el crecimiento es constante y sin regulación**.

• La célula cancerosa se divide sin control y escapa a los mecanismos de apoptosis.

Conclusión:

• **Célula normal**: Equilibrio entre señales de proliferación (protooncogenes) y frenos celulares (genes supresores).

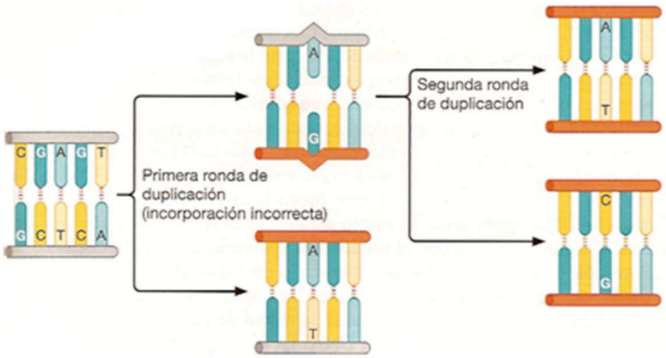
• **Célula cancerosa**: Exceso de señales de crecimiento (oncogenes) y falta de frenos (mutación en genes supresores), lo que lleva a **proliferación descontrolada** y formación de tumores.

Esto explica por qué el cáncer suele requerir **múltiples mutaciones** para desarrollarse y por qué es una enfermedad de **alteración de la regulación celular**.

→ DIFERENTES TIPOS DE MUTACIONES EN EL ADN Y LOS MECANISMOS DE REPARACIÓN.

1. Mutaciones Endógenas por Errores en la Replicación

• **Definición:** Son cambios en la secuencia del ADN que ocurren durante la replicación celular debido a errores en la incorporación de nucleótidos.



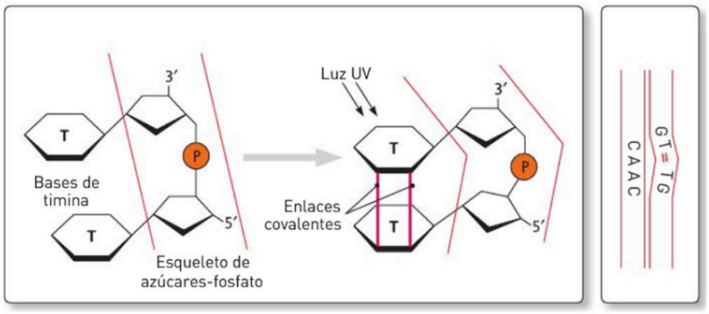
• **Mecanismo:**

1. Durante la **primera ronda de duplicación**, un nucleótido incorrecto se incorpora en la nueva cadena de ADN.

2. Si este error **no es corregido**, en la **segunda ronda de duplicación**, el error se fija permanentemente en el ADN, generando una mutación heredable.

2. Mutaciones Exógenas por Agentes Físicos

• **Ejemplo: Radiación Ultravioleta (UV)**



• La exposición a luz UV induce la formación de **dímeros de timina**, donde dos timinas adyacentes se enlazan de forma anómala mediante enlaces covalentes.

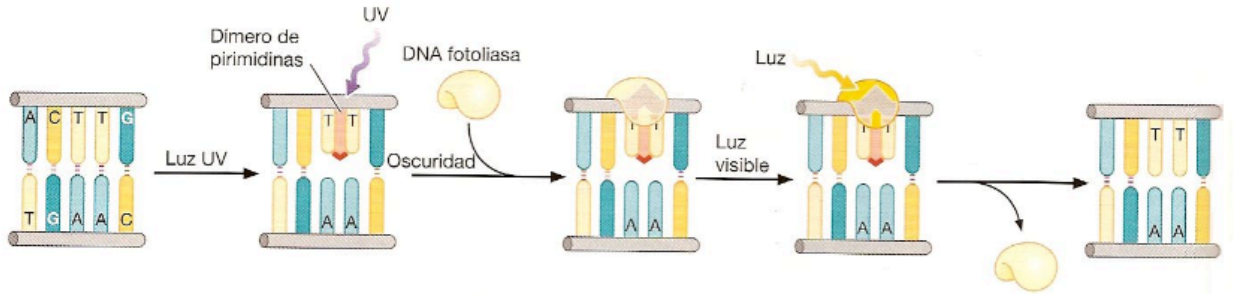
• Esto provoca deformaciones en la estructura del ADN, afectando la replicación y transcripción.

• Si no se repara, puede generar mutaciones que favorecen el desarrollo de cáncer, como el melanoma.

3. Sistemas de Reparación del ADN

A. Reparación Directa: Fotorreactivación

• Este mecanismo corrige **dímeros de pirimidina** (como los de timina inducidos por la luz UV).



• **Enzima clave: Fotoliasa**

• Actúa utilizando **luz visible** para romper el enlace anómalo entre las bases de timina, restaurando la estructura normal del ADN.

• Es un mecanismo eficiente, pero solo está presente en organismos como bacterias, hongos y algunas plantas, no en humanos.

Conclusión:

1. **Mutaciones endógenas** ocurren por errores en la replicación que, si no son corregidos, se vuelven permanentes.

2. **Mutaciones exógenas**, como las inducidas por **radiación UV**, pueden alterar la estructura del ADN.

3. **Mecanismos de reparación**, como la **fotorreactivación**, permiten corregir ciertos daños en el ADN, evitando mutaciones perjudiciales.

Estos procesos explican cómo el ADN puede sufrir alteraciones y qué estrategias tiene la célula para mantener su integridad.

→ CARACTERÍSTICAS DE LAS CÉLULAS CANCEROSAS

Las células cancerosas presentan una serie de características distintivas que les permiten crecer descontroladamente y diseminarse por el organismo:

1. **Autosuficiencia en señales de crecimiento**

• No dependen de estímulos externos para proliferar, ya que generan sus propias señales de crecimiento.

2. **Insensibilidad a los inhibidores del crecimiento**

• No responden a las señales que regulan el crecimiento celular normal, permitiendo su expansión sin control.

3. **Evasión del sistema inmune**

• Desarrollan mecanismos para evitar ser detectadas y eliminadas por el sistema inmunológico.

4. **Potencial replicativo ilimitado (Telomerasa)**

• Activan la enzima **telomerasa**, que impide el acortamiento de los telómeros, permitiendo que las células se dividan indefinidamente.

5. **Inflamación desencadenada por el tumor**

• Pueden inducir una respuesta inflamatoria crónica, lo que contribuye a su progresión.

6. **Capacidad invasiva y metastásica**

• Pueden migrar y colonizar tejidos distantes, proceso clave en la **metástasis**.

7. **Capacidad para formar nuevos vasos sanguíneos (Angiogénesis)**

• Generan su propio suministro de sangre para obtener oxígeno y nutrientes necesarios para su crecimiento.

8. **Inestabilidad genómica y mutación**

• Presentan una alta tasa de mutaciones y una incapacidad para reparar daños en su ADN, facilitando su evolución y agresividad.

9. **Evasión de la apoptosis**

• Son resistentes a la muerte celular programada, lo que les permite sobrevivir incluso en condiciones adversas.

10. **Desregulación energética**

• Modifican su metabolismo para obtener energía de manera eficiente y adaptarse a diferentes condiciones del microambiente tumoral.

→ FASES EN EL DESARROLLO DEL CÁNCER

El cáncer no surge de inmediato, sino que pasa por varias etapas:

1. **Fase de Inducción**

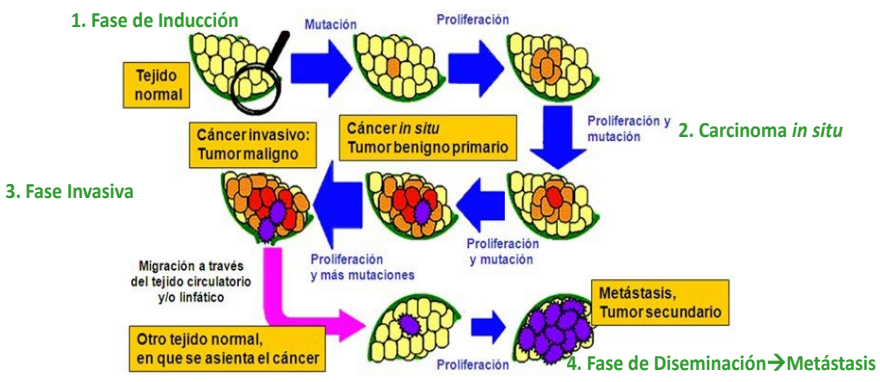
• Exposición a carcinógenos (sustancias o factores que inducen mutaciones en el ADN).

• Si estas mutaciones no son reparadas, se acumulan y favorecen la transformación de células normales en células tumorales.

2. **Carcinoma in situ**

• Las células mutadas forman un **tumor primario benigno**, que aún no invade tejidos circundantes.

• Es una fase en la que la enfermedad es tratable si se detecta a tiempo.



3. **Fase Invasiva**

• Las células malignas proliferan descontroladamente y comienzan a invadir los tejidos adyacentes.

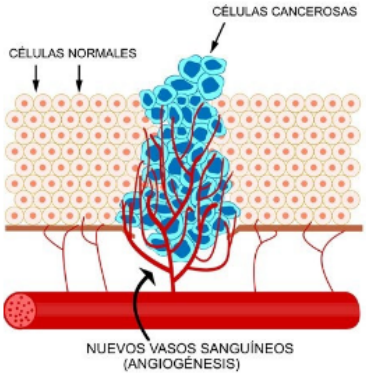
• Rompen la **membrana basal** y acceden a la circulación sanguínea y linfática.

4. **Fase de Diseminación (Metástasis)**

• Las células cancerosas migran a órganos distantes y crean nuevos focos tumorales.

• Se forman **nuevos vasos sanguíneos (angiogénesis)** para nutrir al tumor.

→ ANGIOGÉNESIS Y CAPACIDAD INVASIVA



La angiogénesis y la invasión de tejidos son características esenciales en la progresión del cáncer:

• Los tumores inducen la formación de nuevos vasos sanguíneos para garantizar su oxigenación y suministro de nutrientes (Angiogénesis**).**

• Sin angiogénesis, los tumores no podrían crecer más allá de cierto tamaño.

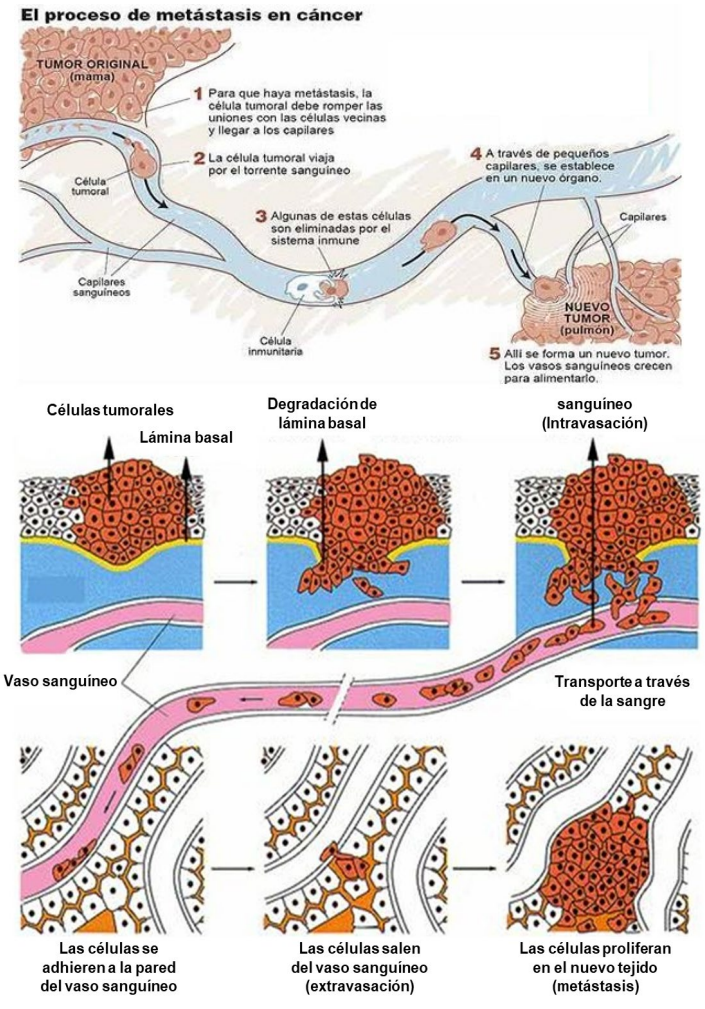
• Las células tumorales adquieren una gran capacidad invasiva con propiedades que les permiten atravesar tejidos y llegar a la circulación sanguínea.

• Este proceso es clave en el desarrollo de la **metástasis**, donde las células cancerosas se establecen en otros órganos invadiéndolos.

Conclusión: El cáncer es una enfermedad caracterizada por **proliferación descontrolada, evasión del sistema inmune y capacidad de diseminación**. Su desarrollo ocurre en fases progresivas, desde la **inducción y formación del tumor primario** hasta la **metástasis**. La angiogénesis y la capacidad invasiva son mecanismos clave en su progresión y representan objetivos terapéuticos importantes en el tratamiento del cáncer.

→ METÁSTASIS: CAPACIDAD DE LAS CÉLULAS TUMORALES PARA INFILTRAR Y COLONIZAR OTROS TEJIDOS

La metástasis es el proceso mediante el cual las células cancerosas **se desprenden del tumor primario, invaden otros tejidos y forman tumores secundarios** en órganos distantes. Este proceso es una de las principales causas de muerte en pacientes con cáncer.



1. Etapas del Proceso de Metástasis

El proceso metastásico ocurre en varias fases clave:

1. **Invasión local**

• Las células tumorales **rompen la membrana basal** y los tejidos circundantes para acceder a la circulación sanguínea o linfática.

• Para ello, producen **enzimas degradantes de la matriz extracelular**, como las metaloproteinasas (MMPs), que les permiten atravesar barreras celulares.

2. **Intravasación**

• Las células cancerosas **entran en los vasos sanguíneos o linfáticos** (proceso llamado intravasación).

• En la circulación, pueden ser atacadas por células del sistema inmune, pero algunas logran sobrevivir.

3. **Transporte a través de la sangre**

• Una vez en el torrente sanguíneo, las células tumorales viajan por el cuerpo hasta llegar a nuevos órganos.

• Pueden viajar en **células individuales o formando grupos celulares**, lo que aumenta su resistencia a las defensas inmunológicas.

4. **Extravasación**

• Las células tumorales **se adhieren a la pared de los vasos sanguíneos** en un nuevo órgano.

• Luego, **salen del vaso sanguíneo** e invaden el tejido circundante.

5. **Colonización y formación de un nuevo tumor**

• Una vez en el nuevo tejido, las células metastásicas **se establecen y comienzan a proliferar**, formando un **tumor secundario**.

• Para sobrevivir, **inducen la formación de nuevos vasos sanguíneos (angiogénesis)**, asegurando el suministro de oxígeno y nutrientes.

2. Importancia de la Metástasis en el Cáncer

• **Las metástasis son responsables de la mayoría de las muertes por cáncer**, ya que afectan órganos vitales como los pulmones, el hígado y el cerebro.

• La capacidad metastásica **varía según el tipo de cáncer**. Por ejemplo:

• El cáncer de mama suele metastatizar en los huesos y pulmones.

• El cáncer de próstata tiende a afectar los huesos.

• El melanoma puede diseminarse a varios órganos.

3. Estrategias Terapéuticas para Bloquear la Metástasis

Dado que la metástasis es el principal desafío en el tratamiento del cáncer, se han desarrollado estrategias para frenarla:

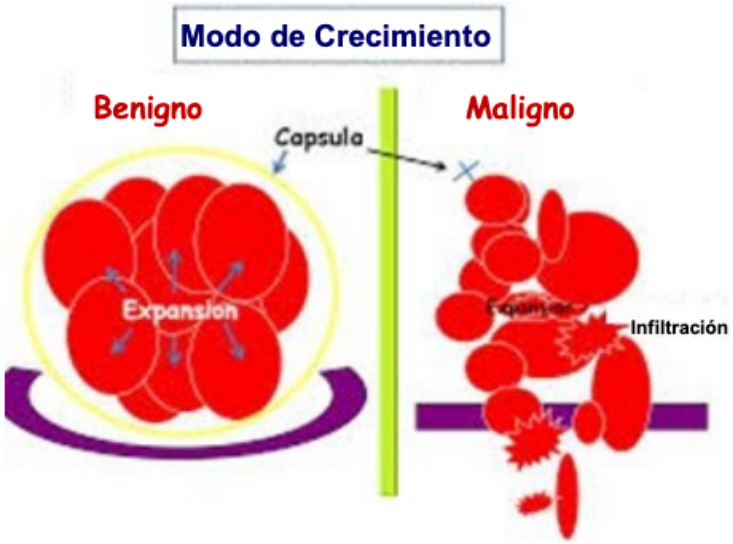
• **Inhibidores de la angiogénesis** → Evitan la formación de vasos sanguíneos en los tumores metastásicos.

• **Terapias dirigidas contra moléculas de adhesión** → Dificultan la intravasación y extravasación de células tumorales.

• **Estimulación del sistema inmunológico** → Ayuda a eliminar células metastásicas antes de que colonicen nuevos tejidos.

→ CLASIFICACIÓN DE LOS TUMORES

Los tumores pueden clasificarse de acuerdo con su **modo de crecimiento** y el **tipo de tejido o célula del que proceden**.



• **Tumores benignos**: Aunque pueden crecer, no invaden otros tejidos ni se diseminan por el cuerpo. Ejemplo: **lipomas (tumores grasos)**.

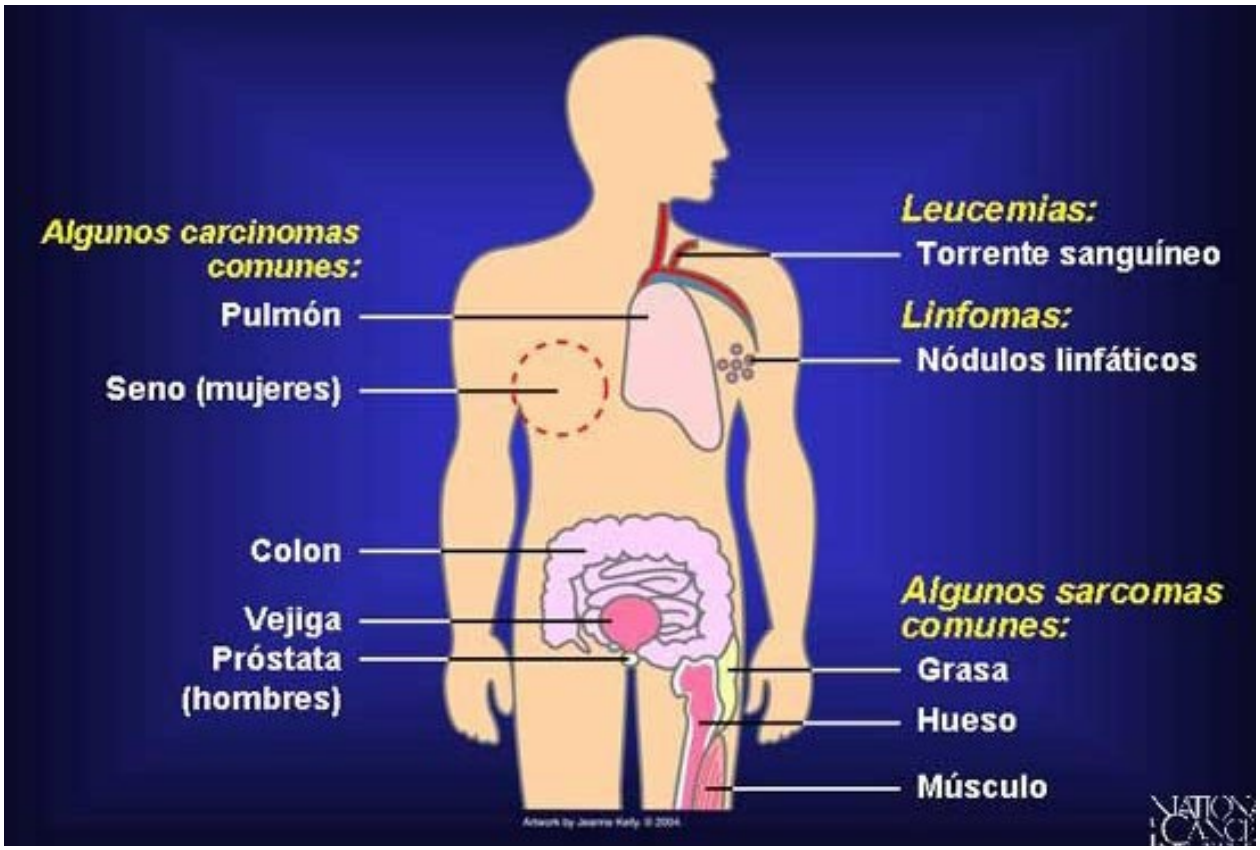
• **Tumores malignos (cáncer)**: Crecen de forma agresiva, invaden tejidos cercanos y pueden **diseminarse (metástasis)** a otras partes del cuerpo.

TIPOS DE TUMORES SEGÚN SU CRECIMIENTO:

Característica	Tumores Benignos	Tumores Malignos
Crecimiento	Lento	Rápido
Encapsulación	Sí, tienen una cápsula que los delimita	No encapsulados
Invasión	No invaden tejidos cercanos	Son invasivos e infiltrantes
Metástasis	No metastatizan	Metastatizan (se diseminan a otros órganos)

TIPOS DE TUMORES SEGÚN EL TEJIDO O CÉLULA DE ORIGEN:

Tipo de Tumor	Origen	Características
Carcinomas	Células epiteliales (cubren superficies internas y externas del cuerpo)	Representan el **90% de los cánceres**. Ejemplo: cáncer de mama, pulmón, colon.
Sarcomas	Tejidos de soporte del cuerpo (hueso, cartílago, tejido conectivo, músculo, grasa)	Son menos comunes, pero más agresivos. Ejemplo: osteosarcoma (hueso).
Linfomas	Células del sistema inmunológico en los ganglios linfáticos	Afectan los linfocitos. Ejemplo: linfoma de Hodgkin y no Hodgkin.
Leucemias	Células inmaduras de la sangre en la médula ósea	Cáncer de los glóbulos blancos. No forman tumores sólidos. Ejemplo: leucemia mieloide aguda.
Melanomas	Melanocitos (células que producen melanina en la piel)	Cáncer de piel muy agresivo, con alta capacidad metastásica.



• Los **tumores benignos** no son invasivos, mientras que los **tumores malignos** pueden propagarse.

• La **nomenclatura del cáncer** depende del órgano o tipo de célula afectada. Esta clasificación es clave para **diagnosticar y tratar** cada tipo de cáncer de manera específica.

Estos son los prefijos y nomenclatura que se utilizan en la terminología médica para describir el **tejido afectado por el cáncer** u órgano de origen, facilitando así su identificación y clasificación.

Prefijo	Significado	Denominación del Cáncer
Adeno-	Glándula	**Adenocarcinoma** (cáncer en glándulas mamarias, próstata o páncreas)
Condro-	Cartílago	**Condrosarcoma** (cáncer en el cartílago)
Eritro-	Glóbulos rojos	**Eritroleucemia** (tipo raro de leucemia que afecta glóbulos rojos)
Hemangio-	Vasos sanguíneos	**Hemangiosarcoma** (cáncer en los vasos sanguíneos)
Hepato-	Hígado	**Hepatocarcinoma** (cáncer de hígado)
Lipo-	Grasa	**Liposarcoma** (cáncer del tejido graso)
Linfo-	Linfocitos	**Linfoma** (cáncer en ganglios linfáticos y sistema inmunológico)
Melano-	Células de pigmento	**Melanoma** (cáncer de los melanocitos en la piel)
Mielo-	Médula ósea	**Mieloma múltiple** (cáncer de las células plasmáticas en la médula ósea)
Mio-	Músculo	**Leiomiosarcoma** (cáncer en músculo liso) y **Rabdomiosarcoma** (cáncer en músculo esquelético)
Osteo-	Hueso	**Osteosarcoma** (cáncer de los huesos)

→ DETECCIÓN, DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTOS DEL CÁNCER

El cáncer se detecta y diagnostica mediante diferentes técnicas y se trata con diversas estrategias terapéuticas. Veamos los métodos de detección, los **marcadores tumorales**, y las **terapias antitumorales**.

1. Métodos de Detección del Cáncer

Detectar el cáncer en etapas tempranas es clave para mejorar la eficacia del tratamiento y reducir la mortalidad. Algunos métodos incluyen:

- **Gammagrafía**: Uso de isótopos radiactivos para visualizar la distribución de sustancias en células o tejidos específicos.
- **Mamografía**: Radiografía de los senos utilizada para detectar el cáncer de mama.
- **PET (Tomografía por Emisión de Positrones)**: Mide la actividad metabólica del cuerpo para identificar focos de crecimiento celular anormal.
- **Biopsias**: Extracción de una muestra de tejido para su análisis microscópico.
- **Exámenes colorrectales**: Métodos como la colonoscopía permiten la detección temprana del cáncer de colon.

2. Marcadores Tumorales

Los **marcadores tumorales** son sustancias que pueden indicar la presencia o progresión de un tumor. Para que sean útiles, deben cumplir ciertas características:

1. **Presencia en los tumores** y preferiblemente en sangre u orina.
2. **Especificidad** para cada tipo de tumor.
3. **Detección en etapas tempranas** para facilitar el tratamiento.
4. **Correlación con el estado tumoral**, ayudando en el diagnóstico y pronóstico.
5. **Niveles estables**, cambiando solo por la presencia del tumor.

Tipos de Marcadores Tumorales

- **Hormonas** → Ejemplo: Gonadotropina Coriónica Humana (hCG) en cáncer de testículo.
- **Enzimas** → Ejemplo: Fosfatasa ácida prostática en cáncer de próstata.
- **Antígenos oncofetales** → Ejemplo: Alfa-fetoproteína (AFP) en cáncer de hígado.
- **Carbohidratos** → Ejemplo: CA 19-9 en cáncer de páncreas.
- **Otros** → ADN tumoral circulante, oncogenes, genes supresores de tumores.

Aplicaciones de los Marcadores Tumorales

1. Diagnóstico temprano del cáncer.
2. Pronóstico de la enfermedad.
3. Detección de recidiva tumoral.
4. Control de la evolución del tumor.
5. Seguimiento de la eficacia del tratamiento.

3. Terapias Antitumorales

A. Quimioterapia

Consiste en el uso de fármacos para inhibir el desarrollo tumoral.

• **Poliquimioterapia** → Combinación de varios fármacos con diferentes mecanismos de acción, para aumentar la eficacia y reducir efectos secundarios.

• **Quimioterapia adyuvante** → Se administra después de la cirugía para prevenir diseminación.

• **Quimioterapia neoadyuvante o de inducción** → Se administra antes de la cirugía o radioterapia para reducir el tamaño del tumor.

B. Radioterapia

Uso de radiaciones ionizantes para destruir células cancerosas.

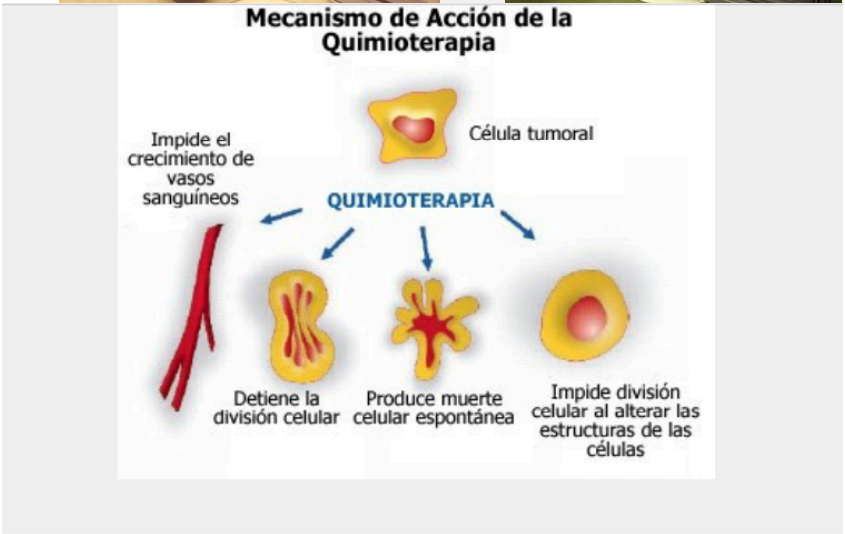
• **Radioterapia exclusiva** → Se usa como único tratamiento.

• **Radioterapia adyuvante** → Se usa después de la cirugía para eliminar células residuales.

• **Radioquimioterapia concomitante** → Combinación de radioterapia con quimioterapia para potenciar efectos.





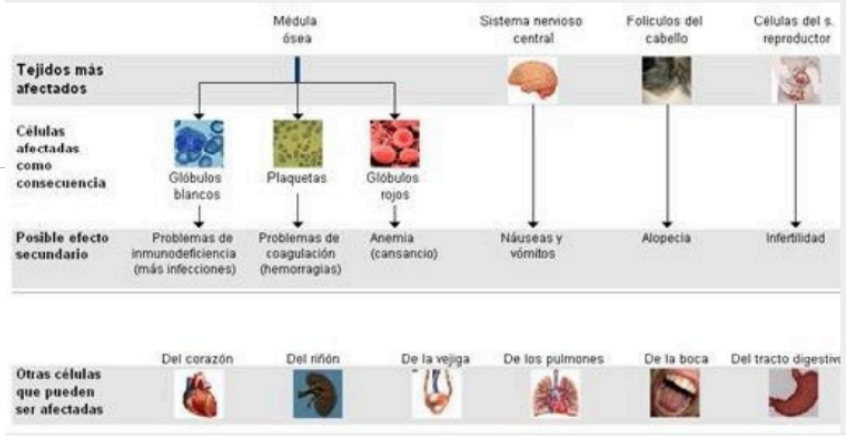


Conclusión:

• **La detección temprana del cáncer** a través de estudios de imagen y marcadores tumorales permite un mejor pronóstico.

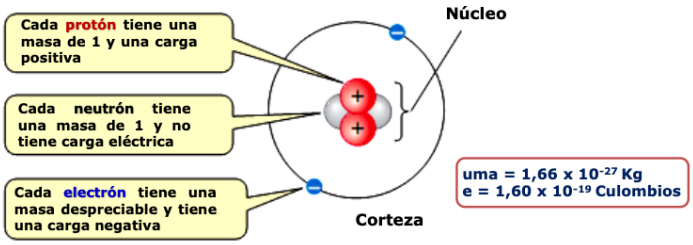
• **Los marcadores tumorales** ayudan en el diagnóstico, pronóstico y monitoreo del cáncer.

• **Las terapias antitumorales**, como la quimioterapia y la radioterapia, son clave para tratar y controlar el cáncer, a menudo combinándose para obtener mejores resultados.



TEMA 10: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LOS LÍPIDOS

1. CONCEPTO DE LÍPIDO



- Los **lípidos** son un grupo de compuestos orgánicos muy diverso, formados por **carbono (C)**, **hidrógeno (H)** y **oxígeno (O)**.
- **Propiedades importantes:**
- **Insolubles en agua** (porque son apolares).
- **Solubles en solventes apolares** como acetona y cloroformo.
- Ejemplo: El aceite no se mezcla con agua porque sus moléculas no tienen cargas parciales compatibles con las del agua.

2. Elementos básicos de los lípidos

- Todos los compuestos, incluidos los lípidos, están formados por **átomos**.
- **Estructura del átomo**:
- **Núcleo**: Contiene **protones** (carga positiva) y **neutrones** (sin carga).
- **Corteza**: Alberga los **electrones** (carga negativa), que orbitan alrededor del núcleo.
- **Datos relevantes**:
- La masa de un protón/neutrón es 1 unidad de masa atómica (uma).
- La masa de un electrón es despreciable en comparación, pero tiene una carga negativa.

3. Clasificación de los lípidos

Los lípidos se clasifican en función de su estructura y función:

a) Ácidos grasos

- **Estructura**: Cadenas de hidrocarburos con un grupo carboxilo (-COOH) en un extremo.
- **Tipos**:
- **Saturados**: No contienen dobles enlaces (ej.: ácido palmítico, presente en manteca).
- **Insaturados**: Contienen uno o más dobles enlaces (ej.: ácido oleico, presente en aceite de oliva).

b) Triglicéridos

- Formados por tres **ácidos grasos** unidos a un **glicerol** (alcohol de tres carbonos).
- **Función**: Almacenamiento de energía en los organismos.

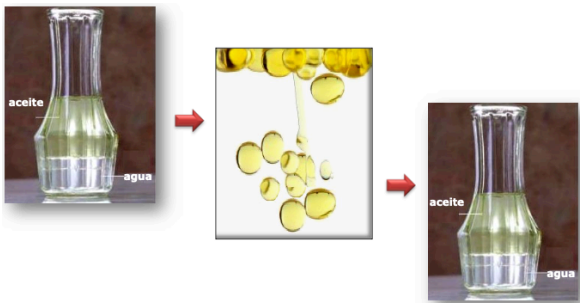
c) Fosfolípidos

- Tienen una estructura similar a los triglicéridos, pero uno de los ácidos grasos es reemplazado por un grupo fosfato.
- **Función**: Son componentes esenciales de las **membranas celulares**.

d) Esteroides

- Son lípidos con una estructura de **cuatro anillos fusionados**.
- **Ejemplo importante**: El colesterol, precursor de hormonas esteroides.

4. Funciones de los lípidos



1. **Reserva energética**: Los lípidos almacenan más energía por gramo (9 kcal/g) que los carbohidratos (4 kcal/g).
2. **Aislante térmico**: La grasa subcutánea ayuda a mantener la temperatura corporal.
3. **Protección mecánica**: La grasa alrededor de órganos como los riñones actúa como un "amortiguador" que los protege de golpes.
4. **Estructural**: Los **fosfolípidos** forman la bicapa lipídica de las membranas celulares.
5. **Regulación hormonal**: Los **esteroides** regulan funciones biológicas importantes, como la síntesis de hormonas sexuales.

5. Interacciones entre lípidos y agua

- Los lípidos no se mezclan con el agua debido a su **naturaleza apolar**:
- Las moléculas de agua, al ser polares, forman enlaces de hidrógeno entre sí y excluyen a las moléculas apolares.
- **Ejemplo**: Cuando se mezcla aceite y agua, el aceite forma gotas que flotan porque las moléculas de agua se agrupan, excluyendo al aceite.

6. Resumen visual:

Tipo de lípido	Función principal	Ejemplo
Ácidos grasos	Fuente de energía	Ácido oleico
Triglicéridos	Reserva energética	Grasa subcutánea
Fosfolípidos	Formar membranas	Membrana celular
Esteroides	Regulación hormonal	Colesterol

ELEMENTOS Y SU RELACIÓN CON LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LOS LÍPIDOS

1. Elementos en la naturaleza

- En la naturaleza existen **más de 100 elementos diferentes**.
- Cada elemento tiene como **unidad estructural básica un tipo de átomo único**.
- Lo que distingue a un elemento de otro es el **número de protones** en el núcleo de sus átomos, conocido como **número atómico**.

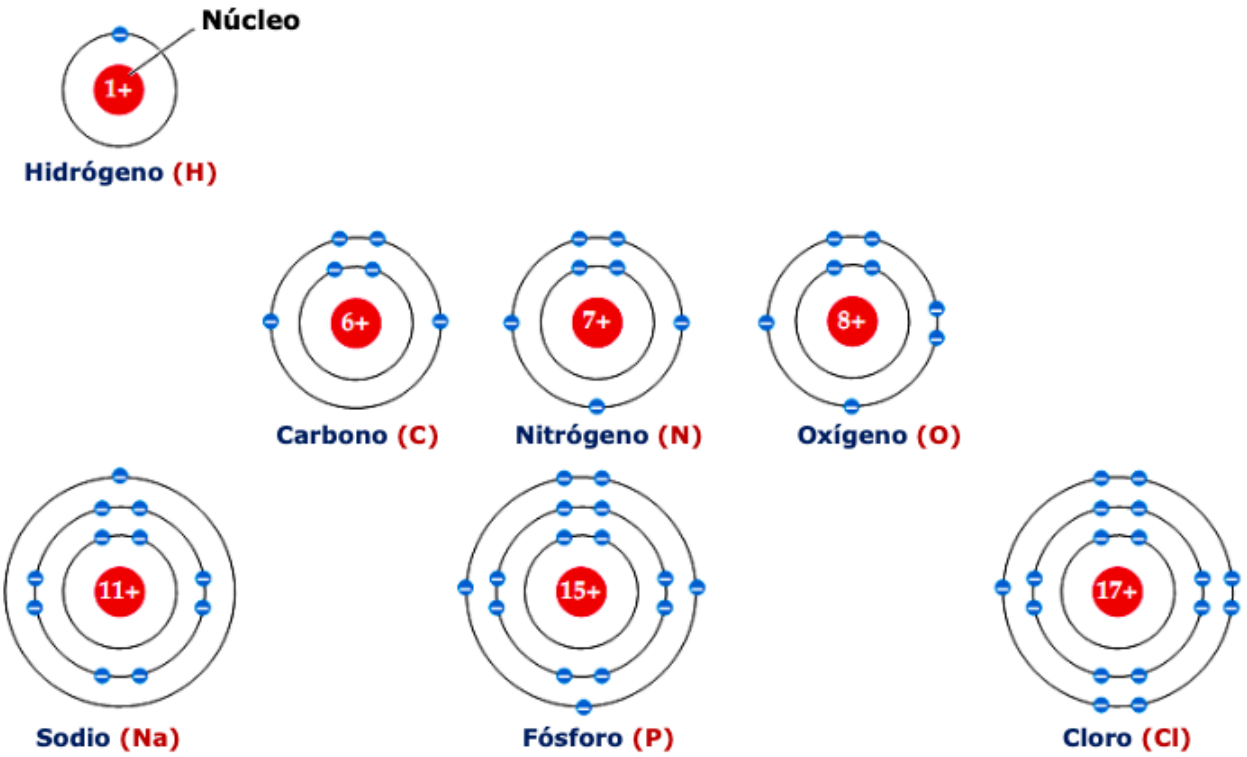
2. Elementos esenciales en los lípidos

Los lípidos están formados principalmente por los siguientes elementos:

1. **Carbono (C)**: Forma el esqueleto básico de las moléculas orgánicas.
2. **Hidrógeno (H)**: Se une al carbono, formando largas cadenas hidrocarbonadas.
3. **Oxígeno (O)**: Presente en los grupos funcionales como el **grupo carboxilo (-COOH)** de los ácidos grasos.
4. **Fósforo (P)**: Presente en los **fosfolípidos**, esenciales para la formación de membranas celulares.

3. Ejemplos de elementos y sus funciones en los lípidos

Elemento	Símbolo químico	Función en los lípidos
Carbono	C	Forma la estructura principal
Hidrógeno	H	Confiere propiedades hidrofóbicas
Oxígeno	O	Presente en grupos funcionales
Fósforo	P	Componente clave de los fosfolípidos



4. Elementos específicos y su ubicación

- **Hidrógeno (H)**: Forma parte de los enlaces simples en las cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos.
- **Litio (Li) y Sodio (Na)**: No forman parte directa de los lípidos, pero participan en procesos metabólicos relacionados con las membranas lipídicas.
- **Oxígeno (O)**: Se encuentra en los grupos funcionales como los **fosfatos** (en fosfolípidos) y **grupos carboxilo** (en ácidos grasos).

5. Relación con la estructura y función de los lípidos

- **Ácidos grasos saturados:** Solo tienen enlaces simples carbono-carbono.
- **Ácidos grasos insaturados:** Tienen uno o más dobles enlaces, lo que altera la disposición de los átomos y da lugar a **codos** en la molécula, cambiando su estructura y propiedades (como la fluidez de las membranas).

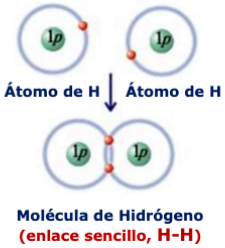
6. Importancia biológica de estos elementos en los lípidos

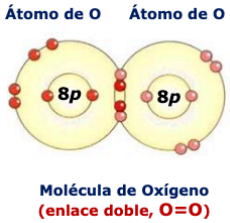
- **Carbono e hidrógeno**: Proporcionan la capacidad de almacenar grandes cantidades de energía.
- **Fósforo**: Permite que los fosfolípidos formen la **bicapa lipídica**, una estructura clave de las membranas celulares.
- **Oxígeno**: Participa en las reacciones de oxidación que liberan energía a partir de los lípidos.

Conclusión:

Los elementos como el **carbono, hidrógeno, oxígeno y fósforo** son fundamentales para la estructura y función de los lípidos. Su disposición molecular define si un lípido actúa como reserva energética, componente de membrana o regulador en procesos bioquímicos.

FORMACIÓN DE MOLÉCULAS MEDIANTE ENLACES COVALENTES





- **Concepto de molécula:** Una **molécula** es una agrupación de átomos que se mantienen unidos por enlaces químicos, en este caso, enlaces **covalentes**.
- **Interacción de electrones:** Los **enlaces covalentes** se forman cuando dos átomos **comparten electrones** para completar sus capas más externas de electrones (conocida como capa de valencia).
- Este tipo de enlace es **muy fuerte** porque implica la atracción mutua de los núcleos atómicos hacia los electrones compartidos.

Ejemplos representados en la imagen:

1. **Molécula de hidrógeno (H_2)**:
- **Átomo de hidrógeno (H):** Tiene **1 electrón** en su capa externa. Para alcanzar estabilidad, necesita **un electrón más**.
- **Enlace sencillo:**

Dos átomos de hidrógeno comparten **un par de electrones**, formando un **enlace covalente simple (H-H)**. Esto forma una molécula de hidrógeno (H_2).

2. **Molécula de oxígeno (O_2):**
- **Átomo de oxígeno (O):** Tiene **6 electrones** en su capa de valencia y necesita **2 electrones adicionales** para completar los **8 electrones** que requiere.
- **Enlace doble:**

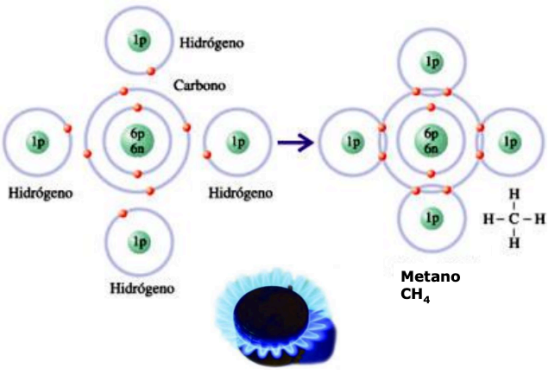
Dos átomos de oxígeno comparten **dos pares de electrones**, formando un **enlace covalente doble (O=O)**.

Características de los enlaces covalentes:

- **Enlace sencillo:**
  - Comparte **un par de electrones** entre dos átomos.
  - Es menos rígido y más fácil de romper que los dobles o triples enlaces.
  - Ejemplo: **H-H (hidrógeno molecular)**.
- **Enlace doble:**
  - Comparte **dos pares de electrones** entre los átomos.
  - Es más fuerte y rígido que un enlace sencillo.
  - Ejemplo: **O=O (oxígeno molecular)**.

Importancia en los lípidos:

- Los **enlaces covalentes** son fundamentales en la estructura de los ácidos grasos, fosfolípidos y otros tipos de lípidos:
- **Ácidos grasos saturados:** Solo presentan enlaces simples.
- **Ácidos grasos insaturados:** Contienen al menos un doble enlace carbono-carbono, lo que les otorga fluidez.



Conclusión: Los enlaces covalentes permiten la unión de átomos para formar moléculas estables. La diferencia en el número de pares de electrones compartidos define si el enlace es sencillo, doble o triple, influyendo en la **fuerza** y **flexibilidad** de las moléculas formadas.

COMPUESTOS NO POLARES Y EL EJEMPLO DEL METANO (CH_4)

Definición de compuesto no polar (apolar): Un **compuesto no polar** es aquel donde los átomos que forman los enlaces **comparten los electrones de manera equitativa**, es decir, no existe una separación de cargas eléctricas dentro de la molécula. Como resultado, no hay polos eléctricos (positivo y negativo) en la molécula, y esta carece de un **dipolo eléctrico**.

Ejemplo del metano (CH_4)

1. **Estructura del metano:**
   - El metano está formado por **un átomo de carbono (C)** central y **cuatro átomos de hidrógeno (H)** unidos mediante **enlaces covalentes simples**.
   - El carbono tiene **4 electrones de valencia** y necesita **compartir 4 electrones** más para completar su octeto. Cada átomo de hidrógeno comparte **1 electrón** con el carbono.
2. **Distribución de electrones:**
   - La electronegatividad del carbono y el hidrógeno es **similar**. Esto hace que los electrones compartidos se distribuyan de manera **simétrica** alrededor del átomo de carbono.
   - Al no haber una diferencia significativa de electronegatividad, la molécula **no genera regiones con cargas parciales**.
3. **Geometría molecular:**
   - La molécula de metano tiene una **estructura tetraédrica**, lo que significa que los cuatro enlaces están separados de manera equidistante en el espacio.
   - Esta simetría contribuye a la **distribución homogénea** de los electrones.

Propiedades del metano como compuesto apolar

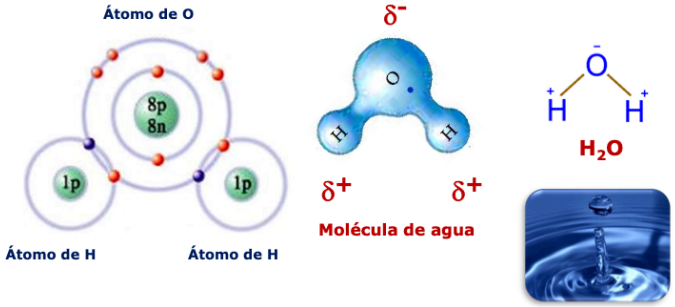
- **No es soluble en agua:** El agua es una molécula polar, mientras que el metano es apolar. Como "lo similar disuelve a lo similar", el metano **no se mezcla con el agua**.
- **Baja reactividad química:** Al ser un compuesto apolar y tener enlaces covalentes fuertes, el metano es estable en condiciones normales.
- **Inflamabilidad:** El metano es un gas muy inflamable y se utiliza como **combustible doméstico**, como se ilustra con la llama azul en la imagen.

Importancia de los compuestos no polares en bioquímica:

- **Lípidos:** Muchos lípidos, como los ácidos grasos y los triglicéridos, son compuestos apolares. Esto explica por qué **no se disuelven en agua** y forman parte de estructuras como las membranas celulares.
- **Interacciones hidrofóbicas:** Los compuestos no polares tienden a agruparse en presencia de agua, lo que es clave en la formación de las **bicapas lipídicas** de las células.

Conclusión: El metano (CH_4) es un ejemplo clásico de una molécula apolar debido a su distribución simétrica de electrones y la similitud en la atracción electrónica entre carbono e hidrógeno. Este principio es crucial para comprender la interacción de moléculas en sistemas biológicos y su solubilidad en diferentes medios.

MOLÉCULAS POLARES Y EL EJEMPLO DEL AGUA (H_2O)



Definición de molécula polar: Una molécula se considera **polar** cuando los átomos que la componen **tienen diferentes electronegatividades** y generan una **distribución asimétrica de cargas**.

Esto ocurre cuando los electrones compartidos en los enlaces covalentes **son atraídos con distinta fuerza** por los átomos.

La **región más electronegativa** adquiere una **carga parcial negativa (δ^-)**, mientras que la región menos electronegativa adquiere una **carga parcial positiva (δ^+)**.

Ejemplo de la molécula de agua (H_2O):

1. **Estructura molecular del agua:**
   - El agua está compuesta por **dos átomos de hidrógeno (H)** y **un átomo de oxígeno (O)**.
   - El oxígeno tiene una **electronegatividad mucho mayor** que el hidrógeno, lo que significa que **atrae con más fuerza los electrones compartidos**.
2. **Distribución de cargas:**
   - Debido a esta diferencia de electronegatividad:
   - El **oxígeno** adquiere una **carga parcial negativa (δ^-)**.
   - Los **hidrógenos** adquieren una **carga parcial positiva (δ^+)**.
3. **Geometría molecular:**
   - La molécula de agua tiene una **forma angular o "en V"**, con un ángulo de aproximadamente **104.5°**.
   - Esta forma asimétrica contribuye a que haya un **desequilibrio de cargas** dentro de la molécula.
4. **Propiedades polares del agua:**
   - **Puentes de hidrógeno:** La polaridad del agua permite que las moléculas de agua se unan mediante **puentes de hidrógeno**. Esto le da al agua propiedades como una **alta tensión superficial** y un **punto de ebullición elevado**.
   - **Disolvente universal:** Gracias a su polaridad, el agua puede **disolver muchas sustancias polares** como sales y azúcares, al rodear las moléculas con sus regiones cargadas.
   - **Elevada capacidad calorífica:** El agua puede **absorber y liberar calor** sin cambiar mucho de temperatura, lo que regula el ambiente en los seres vivos.

Comparación con compuestos apolares: A diferencia del metano (CH_4), el agua **no distribuye simétricamente** sus electrones. Por esto, las moléculas polares como el agua no se mezclan bien con moléculas apolares (como los aceites).

Importancia biológica:

- La polaridad del agua es esencial para los procesos bioquímicos, ya que permite:
- **Transportar nutrientes y desechos** en los seres vivos.
- Facilitar **reacciones químicas** al actuar como disolvente.
- Formar estructuras como las **bicapas lipídicas** al interactuar con moléculas tanto polares como apolares.

Conclusión: La molécula de agua es un excelente ejemplo de un compuesto polar debido a su distribución asimétrica de cargas y su capacidad de formar interacciones electrostáticas fuertes con otras moléculas. Esta propiedad hace que el agua sea indispensable para la vida tal como la conocemos.

TEMA 11: MEMBRANAS BIOLÓGICAS Y TRANSPORTE

INTRODUCCIÓN A LAS MEMBRANAS BIOLÓGICAS

• **La membrana plasmática** es la frontera que separa el interior de la célula (vivo) del exterior (medio inerte).

• Es **extremadamente fina**, con un grosor de aproximadamente **8 nanómetros** (8×10^{-9} metros). Para que te hagas una idea: es más de 10.000 veces más delgada que un cabello humano.

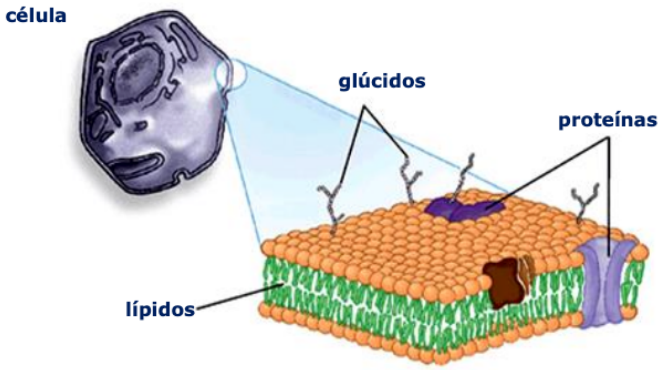
• Está formada por una **bicapa lipídica**, es decir, dos capas de moléculas grasas (lípidos), que se organizan de forma especial para formar una barrera semipermeable.

Componentes de esta bicapa:

1. **Fosfolípidos**:

• Son lípidos con una "cabeza" que **atrae el agua** (hidrofílica) y dos "colas" que **repelen el agua** (hidrofóbicas).

• En la membrana, se organizan con las cabezas hacia fuera (hacia el agua) y las colas hacia dentro, formando una doble capa.



2. **Esteroles**:

• Son otro tipo de lípidos, como el **colesterol**, que regulan la **fluidez y estabilidad** de la membrana.

• En células animales, el colesterol hace que la membrana no sea ni demasiado rígida ni demasiado fluida.

Además, la membrana también contiene:

• **Proteínas**, que tienen muchas funciones:

  • Algunas actúan como **canales** o **transportadores** para dejar pasar sustancias.

  • Otras son **receptoras**, detectan señales del exterior.

  • Algunas están ancladas y sirven de **soporte estructural**.

• **Glúcidos** (azúcares), que están unidos a lípidos o proteínas:

  • Forman el llamado **glucocálix**, una especie de "envoltura" externa que protege y ayuda a identificar la célula.

FUNCIONES DE LAS MEMBRANAS BIOLÓGICAS

Las membranas no solo separan el interior del exterior de la célula, sino que **desempeñan múltiples funciones esenciales para la vida**. Vamos con ellas:

1. **Delimitación y compartimentación**:

• Separan el **medio intracelular** del **extracelular** (como una muralla).

• También crean **compartimentos internos** dentro de la célula (orgánulos), cada uno con funciones distintas. Ejemplo: la membrana del núcleo, la de las mitocondrias, etc.

2. **Transporte de sustancias**:

• Controlan **qué entra y qué sale** de la célula. Algunas sustancias pueden atravesar fácilmente la bicapa (como el oxígeno), pero otras necesitan ayuda.

• Se encarga de mantener el equilibrio interno (**homeostasis**).

3. **Comunicación celular**:
• Gracias a **proteínas receptoras** que detectan señales químicas externas (como hormonas).
• Permite que la célula "se entere" de lo que pasa fuera y responda.
4. **Reconocimiento celular**:
• El **glucocálix** actúa como una "matrícula" o "carné de identidad" de la célula.
• Muy importante para que el sistema inmunitario reconozca qué células son propias y cuáles son extrañas (por ejemplo, bacterias o células infectadas).
5. **Actividad enzimática y metabolismo**:
• Algunas proteínas de membrana son **enzimas**, es decir, catalizadores de reacciones químicas.
• Otras forman parte de rutas metabólicas (reacciones en cadena dentro de la célula).
6. **Interacción con otras células y el medio extracelular**:
• Las membranas permiten que las células se **adhieran** entre sí para formar tejidos.
• También permiten el **intercambio de información** y la **respuesta coordinada** en organismos multicelulares.

Estas funciones hacen que la membrana sea **mucho más que una simple barrera**: es un sistema activo, inteligente y vital para el funcionamiento de las células.

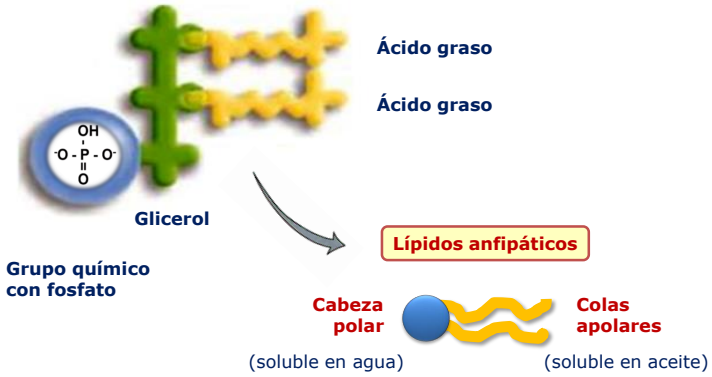
ESTRUCTURA DE LOS FOSFOLÍPIDOS

Los fosfolípidos son las piezas clave en la estructura de las membranas celulares. Son un tipo especial de lípido (grasa), pero a diferencia de los triglicéridos, **tienen una parte soluble en agua y otra que no lo es**. Por eso se llaman **anfipáticos** (tienen dos "afinidades").

🔬 ¿Cómo están formados?

Un fosfolípido tiene tres partes principales:

1. **Glicerol** (esqueleto): una molécula de tres carbonos que sirve como base.
2. **Dos ácidos grasos**: cadenas largas de carbono e hidrógeno que no se disuelven en agua (son **apolares**).
3. **Grupo fosfato** con un grupo adicional (puede ser colina, serina, etc.): esta parte **sí se disuelve en agua** (es **polar**).



📌 Resultado:
• **Cabeza polar (hidrofílica)**: le gusta el agua.
• **Colas apolares (hidrofóbicas)**: evitan el agua.

Esto es esencial para que puedan formar estructuras como la **bicapa lipídica**.

🧪 ¿Qué hacen los fosfolípidos?

Tienen varias funciones importantes:

1. **Forman la bicapa lipídica** de todas las membranas celulares.
• La cabeza apunta hacia fuera (donde hay agua).

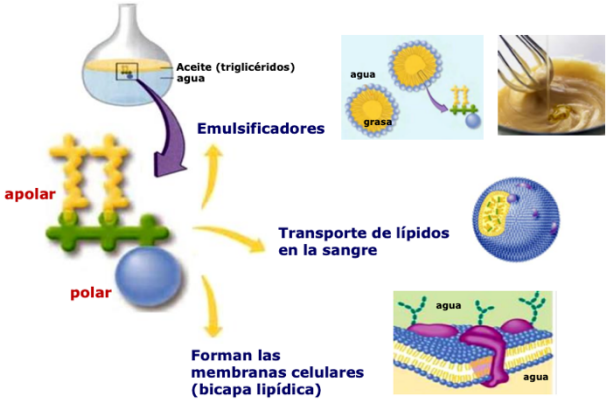
• Las colas se esconden en el interior, protegidas del agua.

2. **Emulsifican grasas** (como en la digestión).

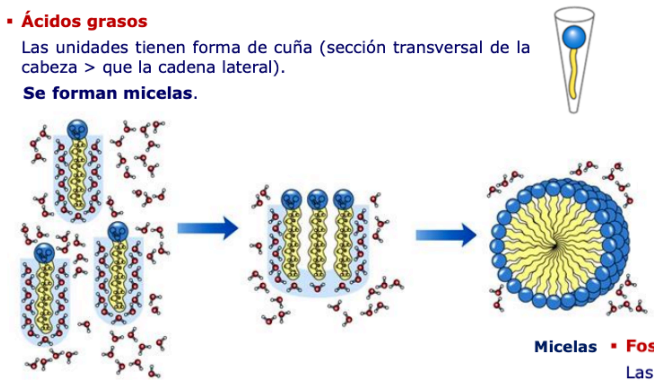
• Permiten mezclar sustancias que normalmente no se mezclarían, como el agua y el aceite.

3. **Transportan lípidos en la sangre**.

• En forma de lipoproteínas, ayudan a llevar grasas por un medio acuoso como la sangre.



¿Por qué los fosfolípidos forman una bicapa y no otra cosa?



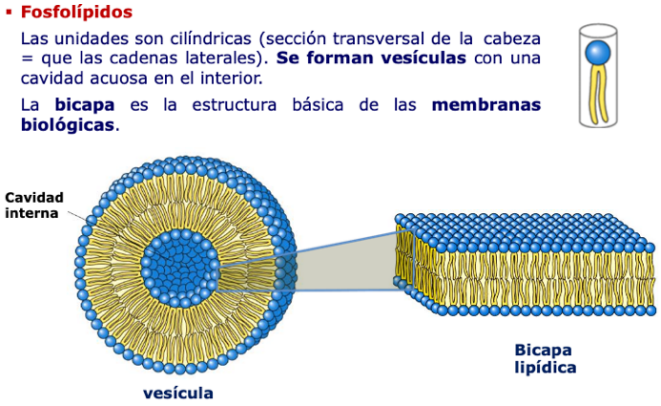
La respuesta está en su forma **anfipática** y cómo se comportan en contacto con el agua:

• **Ácidos grasos simples** (como en los jabones) tienen forma de **cuña**, y tienden a formar **micelas**: esferas pequeñas con las colas hacia dentro.

• **Fosfolípidos** tienen forma **cilíndrica** (cabeza y colas de tamaño parecido), lo que favorece la **formación de bicapas planas** o **vesículas**:

• Las **vesículas** son esferas huecas formadas por una bicapa, con **agua tanto fuera como dentro**.

• Así se forma la estructura básica de **todas las membranas celulares**.



ESTEROLES

Los esteroles son otro tipo de lípidos, pero **diferentes de los fosfolípidos** y de los triglicéridos. Estas son sus características.

Características generales:

• **No contienen ácidos grasos**, por lo tanto:

• **No pueden formar jabones** (esto es algo que sí pueden hacer los lípidos con ácidos grasos).

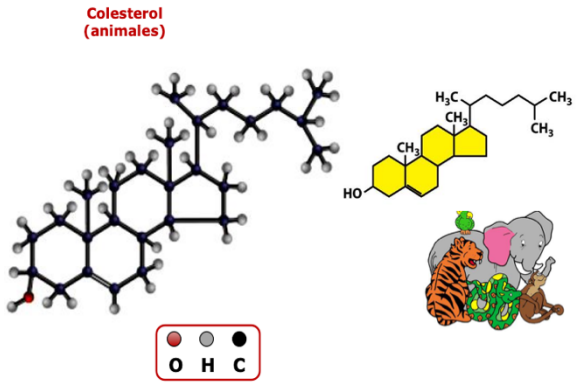
• Son **componentes estructurales importantes**, especialmente en las **membranas celulares**.

• Según el tipo de organismo:

• **Colesterol** en animales.

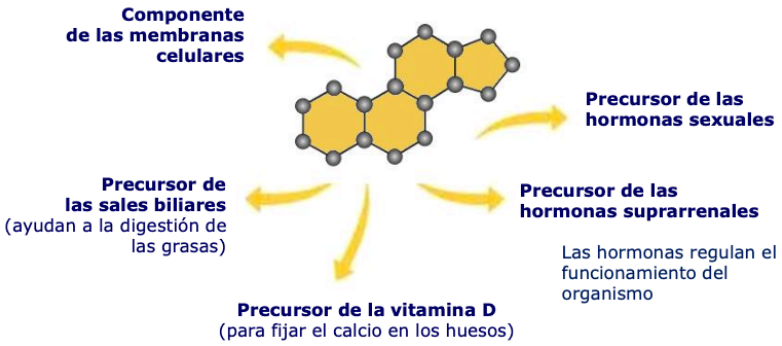
• **Fitosteroles** en vegetales.

• **Ergosterol** en hongos.



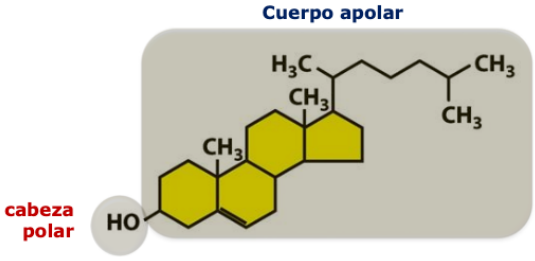
🧪 Funciones del colesterol (en animales)

El colesterol no solo es importante por su papel en la dieta, sino que es **imprescindible para el funcionamiento del cuerpo**:



1. **Componente de membranas celulares**:
   - Se inserta entre los fosfolípidos, ayudando a **regular la fluidez** y **estabilidad** de la membrana.
2. **Precursor de hormonas**:
   - A partir del colesterol, el cuerpo fabrica varias **hormonas esteroideas**:
     - **Sexuales**: como la testosterona o el estrógeno.
     - **Suprarrenales**: como el cortisol y la aldosterona, que regulan el estrés, la presión arterial, etc.
3. **Precursor de la vitamina D**:
   - Vital para absorber y **fijar el calcio en los huesos**.
4. **Precursor de las sales biliares**:
   - Se producen en el hígado a partir del colesterol y **ayudan a digerir las grasas**.

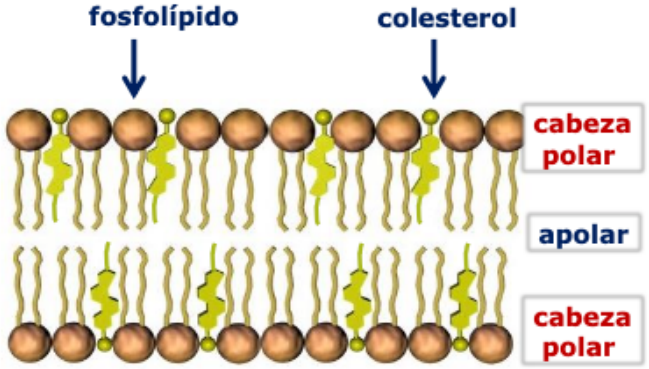
🔬 ¿Cómo se comporta el colesterol en la membrana?



- Su **cabeza polar** queda expuesta al agua (igual que las de los **fosfolípidos**).
- Su **cuerpo apolar** se mete entre las colas apolares de los **fosfolípidos**.

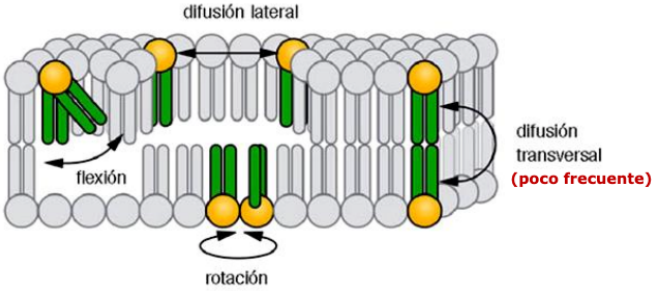
📌 Esto permite que la membrana **no sea demasiado rígida ni demasiado fluida** y estabiliza la estructura, especialmente cuando hay cambios de temperatura.

- **No puede formar una bicapa por sí solo**, como hacen los **fosfolípidos**.
- Pero **sí se inserta** entre ellos en la bicapa lipídica:



FLUIDEZ DE LAS MEMBRANAS

Para que una membrana funcione bien, no debe ser rígida como una pared, sino **flexible y dinámica**, algo parecido a un **aceite ligero**. Esta propiedad se llama **fluidez de membrana**.



🧬 ¿Qué implica esa fluidez?

1. **Las moléculas se pueden mover**:

• Los **fosfolípidos**, el **colesterol** y las **proteínas** pueden **desplazarse lateralmente** (es decir, de un lado a otro dentro del mismo plano de la membrana).

2. **Las colas de los fosfolípidos están en constante movimiento**:

• Estas "agitan" constantemente, lo que impide que la membrana se vuelva demasiado rígida.

📌 Esta fluidez es esencial para:

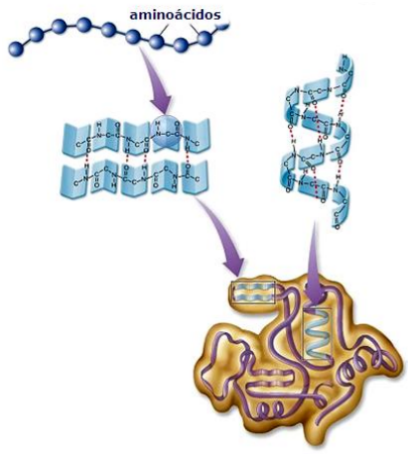
• El transporte de sustancias.
• La interacción con otras células.
• La función de las proteínas de membrana.

🧩 Proteínas de membrana

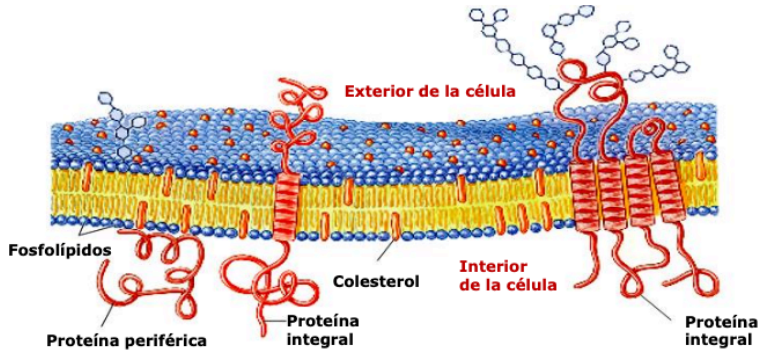
Aunque los lípidos forman la base estructural, las **proteínas son las que hacen el trabajo especializado**. Están implicadas en casi todas las funciones importantes de la membrana.

🔬 Composición:

• Las proteínas están formadas por **aminoácidos** unidos en cadenas largas que se pliegan para adquirir una forma específica (generalmente esférica o globular).



📂 Tipos de proteínas de membrana:



1. **Proteínas integrales**:

• Están **incrustadas profundamente** en la bicapa lipídica.

• Muchas de ellas **atraviesan toda la membrana** (de lado a lado).

• Algunas forman **canales o poros** que permiten el paso de sustancias.

2. **Proteínas periféricas**:

• Están **unidas a la superficie** de la membrana.

• Pueden unirse directamente a los lípidos o a las zonas externas de las proteínas integrales.

• Participan en funciones como la **señalización celular**, la **unión al citoesqueleto**, o **procesos enzimáticos**.

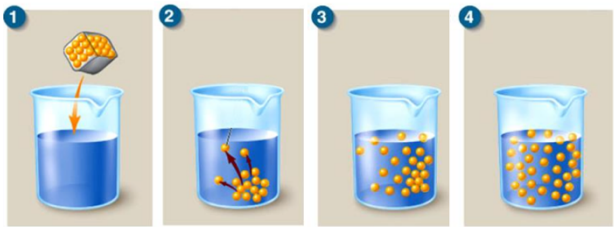
Entramos ahora en una parte fundamental del tema: **el transporte de sustancias a través de la membrana celular**, empezando por la **difusión**, que es un tipo de transporte pasivo.

DIFUSIÓN: EL MOVIMIENTO NATURAL HACIA EL EQUILIBRIO

🔍 ¿Qué es la difusión?

• Es el proceso por el cual **las partículas se mueven desde donde hay más concentración hacia donde hay menos**, hasta que se igualan.

• No necesita energía: ocurre **espontáneamente**.

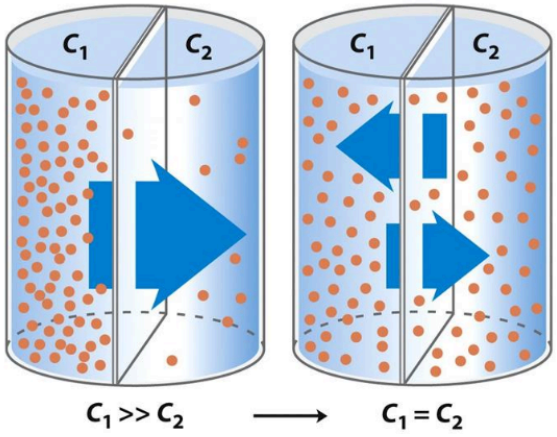


Ejemplo cotidiano: cuando se echa perfume en una habitación, al principio está concentrado en un punto, pero poco a poco se reparte por todo el aire.

¿Qué es el gradiente de concentración?

Es la **diferencia en la concentración** de una sustancia entre **dos zonas distintas**. En el caso de la célula, esas dos zonas suelen ser:

- **El interior de la célula**
- **El exterior de la célula** (el medio extracelular)



¿Cómo funciona?

- Si en un lado **hay más cantidad** de una sustancia que en el otro, **existe un gradiente de concentración**.
- Las moléculas tienden a **moverse espontáneamente desde donde hay más hacia donde hay menos**, como si buscaran "repartirse" de forma equilibrada.

Esta tendencia natural para igualar las concentraciones se la llama **movimiento a favor de gradiente**.

Ejemplos sencillos:

1. Si fuera de la célula hay mucho **oxígeno (O_2)** y dentro poco:
   - El oxígeno entra **a favor de gradiente** hasta equilibrarse.
2. Si dentro de la célula hay mucha **glucosa** y fuera casi nada:
   - La glucosa tendería a salir, también **a favor de gradiente**.

¿Y si una sustancia necesita ir en contra del gradiente?

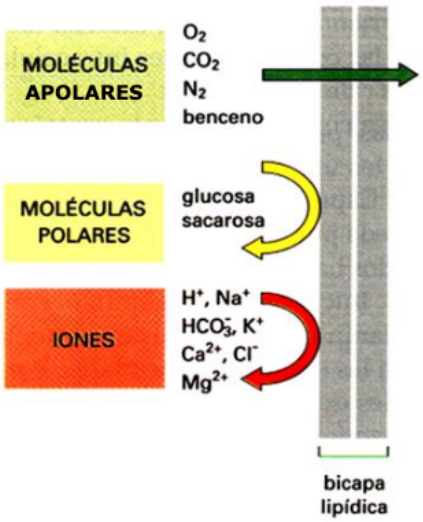
- Si una célula quiere **acumular algo** dentro, aunque fuera haya menos (o viceversa), tiene que moverlo **en contra del gradiente de concentración**.
- Eso **requiere energía (ATP)** y se llama **transporte activo** (que veremos en la siguiente parte).

A MODO DE RESUMEN:

Movimiento	Dirección	¿Necesita energía?
A favor de gradiente	De más concentración a menos	❌ No (es pasivo)
En contra del gradiente	De menos concentración a más	✅ Sí (es activo)

Difusión a través de la membrana

La membrana celular permite que ciertas sustancias entren o salgan **mediante difusión**. Esto puede suceder de dos formas:

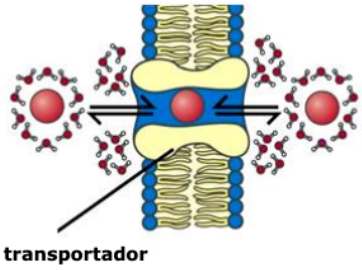


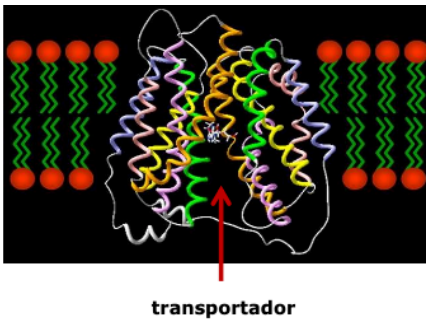
1. Difusión simple

- Ocurre **directamente a través de la bicapa lipídica**.
- Las moléculas **se cuelan entre los huecos** que dejan los lípidos al moverse.
- Solo es posible para **moléculas pequeñas y apolares (sin carga)**, como:
  - **Oxígeno (O_2)**
  - **Nitrógeno (N_2)**
  - **Dióxido de carbono (CO_2)**

🧠 Como son apolares, **no tienen problemas en atravesar la parte hidrofóbica** del centro de la bicapa.

2. Difusión facilitada





• Las sustancias **polares o con carga (como el agua o los iones) no pueden pasar por sí solas** por la bicapa.

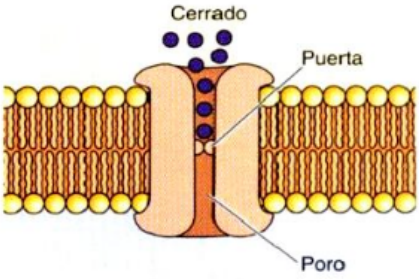
• Para ellas existen **proteínas transportadoras** (proteínas integrales) que les ayudan.

• Estas proteínas se **pliegan creando un canal interno hidrofílico (polar)** por el que pueden pasar las moléculas.

🧬 **Tipos de transportadores en la difusión facilitada**

Los transportadores pueden ser de dos tipos:

🔷 **Canales**



• Son **poros abiertos** que permiten el paso en ambos sentidos.

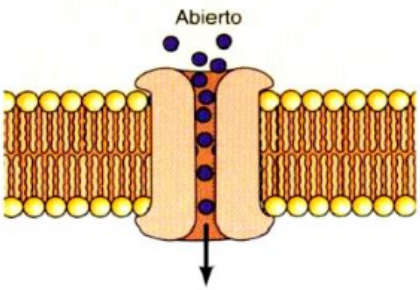
• Solo permiten el paso **a favor de gradiente** (de más a menos concentración).

• Algunos **pueden abrirse o cerrarse** según estímulos (como compuertas).

• Ejemplos:

• **Acuaporinas**: canales específicos para el agua.

• Canales de **iones** como sodio (Na^+), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}), cloro (Cl^-).



🔷 **Portadores**

• Funcionan como una **puerta giratoria**: se abren por un lado y capturan la molécula, cambian de forma y la sueltan al otro lado.

• También trabajan **a favor del gradiente**.

Este tipo de transporte se llama **pasivo** porque **no gasta energía (ATP)**. La energía viene del propio desequilibrio de concentraciones.

💧 ÓSMOSIS: EL PASO DEL AGUA A TRAVÉS DE LA MEMBRANA

🔍 ¿Qué es la ósmosis?

- Es el **movimiento de moléculas de agua** a través de una membrana semipermeable.
- Ocurre desde donde hay **más agua "libre"** hacia donde hay **menos agua "libre"**.
- Se realiza **a través de canales especiales** llamados **acuaporinas** (que son proteínas).

🧠 ¿Qué significa "agua libre"?

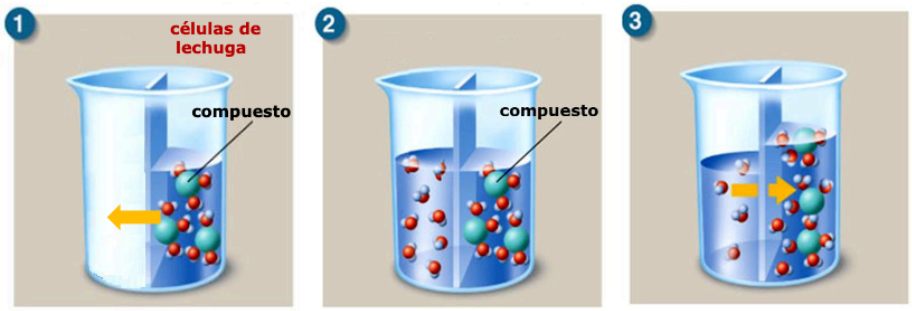
Cuando se disuelve una sustancia en agua (como sal o azúcar), parte de las moléculas de agua quedan **"ocupadas"** rodeando a las moléculas disueltas. Las demás son **agua libre**, que puede moverse.

- Si un compartimento tiene más soluto (más sal o azúcar), **tiene menos agua libre**.
- El agua se mueve **hacia ese lado** para intentar equilibrar la cantidad de agua libre.

📌 El agua siempre **va hacia donde hay más soluto** (más concentración de sales, por ejemplo), porque es donde hay menos agua libre.

🥬 Ejemplo con células de lechuga

- Si pones células de lechuga en agua:
- El interior de las células tiene solutos (azúcares, sales).
- El agua entra por ósmosis, y la célula **se hincha**.



Este principio es importante para el equilibrio celular. Si una célula pierde o gana demasiada agua, puede morir.



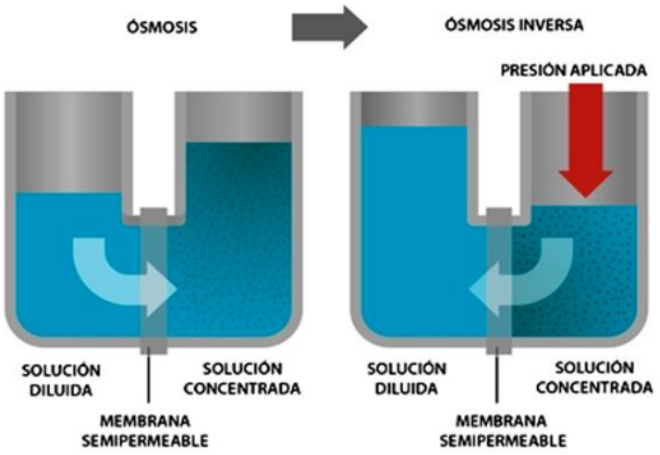
🤲 ¿Por qué se arrugan los dedos en el agua?

Una curiosidad explicada con ósmosis:

- Nuestra piel tiene **más solutos** que el agua de la bañera.
- El agua entra por ósmosis, especialmente en manos y pies (donde la piel es más gruesa).
- La **epidermis se hincha** más que la dermis y se forman pliegues: por eso se nos **arrugan los dedos**.

🚰 Ósmosis inversa

- Es un proceso **forzado**, utilizado en **desaladoras** para obtener agua dulce.
- Se **aplica presión** al agua con sal para que pase por una membrana **en contra del gradiente**, es decir, desde donde hay menos agua libre hacia donde hay más.
- Así se separa el agua de la sal y otros contaminantes.



DIFUSIÓN FACILITADA CON PORTADORES

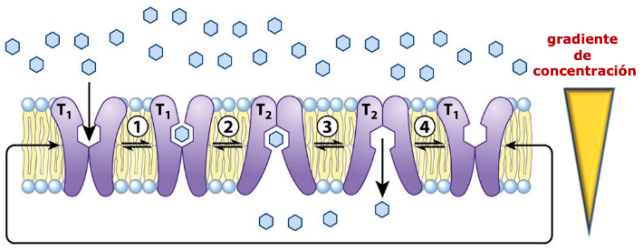
Atrás ya estaba introducido este tema, pero ahora se explica con más detalle.

¿Cómo funciona?

• Se usa para transportar moléculas **polares o con carga** (como la glucosa o aminoácidos).

• La **proteína portadora** se une a la molécula y **cambia de forma** (como una puerta giratoria).

• Así mueve la molécula de un lado a otro de la membrana.

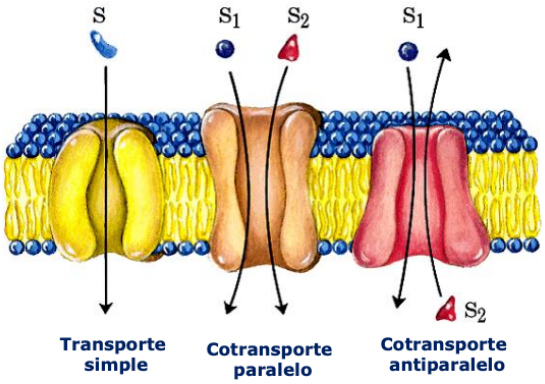


Este transporte sigue siendo **pasivo**: va **a favor del gradiente de concentración** y **no requiere energía**.

Modos de acción de los portadores

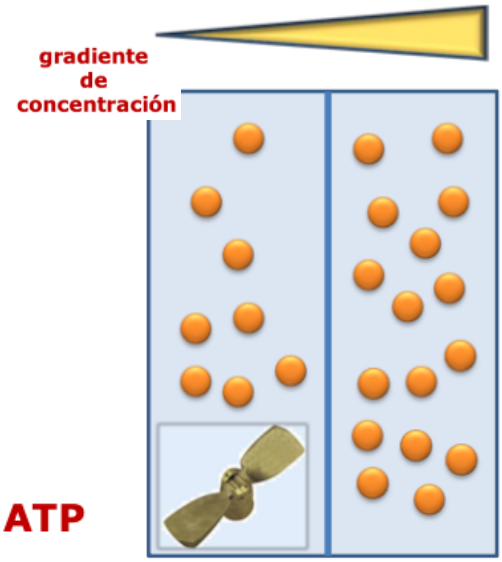
Los portadores pueden funcionar de varias formas:

1. **Transporte simple**: mueven solo una molécula.
2. **Cotransporte paralelo (simporte)**: mueven dos moléculas distintas en la misma dirección.
3. **Cotransporte antiparalelo (antiporte)**: mueven dos moléculas en direcciones opuestas.



Transporte activo

Aquí sí entramos en el transporte que **va en contra del gradiente de concentración** (de menos a más concentración), y **requiere energía**.



El transporte no es espontáneo, la molécula se mueve a través de la membrana hasta quedar toda a un solo lado.

♣ **Al ir en contra del gradiente de concentración, es necesario aportar energía química en forma de ATP para mover la "bomba".**

Características:

• Las proteínas implicadas se llaman comúnmente **bombas**.

• Utilizan **ATP (energía química)** para mover sustancias.

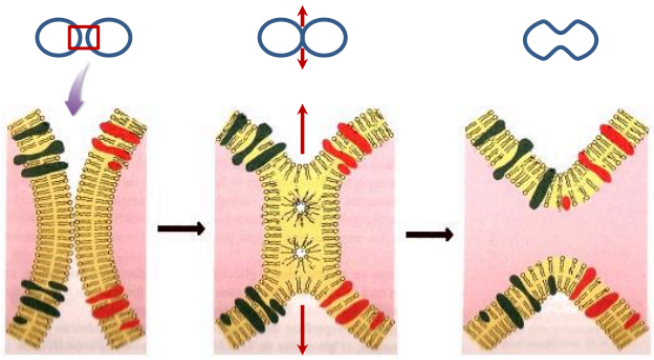
• Ejemplo típico: la **bomba sodio-potasio (Na^+/K^+)**, que expulsa sodio fuera de la célula y mete potasio, ambos en contra de sus gradientes.

Resultado: la célula puede mantener diferencias químicas entre el interior y el exterior, crucial para funciones como la conducción nerviosa.

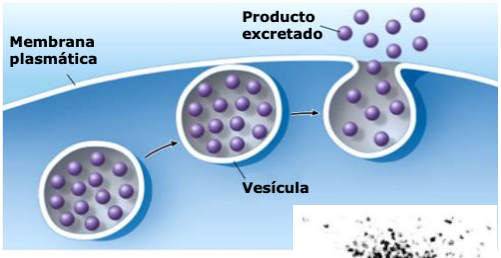
🧲 Fusión de membranas: para sustancias grandes

Cuando las moléculas son demasiado grandes para atravesar la membrana (ni por difusión ni por proteínas), se usan procesos de **fusión de membranas**: la célula **forma vesículas** para **meter o sacar** el material. A partir de ese momento constituyen una sola membrana.

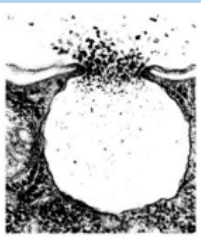
Esto permite el **transporte de sustancias muy grandes**, que no pueden pasar entre los lípidos de la bicapa ni a través de una proteína.



📤 Exocitosis (expulsión)

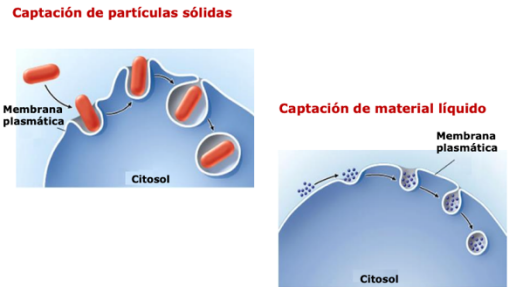


• Una **vesícula intracelular** con el material se **acerca a la membrana**.
• Ambas membranas se **fusionan**.
• El contenido se libera al **exterior**.



🔁 Se usa para:
• Secretar **hormonas** o **enzimas digestivas**.
• Eliminar **desechos celulares**.

📥 Endocitosis (entrada)

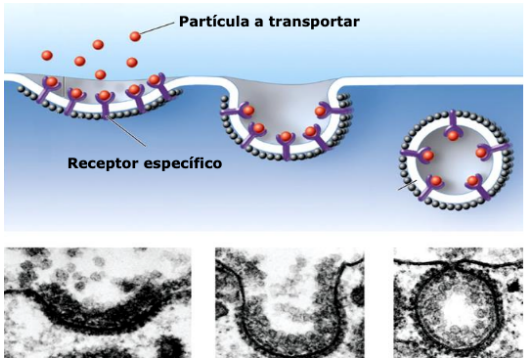


• La **membrana se invagina** (se hunde hacia dentro) formando una **vesícula** que atrapa el material.

Hay dos tipos principales:
1. **Fagocitosis**: para **partículas sólidas** (como bacterias).
2. **Pinocitosis**: para **líquidos o disoluciones**.

🎯 Endocitosis mediada por receptor

• Es un tipo más especializado:
• La membrana tiene **receptores específicos** que **reconocen moléculas concretas**.
• Cuando la sustancia se une al receptor, **se forma la vesícula** y se introduce en la célula.
• Ejemplo: el **colesterol** entra en las células mediante este mecanismo.



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.

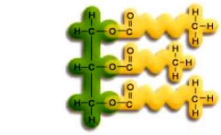
5. DATOS INTERESANTES

- 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.

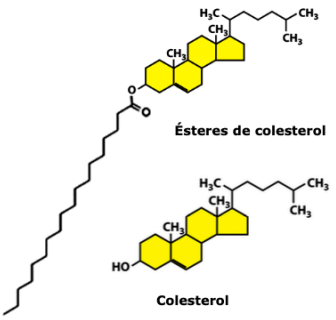
🔷 Introducción: ¿Qué tipos de lípidos ingerimos?

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?

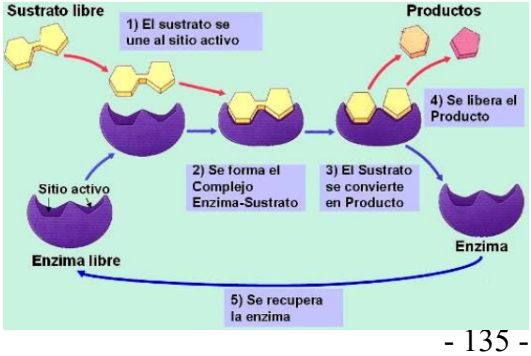
• **Triglicéridos:** Son las grasas más comunes en los alimentos. Están formados por una molécula de glicerol unida a tres ácidos grasos.

• **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.

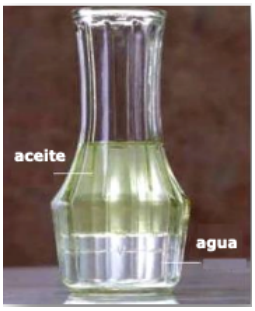
🔷 Enzimas: ¿Cómo se digieren los lípidos?

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).

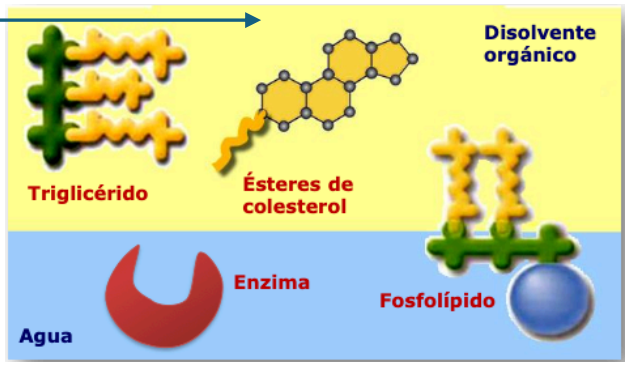
• Las **enzimas digestivas sí son solubles en agua**, es decir, trabajan en ambientes acuosos.

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:

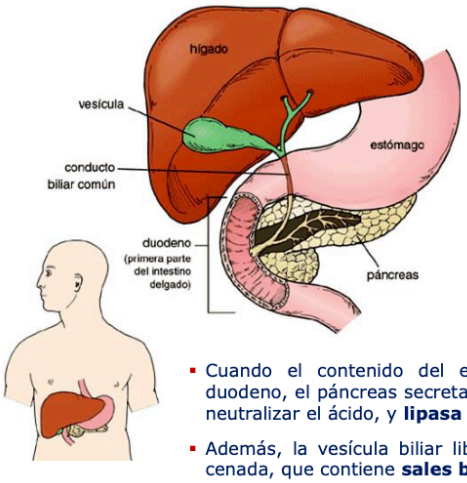
• Rodean las gotas de grasa

• 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.

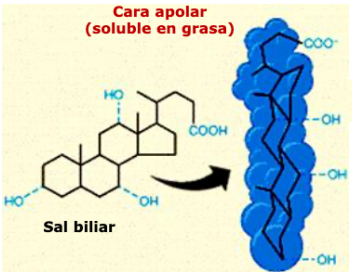


- Cuando el contenido del estómago pasa al duodeno, el páncreas secreta bicarbonato, para neutralizar el ácido, y **lipasa pancreática.**
- Además, la vesícula biliar libera la bilis almacenada, que contiene **sales biliares**.

🔷 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**.

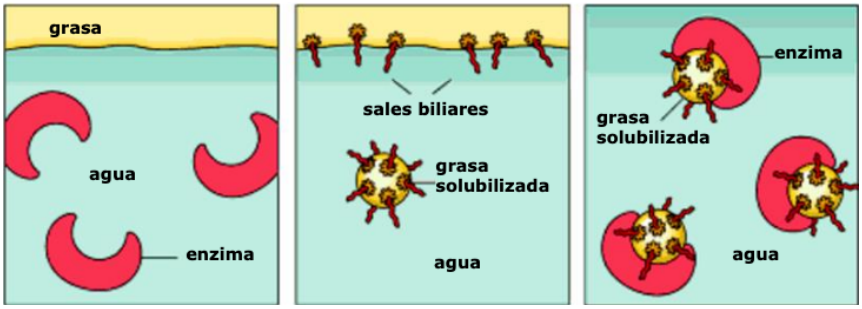
• Estas moléculas tienen una estructura especial: una parte que se lleva bien con el agua (cara polar) y otra con la grasa (cara apolar).



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.

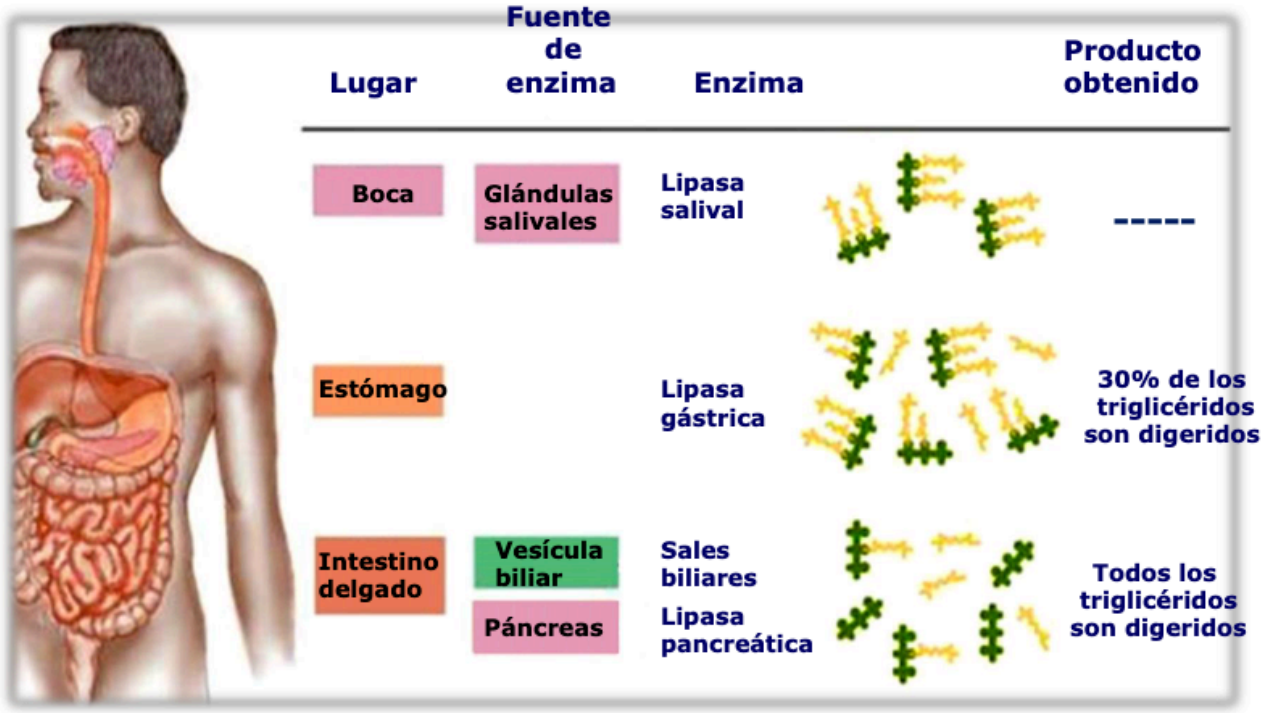
2. **Al llegar al intestino delgado:**

• 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

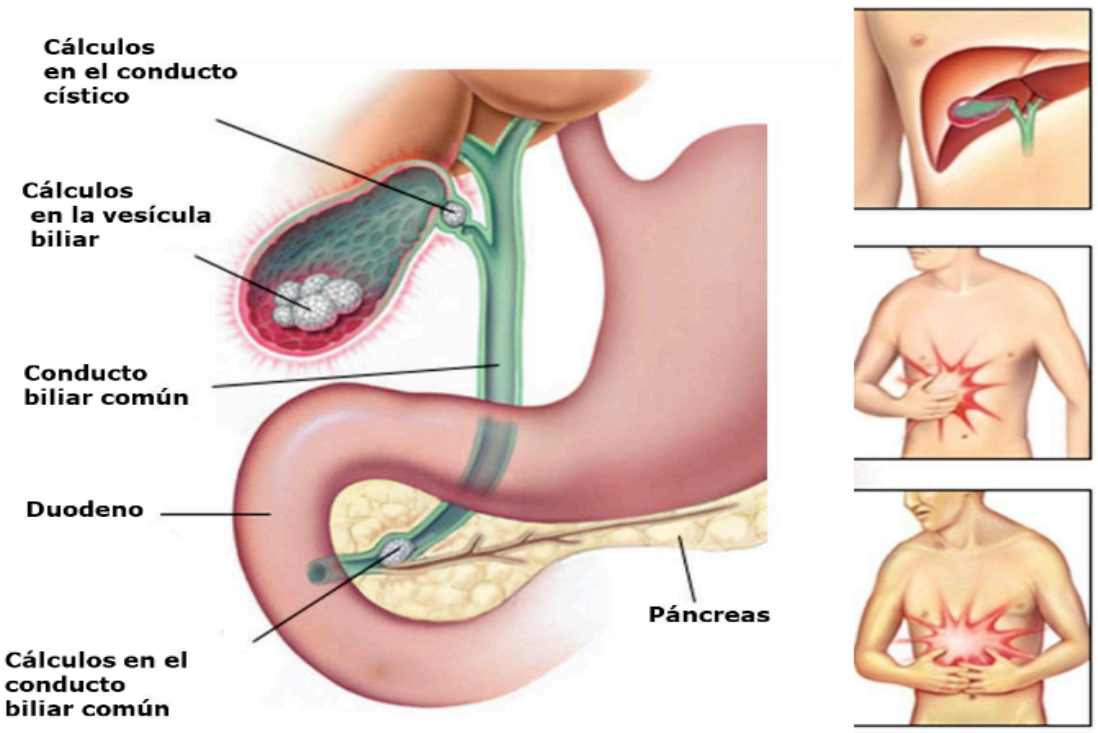
La digestión de lípidos se realiza en **varios pasos progresivos**:
• **Boca y estómago:** comienza tímidamente.
• **Intestino delgado:** se completa gracias a la acción combinada de sales biliares y enzimas pancreáticas.
Este paso final es el **crítico** para que podamos **absorber las grasas** de la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

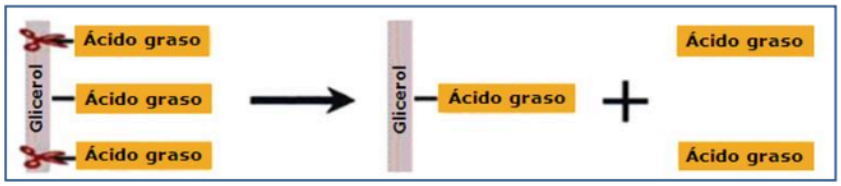
🔹 ¿CÓMO SE DIGIEREN LOS DIFERENTES TIPOS DE LÍPIDOS?

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

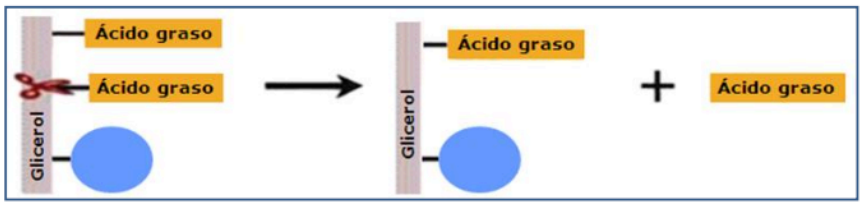
⇒ LIPASA: DIGESTIÓN DE LOS TRIGLICÉRIDOS

- 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)

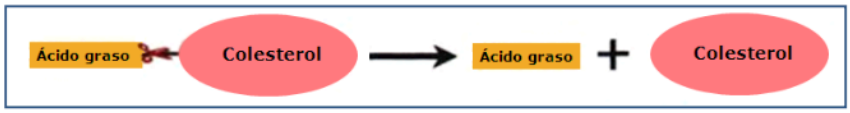
Esta es la forma principal en la que los lípidos se digieren y se preparan para su absorción.



- **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?

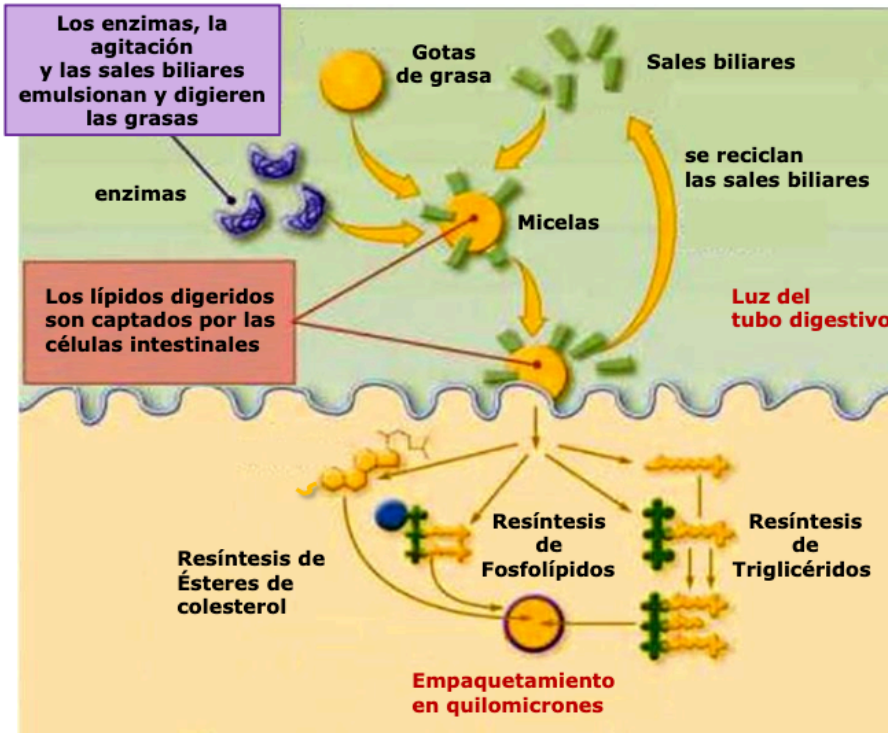
Una vez que los lípidos están digeridos, deben **cruzar la pared intestinal** para poder entrar al organismo. Este proceso es muy sofisticado:

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.

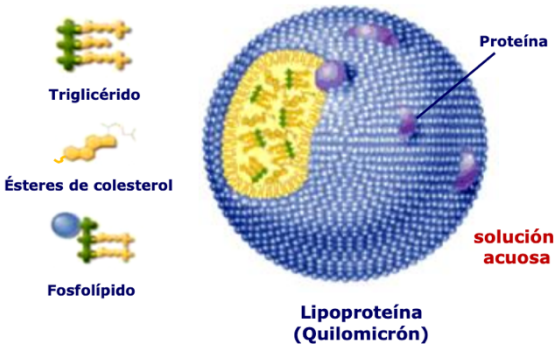
• Los **quilomicrones** son liberados a la **linfa** (y no directamente a la sangre), y desde ahí se distribuyen por todo el cuerpo.

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

---

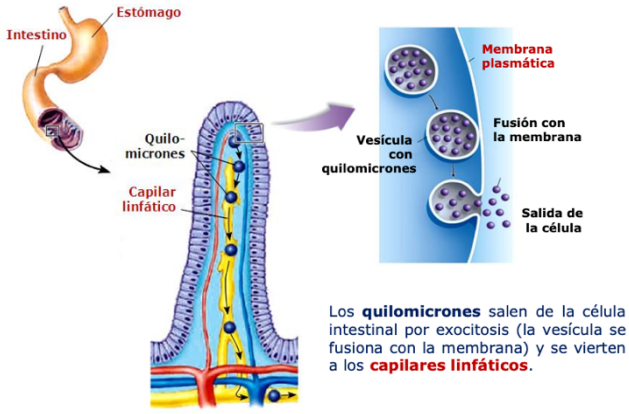
Vamos ahora a completar el recorrido de los lípidos desde su absorción intestinal hasta su transporte y destino final en el cuerpo. Son los últimos pasos del proceso de **digestión, absorción y metabolismo de lípidos**.



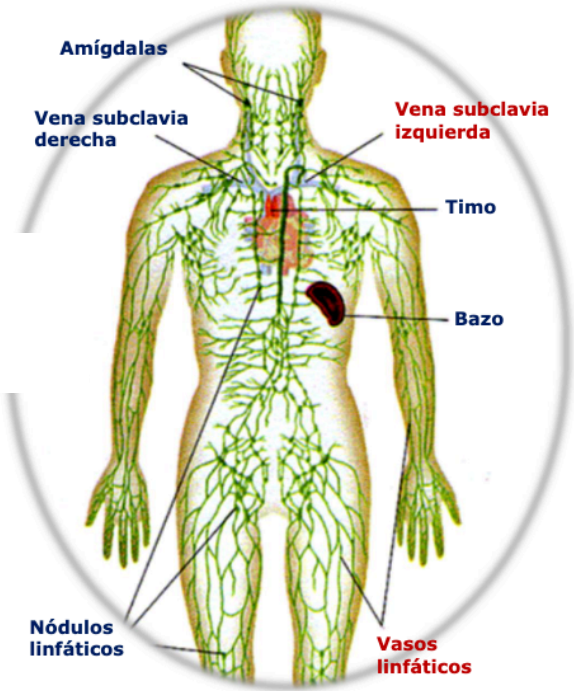
🔹 1. Formación y salida de quilomicrones

• 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



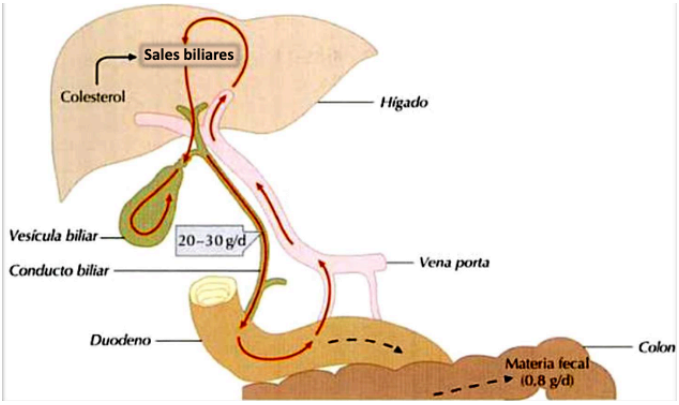


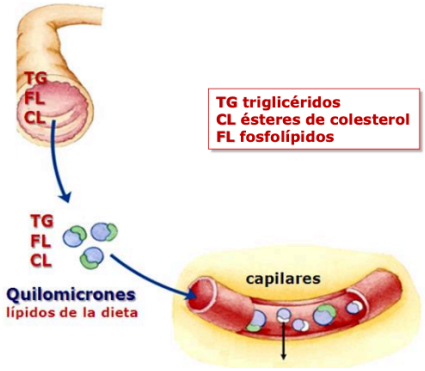
3. Reciclaje de las sales biliares

• 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)

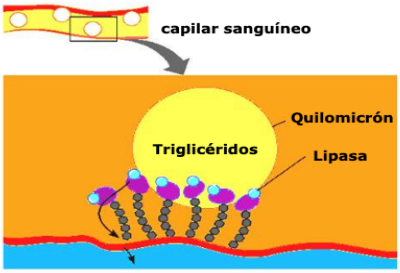
• Los **triglicéridos son utilizados como energía** por los tejidos o almacenados.

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.

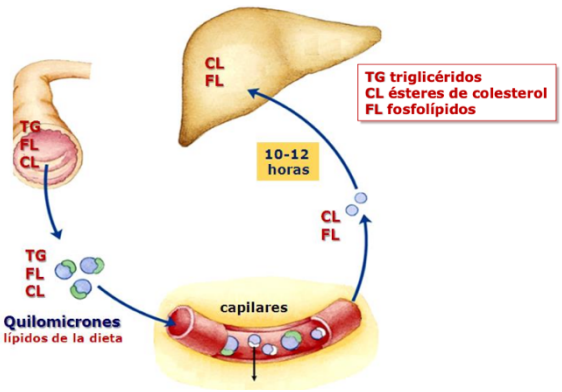
• Allí, los ácidos grasos y el glicerol se vuelven a unir para formar **triglicéridos de reserva**.

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.

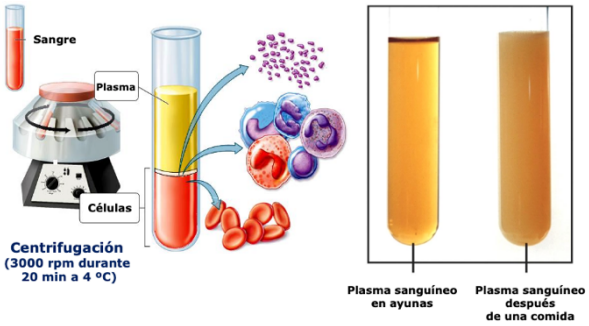
• Los tejidos captan lo que necesitan.

• 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?

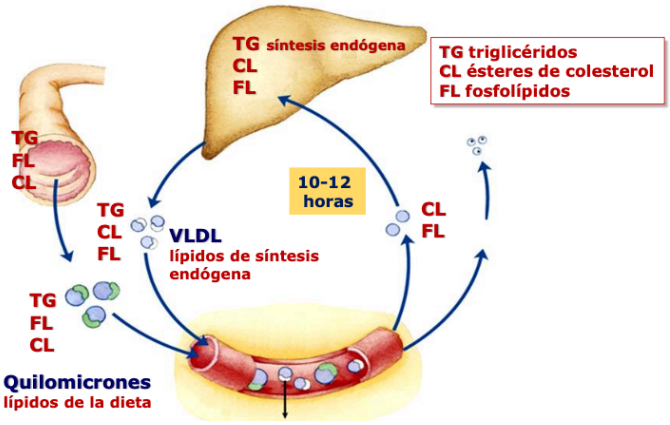
• Se **empaquetan en unas lipoproteínas llamadas VLDL** (Very Low Density Lipoproteins).
• Estas VLDL entran en la circulación y llevan los lípidos **desde el hígado hacia los tejidos**.

🔹 ¿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**.

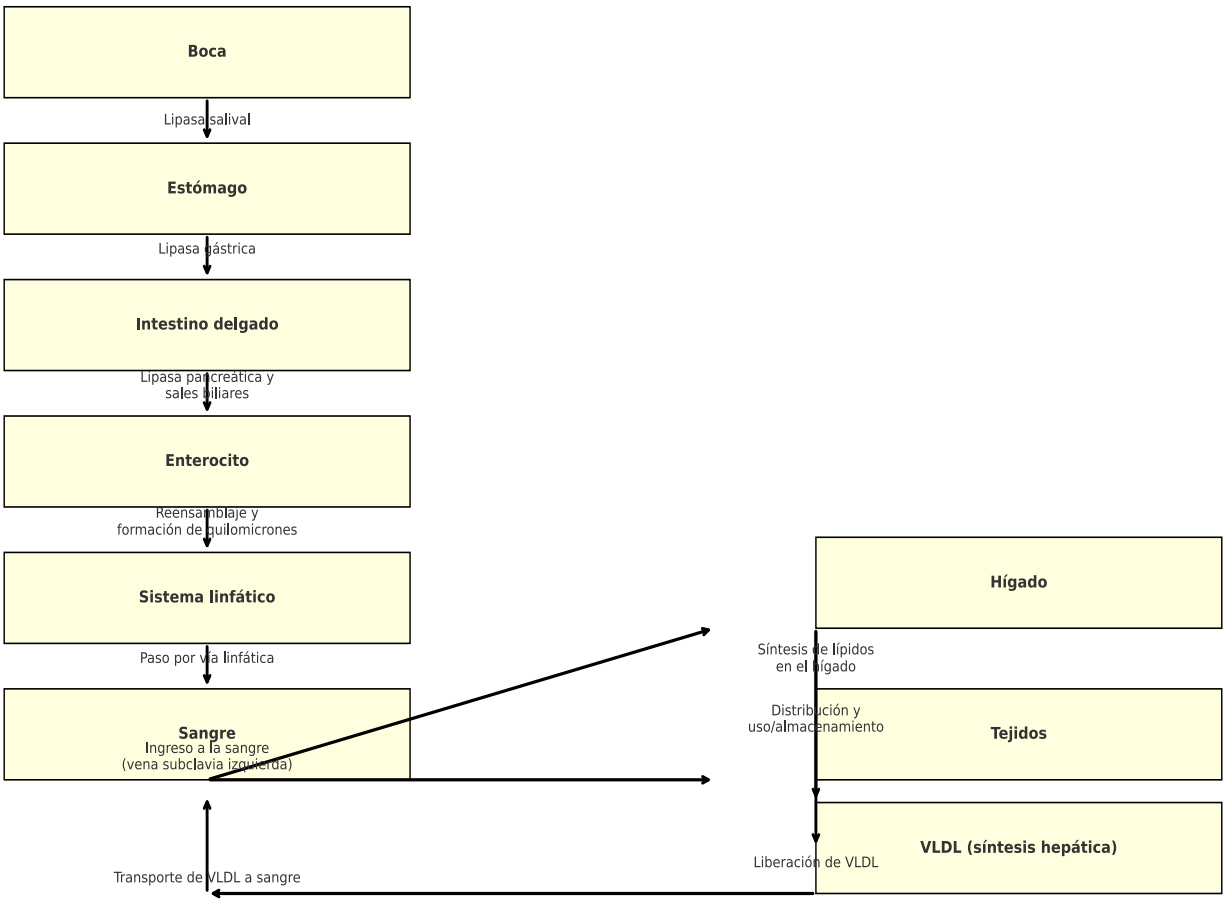


ESQUEMA RESUMEN:

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:

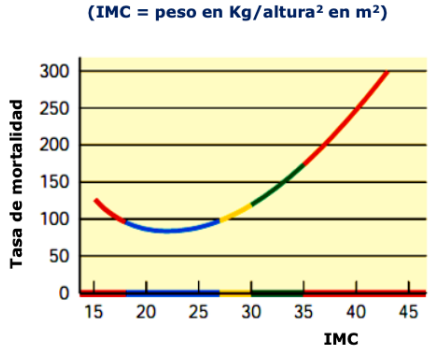
• Una persona pesa **80 kg** y tiene un **25% de grasa corporal**.
• Entonces:

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

▶ ¿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**:

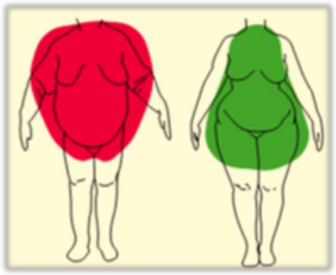
Índice cintura/cadera (ICC)

• 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.

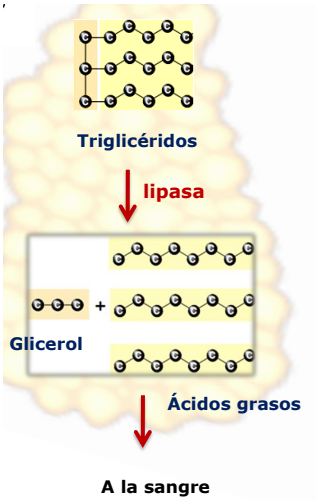
• **Resonancia magnética** o **tomografía computarizada**: muy precisas, pero caras y poco usadas solo para grasa.

🔹 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.

TEMA 13: METABOLISMO DEL COLESTEROL

🟡 FUNCIONES DEL COLESTEROL

El colesterol es una molécula **imprescindible para todas las células del organismo**, y aunque a menudo se le asocia con algo negativo por su relación con enfermedades cardiovasculares, cumple **funciones biológicas esenciales**. Estas son esas funciones:

1. Componente de las membranas celulares
• El colesterol forma parte **estructural de la membrana** que rodea todas las células.
• Su función aquí es **regular la fluidez y estabilidad** de esa membrana.
• Sin colesterol, las membranas serían excesivamente rígidas o demasiado fluidas, dependiendo de la temperatura.

2. Precursor de las hormonas sexuales
• A partir del colesterol se fabrican hormonas como:
  • **Testosterona** (masculina)
  • **Estrógenos** (femeninas)
  • **Progesterona**
• Estas hormonas se producen en los testículos y ovarios, y regulan funciones reproductivas y sexuales.

3. Precursor de las hormonas suprarrenales
• En las **glándulas suprarrenales** (encima de los riñones) se producen hormonas como:
• **Cortisol** (que regula el estrés y la inflamación)
• **Aldosterona** (controla la presión arterial y el equilibrio de sal y agua)
• Todas ellas derivan del colesterol.

4. Precursor de la vitamina D
• El colesterol se convierte, mediante una reacción que requiere **luz solar (UV)**, en **vitamina D** en la piel. Esta vitamina D es esencial para la absorción del calcio y el buen estado de huesos y dientes.

5. Precursor de las sales biliares
• Las sales biliares se producen en el hígado a partir del colesterol.
• Estas sales se almacenan en la vesícula biliar y son **cruciales para la digestión de las grasas** en el intestino.

En resumen, el colesterol no es simplemente una sustancia que debemos evitar: es fundamental para la vida y el correcto funcionamiento del organismo.

🟡 ORIGEN DEL COLESTEROL

🧱 Colesterol total (1,4 g/kg)

Esta es la **cantidad total de colesterol que contiene el cuerpo humano por cada kilo de peso corporal**. Es una cifra estimada promedio. Por ejemplo, en una persona de 70 kg, habría unos **98 gramos de colesterol total** distribuidos por todo el cuerpo.

El colesterol presente en nuestro cuerpo proviene de **dos fuentes principales**:

1. Colesterol exógeno (dieta)

• Es el colesterol que ingerimos a través de los alimentos.
• Principalmente se encuentra en productos de origen animal: **yema de huevo, carnes, embutidos, mariscos, lácteos enteros**. Pedro no todo el colesterol ingerido se absorbe: parte se pierde en las heces.
• Representa alrededor de un **30% del colesterol total** del cuerpo.

2. Colesterol endógeno (síntesis propia)
• El cuerpo **fabrica colesterol por sí mismo**, sobre todo en el **hígado**, pero también en el intestino, glándulas suprarrenales y otros tejidos.
• Representa el **70% restante**. Esta vía es **la principal fuente** de colesterol en el organismo.
• Esta síntesis es **muy regulada** por el cuerpo, porque no puede eliminarse el exceso de colesterol con facilidad.

🔵 **SALIDAS de colesterol**
1. Excreción en forma inalterada
• El colesterol puede salir del cuerpo **sin haberse transformado**, por:
  • **Descamación de la piel** (al caerse las células muertas)
  • **Descamación del intestino** (las células que se renuevan en el tracto digestivo)
  • **Colesterol de la dieta no absorbido**

2. Eliminación tras formar productos derivados
• Parte del colesterol se usa como **materia prima** para fabricar otras sustancias, que luego se eliminan:
  • **Hormonas esteroides**
  • **Sales biliares** (estas pasan al intestino y una parte se reabsorbe, otra se elimina por las heces)

🔻 **Pérdida diaria estimada: 1 g (en adultos)**
• Es la **cantidad de colesterol que el cuerpo pierde cada día**, por todas las vías anteriores.
• Como esta pérdida es limitada, el cuerpo necesita controlar con precisión la **síntesis y absorción** del colesterol.

⚪ **Uso en el crecimiento**
• Cuando el cuerpo crece o forma nuevas células, se necesita colesterol para:
  • **Construir membranas celulares**
  • Sustentar la división celular y la regeneración de tejidos.

🔁 **Conclusión general:**
El colesterol está en **constante equilibrio dinámico**:
  • **Entra** por dieta y síntesis propia.
  • **Sale** por excreción directa, conversión en otros productos y uso celular.
  • El cuerpo humano **regula estrechamente** este equilibrio, ya que **no tiene mecanismos muy eficaces para eliminar grandes cantidades de colesterol**.

🟡 **¿Qué forma tiene el colesterol en los alimentos?**

La mayor parte del colesterol que ingerimos **no está libre**, sino que viene en forma de **ésteres de colesterol**.

🔹 **¿Qué es un éster de colesterol?**
• Es una **molécula de colesterol unida a un ácido graso** mediante un enlace éster.

• Esta forma es **más hidrofóbica** (menos soluble) que el colesterol libre, y **no se puede absorber directamente**.

🟡 Cantidad que recibe el intestino

• **Cada día**, el tracto gastrointestinal recibe entre **0,3 y 0,7 gramos de ésteres de colesterol**.
• Esta cantidad proviene de:
• Los alimentos (productos animales)
• La bilis (que también contiene colesterol)

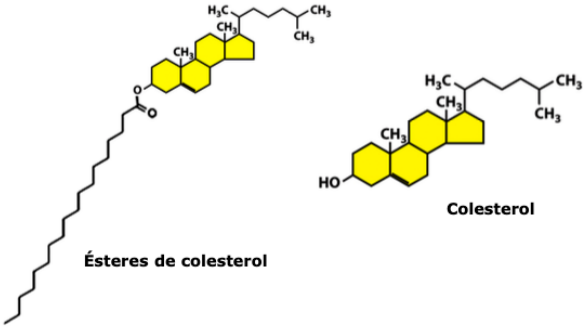
🟡 Digestión de los ésteres de colesterol

🔷 ¿Dónde ocurre?

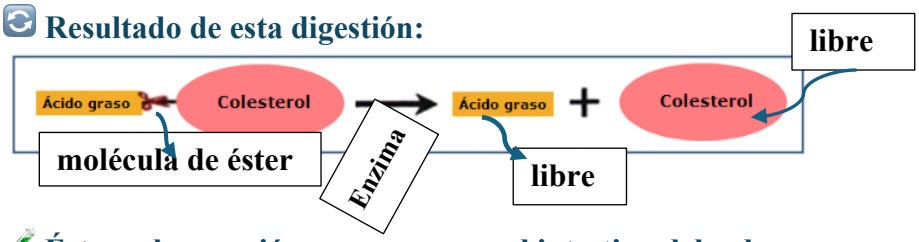
• En el **intestino delgado**, especialmente en el **duodeno**.

🔷 ¿Con qué enzima?

• Con la **colesterol estearasa**.
• Esta enzima rompe el enlace éster, separando el colesterol del ácido graso.



🔄 Resultado de esta digestión:



🧪 Ésta en la reacción que ocurre en el intestino delgado:

• La **molécula de éster de colesterol** (a la izquierda) está formada por **Colesterol** (en rosa) y un **ácido graso** (en naranja).
• Mediante una **reacción de hidrólisis**, ese enlace se rompe gracias a una **enzima** llamada **colesterol estearasa**).
• Como resultado de este proceso, se obtienen:
• **Colesterol libre** (que es el que puede ser absorbido por la célula intestinal)
• **Ácido graso libre**

🟡 ¿Por qué es importante esta reacción?

• Los **ésteres de colesterol no pueden absorberse directamente** en el intestino.
• Solo cuando están **en forma libre**, ese colesterol y el ácido graso pueden ser absorbidos y **transportados hacia el interior del enterocito** (la célula intestinal).
• Una vez dentro del **enterocito**, el colesterol puede seguir diferentes caminos:
• Ser **reesterificado** y empaquetado en **quilomicrones**
• Ser usado por la célula
• O pasar a la circulación

🧠 En resumen:

• El colesterol de la dieta viene "enmascarado" como **ésteres**.
• Debe ser **hidrolizado (roto)** por la colesterol **estearasa**.
• Solo entonces puede **absorberse en el intestino**.

⇒ TRANSPORTE DEL COLESTEROL

Ya hemos visto que al ser el colesterol una molécula **hidrofóbica** (no se disuelve en agua), no puede circular sola por la sangre. Por eso se transporta **unido a lipoproteínas**, que son como "vehículos" especializados. Hay varios tipos de estos "vehículos":

🔹 Quilomicrones

• Se forman en el intestino tras una comida rica en grasas.
• Transportan colesterol **exógeno** y triglicéridos desde el intestino al hígado y otros tejidos.

🔹 VLDL (Very Low Density Lipoproteins)

• Se forman en el hígado.
• Llevan triglicéridos y colesterol endógeno a los tejidos periféricos.

🔹 LDL (Low Density Lipoproteins) → "colesterol malo"

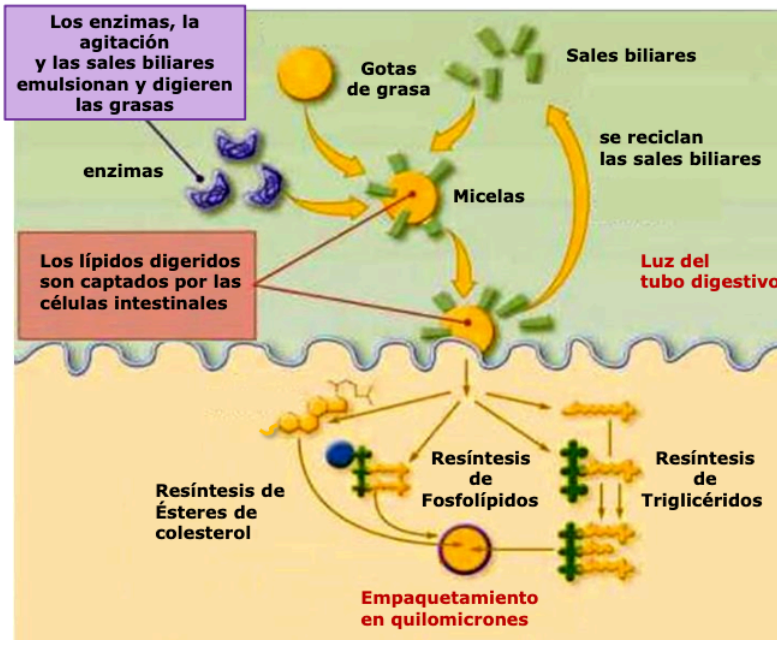
• Provienen de las VLDL, tras perder triglicéridos.
• Llevan **colesterol desde el hígado a los tejidos**.
• Si hay exceso, pueden acumularse en las arterias → **aterosclerosis**.

🔹 HDL (High Density Lipoproteins) → "colesterol bueno"

• Se forman en el hígado y el intestino.
• Recogen el **colesterol sobrante de los tejidos y lo devuelven al hígado**, donde será eliminado.
• Tienen un papel protector frente a enfermedades cardiovasculares.

⇒ ABSORCIÓN Y PROCESAMIENTO INTESTINAL DE LOS LÍPIDOS

1. Digestión y emulsión de las grasas (parte superior del esquema)



🔹 Gotas de grasa

• Alimentos grasos forman **gotas grandes de lípidos** (incluyen triglicéridos, colesterol, etc.).

🔹 Intervención de las sales biliares y enzimas

• Las **sales biliares** (fabricadas a partir del colesterol en el hígado) y la **agitación intestinal** ayudan a **emulsionar** las grasas (es decir, romperlas en partículas más pequeñas).
• Las **enzimas digestivas** (como lipasas y colesterol estearasa) actúan sobre estas gotas ya emulsionadas.

🔹 Formación de micelas

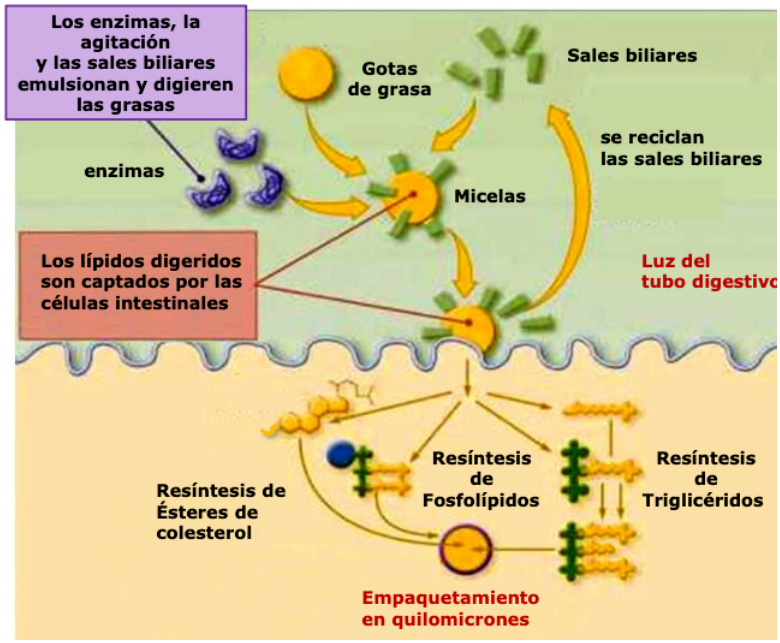
• Los productos de la digestión (ácidos grasos, colesterol libre, monoglicéridos) **se agrupan con sales biliares** formando **micelas**.
• Las micelas son estructuras **solubles en agua** que permiten que los lípidos se acerquen a la superficie de las células intestinales para ser absorbidos.

2. Absorción en los enterocitos (células intestinales)

• Los lípidos (incluido el colesterol) **se liberan de las micelas y entran en las células** del epitelio intestinal.

• Las **sales biliares no entran**, sino que se **reciclan**: regresan al hígado por la circulación enterohepática.

3. Reprocesamiento intracelular (parte inferior del esquema)



Una vez dentro de la célula intestinal, los lípidos **se vuelven a unir** (resíntesis):

Resíntesis de ésteres de colesterol

• El colesterol libre que entró se une otra vez a un ácido graso.

• Así se forman **ésteres de colesterol**, más adecuados para el transporte.

Resíntesis de triglicéridos y fosfolípidos

• Los ácidos grasos y monoglicéridos se recombinan para formar nuevamente **triglicéridos**.

• También se sintetizan **fosfolípidos**.

4. Empaquetamiento en quilomicrones

• Todos estos lípidos (ésteres de colesterol, triglicéridos, fosfolípidos) **se empaquetan en unas partículas grandes llamadas quilomicrones**.

• Los quilomicrones **salen de la célula por exocitosis** y entran en la linfa → luego a la sangre.

• Su función: **transportar los lípidos exógenos (de la dieta) hacia el hígado y otros tejidos**.

EN RESUMEN:

Etapa	Qué ocurre
Emulsión	Las grasas se hacen accesibles a las enzimas
Digestión	Las enzimas rompen triglicéridos y ésteres de colesterol
Absorción	Los lípidos entran en las células intestinales
Resíntesis	Se vuelven a formar triglicéridos, ésteres y fosfolípidos
Empaquetamiento	Se forman quilomicrones para el transporte por la sangre

---

⇒ **¿QUÉ ES UN QUILOMICRÓN?**

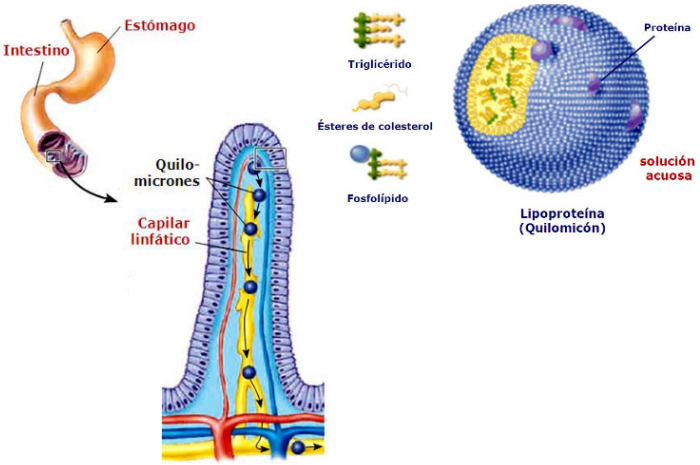
Es una **lipoproteína gigante**, compuesta por:

- **Triglicéridos** (la mayor parte de su contenido)
- **Ésteres de colesterol**
- **Fosfolípidos**
- **Proteínas** (llamadas apolipoproteínas)

• Todo esto empaquetado para poder **circular en el medio acuoso del cuerpo (la sangre y la linfa)**

¿Dónde se forman?

• Dentro de las **células intestinales** (enterocitos), tras la digestión y absorción de los lípidos de la dieta.



¿Cómo salen al cuerpo?

1. **No pasan directamente a la sangre**.

2. Los quilomicrones salen de las células y **entran primero en los capilares linfáticos**, que son pequeños vasos del sistema linfático localizados en las vellosidades intestinales (lo muestra claramente el dibujo del intestino).

3. Desde ahí, **viajan por el sistema linfático, hasta que...**

Llegan finalmente a la sangre

• Los quilomicrones **se mueven por la linfa** hasta unirse a la circulación sanguínea a través de la **vena subclavia izquierda** (una gran vena que desemboca en el corazón).

• A partir de ese momento, **viajan por la sangre y entregan sus lípidos** (principalmente triglicéridos y colesterol) a los tejidos del cuerpo.

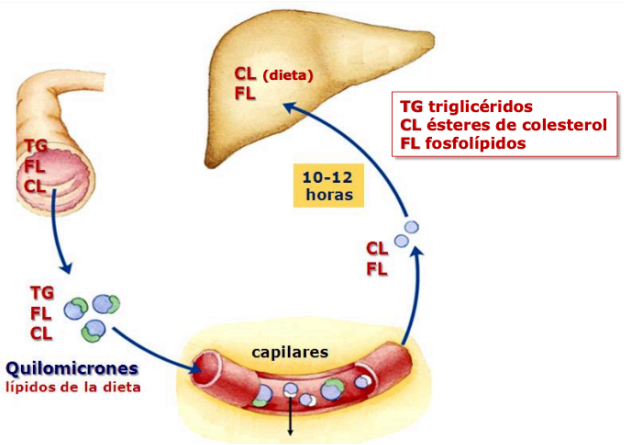
EN RESUMEN

ETAPA	QUÉ OCURRE
Formación	En los enterocitos del intestino
Salida celular	Se liberan hacia los capilares linfáticos
Ruta	Viajan por el sistema linfático
Entrada a la sangre	A través de la vena subclavia izquierda

Ahora vamos a profundizar en la **síntesis endógena del colesterol**, su transporte en forma de lipoproteínas y la **captación por los tejidos**.

1. Transporte de lípidos (quilomicrones)

En esta imagen vemos representado el **recorrido de los lípidos de la dieta** (colesterol, triglicéridos, fosfolípidos):



• En el intestino se **forman quilomicrones** con esos lípidos.

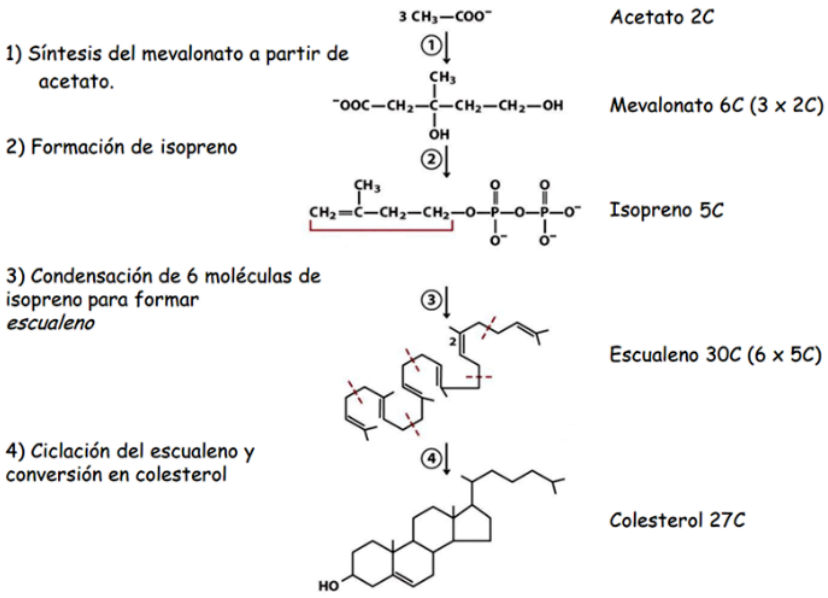
• Estos quilomicrones entran en los capilares linfáticos y después a la sangre.

• A medida que circulan, **van perdiendo los triglicéridos** que los tejidos (como el músculo) captan para **obtener su energía**.

• Lo que queda (colesterol y fosfolípidos principalmente) **regresa al hígado** unas **10-12 horas después**.

🟡 2. Síntesis de colesterol endógeno

Aquí se resume el proceso de **cómo el hígado fabrica su propio colesterol**, a partir del **acetato**. Es un proceso complejo que requiere **30 reacciones enzimáticas**. Las fases clave son:



1) Síntesis de mevalonato:

• Se parte del **acetato (2 carbonos)** y se forma **mevalonato (6 carbonos)**.

2) Formación de isopreno:

• El mevalonato se convierte en **isopreno (unidad de 5 carbonos)**.

3) Condensación de isoprenos:

• **Seis unidades de isopreno** se unen para formar **escualeno** (30 carbonos).

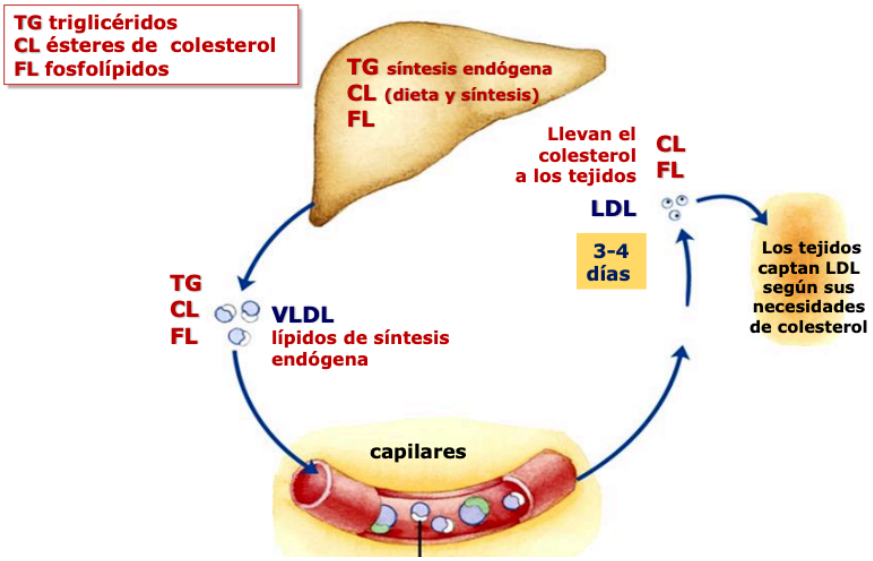
4) Ciclación:

• El escualeno se cierra formando los **anillos del colesterol**, que tiene **27 carbonos**.

🧠 Esto ocurre **principalmente en el hígado** y es una fuente fundamental de colesterol, incluso en personas que no consumen nada de colesterol en la dieta.

🟡 3. Transporte de lípidos endógenos

Una vez sintetizado en el hígado, el colesterol debe ser **transportado a los tejidos**. Para ello, se forman:



🔷 VLDL (Very Low Density Lipoproteins)

• Transportan: **TG, CL (colesterol), FL (fosfolípidos)**

• A medida que entregan triglicéridos, se transforman en:

🔷 LDL (Low Density Lipoproteins)

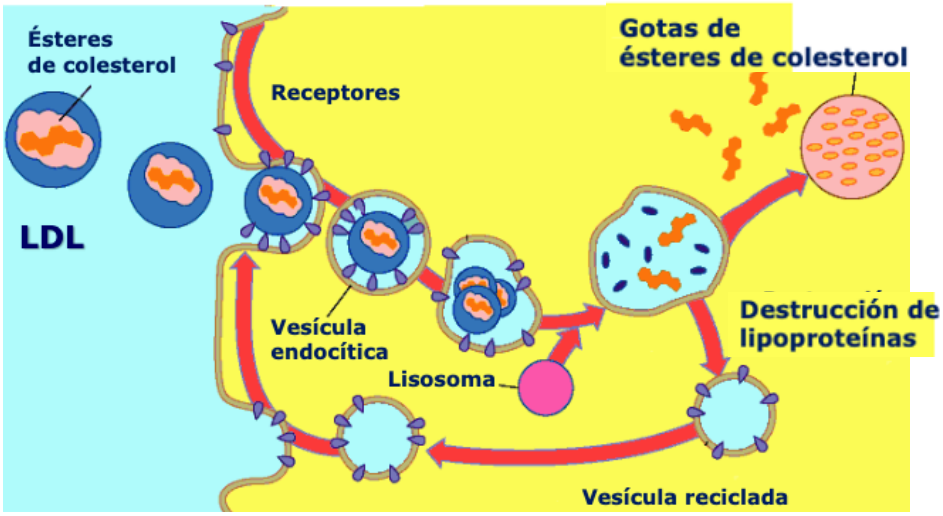
• Llevan principalmente **colesterol a los tejidos**.

• Tardan en promedio **3-4 días en ser captadas** por las células.

Este ciclo mantiene el suministro de colesterol a células que lo necesitan (para hormonas, membranas, etc.).

4. Captación del colesterol por los tejidos

Esta imagen detalla el mecanismo por el cual los **tejidos captan el colesterol contenido en las LDL**.



Etapas del proceso (endocitosis mediada por receptor):

1. **Las LDL se unen a sus receptores** en la membrana celular.
2. Se forma una **vesícula endocítica** que atrapa la LDL.
3. Esta vesícula se **fusiona con un lisosoma**, que destruye la lipoproteína.
4. Se liberan **gotas de ésteres de colesterol** dentro de la célula.
5. La célula **utiliza o almacena** ese colesterol.
6. Los **receptores se reciclan** a la membrana.

Esto permite que **cada célula regule su entrada de colesterol según su necesidad**.

RESUMEN DE TODO ESTE PROCESO:

PROCESO	QUÉ SE REALIZA
Quilomicrones	Transportan lípidos de la dieta (exógenos) a los tejidos y luego al hígado
Síntesis hepática	El hígado fabrica colesterol a partir de acetato (síntesis endógena)
VLDL y LDL	Transportan colesterol desde el hígado hacia los tejidos
Captación por tejidos	Las células captan el colesterol de las LDL mediante receptores específicos

⚙️ REGULACIÓN DEL METABOLISMO DEL COLESTEROL

🧠 **El organismo regula finamente el nivel de colesterol, gracias a dos mecanismos principales:**

🟢 1. Autorregulación celular: los tejidos solo captan lo que necesitan

• Las células **tienen receptores específicos para las LDL** (las que llevan colesterol del hígado a los tejidos).

• **Cuando la célula necesita colesterol**, **aumenta** el número de receptores de LDL en su membrana → capta más.

• **Cuando ya tiene suficiente colesterol**, **elimina o reduce** esos receptores → **ya no capta más**.

📌 Es una forma de autorregulación que evita que entre más colesterol del necesario.

🟢 2. Regulación a nivel hepático: síntesis endógena vs colesterol dietético

El hígado actúa como **centro regulador**, combinando:

• El **colesterol absorbido de los alimentos**

• Y el **colesterol que fabrica (síntesis endógena)**

HAY UN SISTEMA DE COMPENSACIÓN:

SITUACIÓN	RESPUESTA DEL HÍGADO
Si **se absorbe poco colesterol** de la dieta	El hígado **aumenta la síntesis endógena**
Si **se absorbe mucho colesterol** de la dieta	El hígado **disminuye su síntesis**

Esto permite mantener un **nivel relativamente estable** de colesterol en sangre.

🚨 Pero qué ocurre si falla esta regulación

• Si la dieta aporta mucho colesterol **y** el hígado no frena lo suficiente su producción → **exceso de colesterol en sangre**.

• Si las células no reducen adecuadamente los receptores → **también puede acumularse colesterol en los tejidos**.

• Esto contribuye a enfermedades como la **hipercolesterolemia** y la **aterosclerosis**.

CONCLUSIÓN GENERAL DEL TEMA:

PROCESO	RESUMEN
Funciones del colesterol	Esencial para membranas, hormonas, vitamina D, sales biliares
Orígenes	Dieta (~30%) y síntesis hepática (~70%)
Transporte	Mediante lipoproteínas: quilomicrones, VLDL, LDL, HDL
Absorción	Requiere digestión por enzimas y formación de micelas
Síntesis endógena	En el hígado, desde acetato en más de 30 pasos
Regulación	Control celular y hepático para mantener el equilibrio

Ahora vamos a ver un aspecto clave del metabolismo del colesterol: **sus consecuencias patológicas cuando no se regula**, especialmente en relación con el **colesterol LDL** y el riesgo cardiovascular**.**

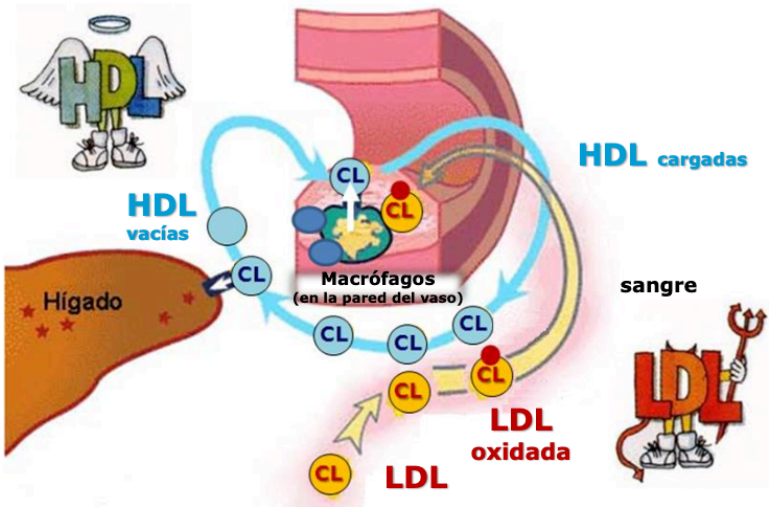
⇒ TRANSPORTE DE LÍPIDOS Y PAPEL PROTECTOR DEL HDL

🔶 **En esta imagen podemos ver:**

• El equilibrio entre **LDL (colesterol malo)** y **HDL (colesterol bueno)**.

• Las **LDL transportan colesterol desde el hígado a los tejidos**, pero si se acumulan en exceso en la sangre y se **oxidan**, pueden introducirse en la pared de los vasos sanguíneos.

• Allí, **los macrófagos las fagocitan** y se llenan de colesterol → se convierten en **células espumosas**, el primer paso en la formación de placas ateroscleróticas.



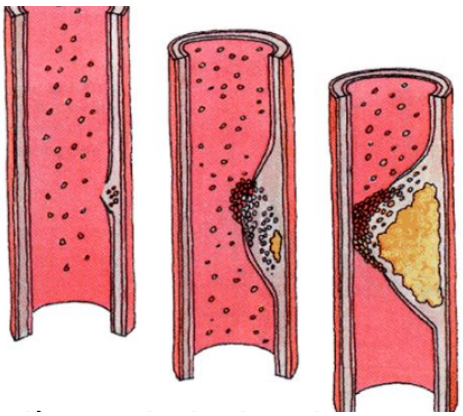
🔷 **Papel del HDL**

• Las HDL "vacías" recogen colesterol de los tejidos (incluso de los macrófagos).
• Luego, transportan ese colesterol de vuelta al hígado, donde será eliminado.
• Por eso se consideran "protectoras" y se les representa con alas en el dibujo.

⇒ FORMACIÓN DEL ATEROMA

🔶 **¿Qué es un ateroma?**

• Es una **acumulación de colesterol, células inflamatorias y otros materiales** en la pared de una arteria.

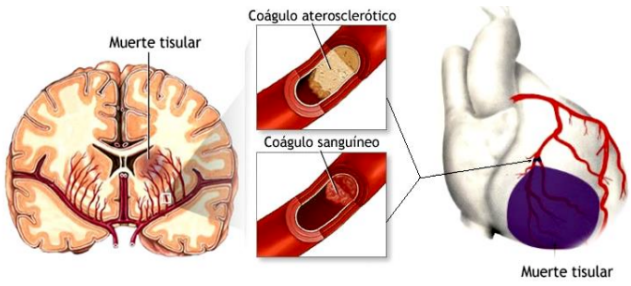


🔶 **¿Cómo se forma?**

1. El exceso de LDL **entra en la pared arterial** y se oxida.
2. Los macrófagos lo fagocitan y se acumulan formando una placa.
3. Con el tiempo, esa placa **crece y estrecha el vaso sanguíneo**, dificultando el paso de sangre.

🔻 Esta acumulación progresiva **puede cerrar de manera parcial o completa la arteria**, lo que provoca **aterosclerosis**.

⇒ EFECTOS FISIOPATOLÓGICOS DE UN ATEROMA



🔶 **¿Qué pasa si el ateroma se rompe?**

• Puede desprenderse un **fragmento de placa o formarse un coágulo** (trombosis) en el lugar.

• Ese material viaja por la sangre y **puede bloquear arterias más estrechas** en órganos vitales como:

• El **corazón** → infarto de miocardio
• El **cerebro** → ictus o accidente cerebrovascular

🔻 La **falta de riego sanguíneo provoca muerte del tejido** (necrosis), como se ve en las imágenes del corazón y cerebro.

CONCLUSIÓN DE ESTA SECCIÓN:

Concepto	Explicación
LDL oxidadas	Penetran en las paredes arteriales y favorecen la formación de placas
HDL	Retiran colesterol sobrante de los tejidos, protegiendo frente a la aterosclerosis
Ateroma	Acumulación de lípidos que estrecha y endurece las arterias
Consecuencias	Si se rompe, puede causar infartos, ictus o muerte tisular

---

⇒ SALUD CARDIOVASCULAR Y VALORES DE REFERENCIA

✅ **Es importante controlar los factores de riesgo:**
• hipertensión, sobrepeso, hiperlipemia (colesterol alto).

✅ **Valores saludables en sangre**:
• Triglicéridos: menos de 150 mg/dL
• Colesterol total: menos de 200 mg/dL
• HDL (colesterol bueno): más de 45 mg/dL
• LDL (colesterol malo): menos de 130 mg/dL

✅ **Clave:** Cambios en **estilo de vida** (dieta, ejercicio, dejar el tabaco y el alcohol) pueden mejorar estos niveles.

⇒ COLESTEROL EN LA DIETA





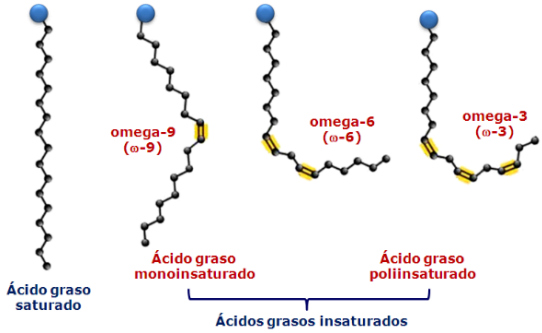
✅ **Ideas principales:**
• El **colesterol que comemos no se absorbe del todo** (solo un 35-40%).
• El cuerpo **se autorregula**: si entra mucho colesterol, se sintetiza menos, y viceversa.
• La **fibra dietética** reduce la absorción de colesterol.
• Se recomienda **no superar 0,3 gramos al día** de colesterol en la dieta.

🧀 **Alimentos ricos en colesterol:** Sesos, vísceras, huevos, mantequilla, grasa de carne, mariscos y pescado.

⇒ TRIGLICÉRIDOS Y TIPOS DE ÁCIDOS GRASOS

✅ **Qué dice:**
• Los **triglicéridos de la dieta influyen mucho** en los niveles de grasa en sangre.
• Su efecto depende del tipo de ácido graso que tengan:
• **Saturados**: perjudiciales.

• **Insaturados**:
  • **Omega-9** (monoinsaturados): beneficiosos.
  • **Omega-6 y Omega-3** (poliinsaturados): también beneficiosos.



⇒ **GRASAS SATURADAS (ORIGEN ANIMAL)**

✅ **Efectos negativos:**
• Aumentan triglicéridos y colesterol **asociado a LDL**.
• **Dificultan la eliminación del LDL** por los tejidos → se acumula → riesgo cardiovascular.

📌 **Recomendación:**
• Menos del **10% de las calorías diarias** deben provenir de grasas saturadas (≈ 22 g/día).

🍗 **Alimentos ricos:** Mantequilla, nata, leche entera, carnes rojas, quesos, helados.

⇒ **GRASAS SATURADAS OCULTAS EN PRODUCTOS VEGETALES**

❗ **Advertencia:**
• Algunos aceites vegetales como **aceite de coco o palma** contienen **grasas saturadas**.
• Se usan mucho en bollería industrial y comidas precocinadas.
• **Leer las etiquetas**: cuidado con "aceites vegetales" (pueden ser saturados).

⇒ **COMPARACIÓN DE TIPOS DE GRASA**

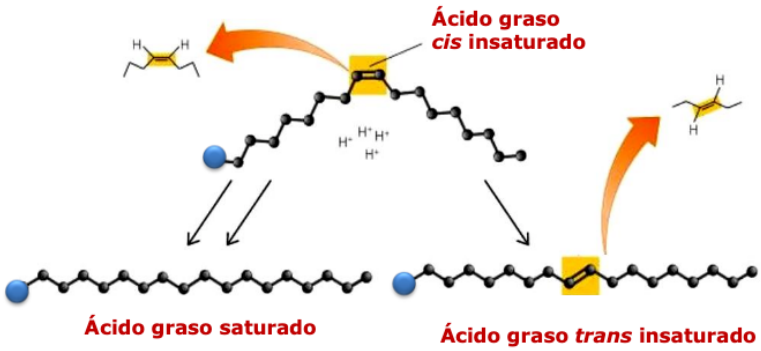
PROPORCIÓN DE DISTINTOS TIPOS DE ÁCIDOS GRASOS:

PRODUCTO	MAYOR CONTENIDO
Grasa de coco	Muy alta en saturados
Mantequilla	Saturados + monoinsaturados
Margarina	Saturados + trans
Aceite de palma	Saturados
Grasa de pollo o vacuno	Mezcla de saturados e insaturados



🟪 El morado muestra **ácidos grasos trans**, muy perjudiciales.

⇒ **ÁCIDOS GRASOS TRANS**



🧯 **Peligros:**

- Son **ácidos grasos artificiales**, similares a los saturados.
- **Aumentan las LDL y los triglicéridos**.
- **Favorecen la oxidación de las LDL**, lo que acelera la formación de placas ateroscleróticas.
- Por todo ello: **"Son las más peligrosas"**.

⇒ **ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS OMEGA-9**

✅ **Beneficios:**

- Principal ácido: **oleico** (abundante en aceite de oliva).
- **Disminuye el colesterol LDL (malo)**.
- **Aumenta el HDL (bueno)**.

🥑 **Alimentos ricos:** Aceite de oliva, aguacate, aceitunas, cerdo ibérico.

⇒ **ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS OMEGA-6**

✅ **¿Qué hacen?**

- **Disminuyen el colesterol total**, incluyendo tanto el LDL como el HDL.
- Son beneficiosos, aunque no tan selectivos como los omega-9 o omega-3.

🌻 **Alimentos ricos:** Aceites de girasol, maíz, soja y cacahuete.

⇒ **ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS OMEGA-3**

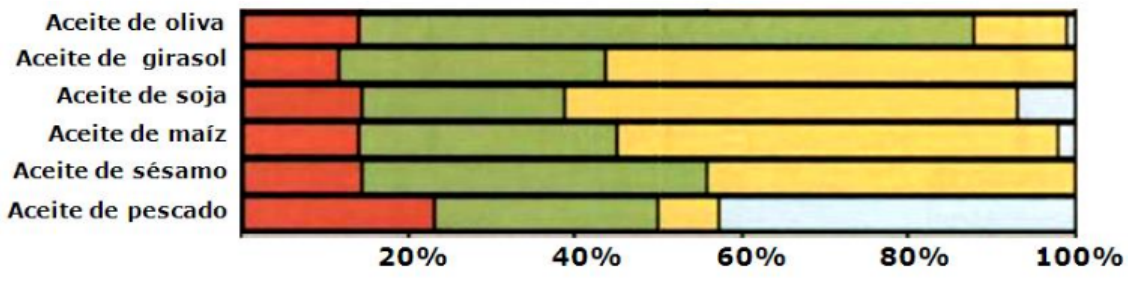
✅ **Beneficios:**

- **Reducen los triglicéridos en sangre** al inhibir su síntesis en el hígado.
- Si el colesterol está alto, **disminuyen el LDL**.

🐟 **Alimentos ricos:** Pescado azul (caballa, sardina, atún, salmón…), nueces, aceite de soja.

⇒ **GRASAS CON ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS**

🔹 **¿Qué representa el gráfico?**



Expresa un **comparativo visual** de distintos aceites saludables, mostrando la **composición porcentual de sus tipos de ácidos grasos**:

COLOR	TIPO DE ÁCIDO GRASO
🔴 Rojo	Saturado (menos deseable)
🟩 Verde	Monoinsaturado (omega-9, beneficioso)
🟨 Amarillo	Poliinsaturado omega-6
🔵 Azul	Poliinsaturado omega-3

🔍 ANÁLISIS DE LOS DISTINTOS ACEITE COMESTIBLES:

🫒 Aceite de oliva
- Muy **rico en omega-9** (verde): el más recomendable.
- Poco contenido en saturados y omega-6.

🌻 Aceite de girasol
- Rico en **omega-6** (amarillo): bueno, pero si se abusa, puede bajar también el HDL.
- Muy bajo en saturados.

🫘 Aceite de soja
- Equilibrado entre omega-6 y **omega-3** (azul).
- Tiene algo de saturados y omega-9.
- Ideal en combinación con otros aceites.

🌽 Aceite de maíz
- Parecido al de girasol: **predominio de omega-6**.
- Bajo en saturados.

🌰 Aceite de sésamo
- Mezcla equilibrada de omega-6 y omega-9.
- Bajo en saturados.

🐟 Aceite de pescado
- Muy alto en **omega-3** (azul), ideal para reducir triglicéridos y LDL.
- Muy bajo en grasas perjudiciales.

✅ Conclusión:
- **Aceite de oliva**: excelente fuente de grasa monoinsaturada → mejora perfil lipídico.
- **Aceite de pescado**: fuente potente de omega-3 → disminuye triglicéridos y LDL.
- **Aceites de semillas (maíz, girasol, soja)**: buenos con moderación; aunque **ricos en omega-6**, si se consumen en exceso, pueden afectar negativamente al HDL.

---

1. RECOMENDACIONES NUTRICIONALES DE LA OMS

⇒ **LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD PROPONE:**

RECOMENDACIÓN	DETALLE
🔹 **Grasa total**	Debe ser <35% de las calorías totales del día
🔹 **Grasas saturadas**	<10% de las calorías totales
🔹 **Grasas monoinsaturadas (omega-9)**	≈20% de las calorías
🔹 **Grasas poliinsaturadas (omega-6, omega-3)**	≈5% de las calorías
🔹 **Relación omega-6 / omega-3**	Debe ser menor de 10 (ideal: entre 4:1 y 1:1)
🔹 **Colesterol en la dieta**	<0,3 g/día
🔹 **Grasas trans**	Reducir al mínimo posible

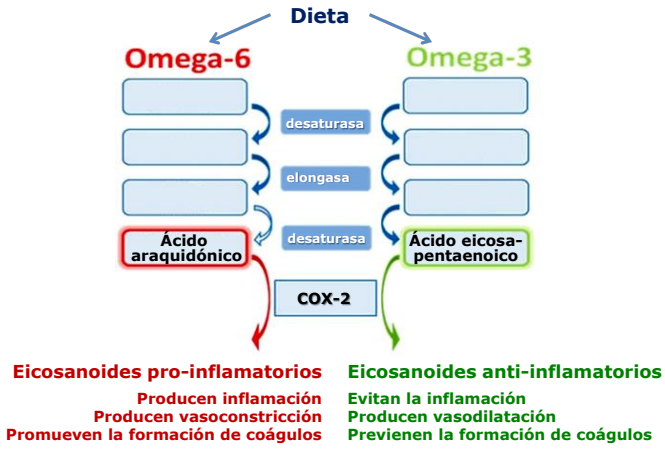
🔍 Esta tabla ayuda a **modular el riesgo cardiovascular mediante la dieta**.

2. ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 Y EQUILIBRIO CON OMEGA-6

🔹 **Metabolismo común:**
- **Omega-3 y omega-6 usan las mismas enzimas (desaturasas y elongasas)**.
- Compiten entre sí → por eso es clave un **buen equilibrio** en la dieta.

🔹 **Si predomina omega-6:**
- Se forman **eicosanoides proinflamatorios**:
  - Aumentan inflamación
  - Producen vasoconstricción
  - Favorecen la coagulación

🔹 **Si predomina omega-3:**
- Se generan **eicosanoides antiinflamatorios**:
  - Reducen inflamación
  - Provocan vasodilatación
  - Previenen coágulos



🔄 **Conclusión**: El equilibrio omega-6/omega-3 **afecta directamente a la salud cardiovascular e inflamatoria**.

3. ALCOHOL Y PERFIL LIPÍDICO

🔹 **Beneficios (si se consume con moderación: <30 g/día)**
- **Aumenta las HDL** (colesterol bueno)
- Las **bebidas fermentadas** (vino, cerveza) tienen **antioxidantes → protegen las LDL de la oxidación**
- Estos efectos **también se consiguen con zumo de uva o uvas frescas**

🔹 **Perjuicios (si se excede):**
- Aumentan los **triglicéridos** → mayor riesgo cardiovascular

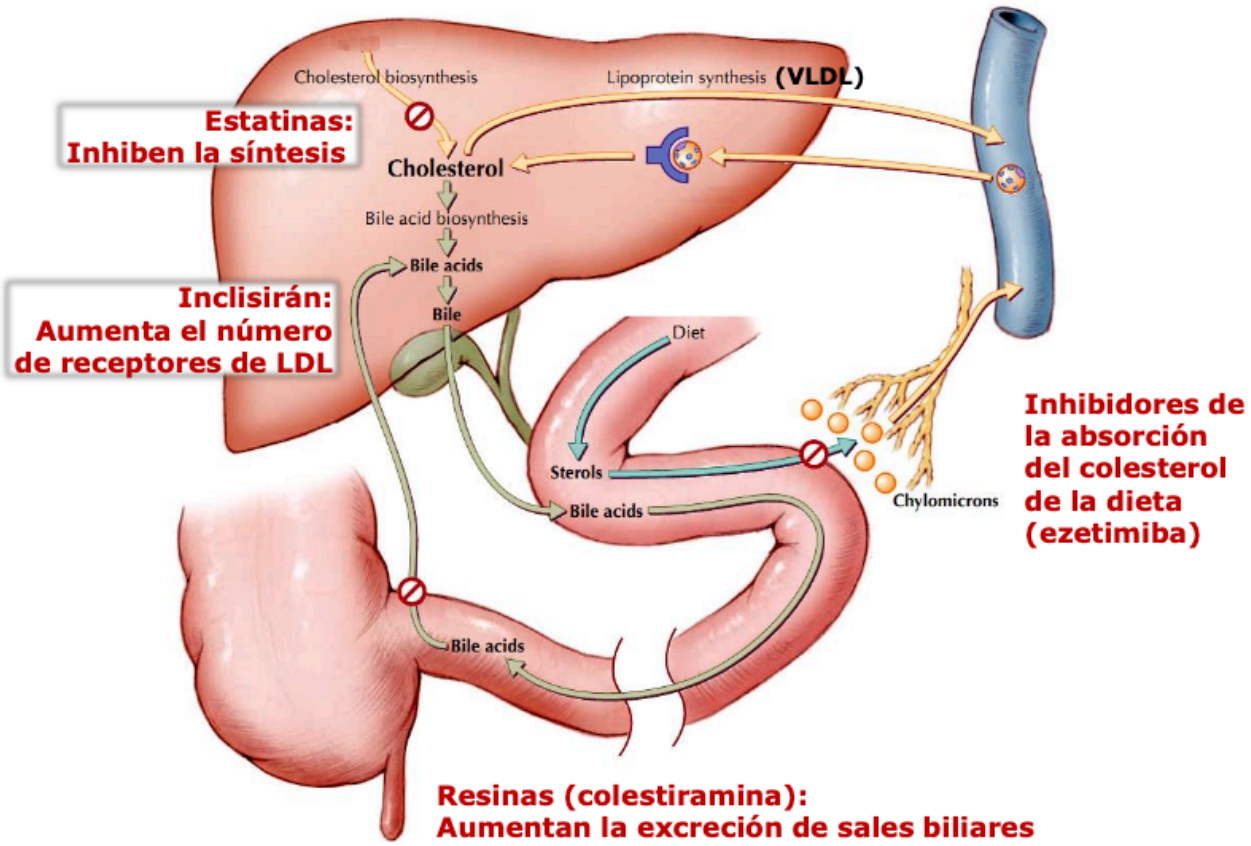
🔍 La **Moderación** es la clave. No es necesario tomar alcohol para obtener beneficios: la **uva y sus derivados naturales también los aportan**.

http://www.nutricioncomunitaria.org/es/otras-publicaciones

4. FÁRMACOS PARA DISMINUIR EL COLESTEROL

💊 TIPOS DE MEDICAMENTOS Y SU FUNCIÓN:

FÁRMACO	MECANISMO
Estatinas	Inhiben la **síntesis endógena** de colesterol en el hígado
Resinas (colestiramina)	Aumentan la **excreción de sales biliares**, obligando al hígado a usar más colesterol para reponerlas
Inhibidores de absorción (ezetimiba)	Bloquean la **absorción intestinal** del colesterol de la dieta
Inclisirán	Aumenta el **número de receptores LDL** en las células hepáticas → se elimina más colesterol de la sangre



🧠 Estos medicamentos se usan en **hipercolesterolemias severas o cuando la dieta no es suficiente**.

Fichas final de estudio Tema 13

METABOLISMO DEL COLESTEROL

Funciones del colesterol: Forma parte de membranas celulares, precursor de hormonas esteroideas, vitamina D y sales biliares.

Origen del colesterol: 30% proviene de la dieta, 70% se sintetiza en el hígado (síntesis endógena).

Digestión en el intestino: Los ésteres de colesterol se digieren por la colesterol estearasa en colesterol libre + ácido graso.

Absorción intestinal: El colesterol se incorpora a micelas con sales biliares, entra al enterocito y se reesterifica.

Formación de quilomicrones: Dentro del enterocito se empaquetan triglicéridos, ésteres de colesterol y fosfolípidos en quilomicrones.

Transporte exógeno (quilomicrones): Quilomicrones transportan lípidos de la dieta a tejidos; triglicéridos se usan como energía; el resto va al hígado.

Síntesis endógena de cholesterol: A partir de acetato (2C) → mevalonato (6C) → isopreno (5C) → escualeno (30C) → colesterol (27C); ocurre en el hígado.

Transporte endógeno (VLDL y LDL): El hígado forma VLDL que se transforman en LDL; LDL lleva colesterol a los tejidos (3-4 días).

Captación del colesterol por tejidos: Los tejidos expresan receptores de LDL; por endocitosis captan LDL y liberan colesterol interno.

Regulación del cholesterol: Si hay poco colesterol en dieta, el hígado sintetiza más; si hay mucho, reduce su síntesis.

HDL y colesterol bueno: HDL recoge colesterol de los tejidos y lo lleva al hígado; protege frente a aterosclerosis.

Efectos fisiopatológicos del exceso de LDL: LDL oxidadas se acumulan en las arterias → macrófagos → células espumosas → ateroma → infarto/ictus si se rompe.

DIETA, EQUILIBRIO LIPÍDICO Y TRATAMIENTO FARMACOLÓGICO

Recomendaciones nutricionales (OMS)

- Grasa total <35% de las kcal diarias
- Grasas saturadas <10%
- Grasas monoinsaturadas ≈20%
- Grasas poliinsaturadas ≈5%
- Relación omega-6/omega-3 <10
- Colesterol en la dieta <0,3 g/día
- Reducir al mínimo las grasas trans

Equilibrio omega-6 / omega-3

- Usan las mismas enzimas (desaturasas, elongasas) → compiten
- Exceso de omega-6 → eicosanoides proinflamatorios: vasoconstricción, coágulos
- Presencia de omega-3 → eicosanoides antiinflamatorios: vasodilatación, efecto antitrombótico
- Es clave mantener una relación equilibrada en la dieta

Alcohol y perfil lipídico

- <30 g/día puede ser beneficioso: ↑ HDL y antioxidantes protegen LDL
- Bebidas fermentadas (vino, cerveza) tienen antioxidantes
- Efectos similares con zumo de uva o uvas naturales
- >30 g/día: ↑ triglicéridos → efecto negativo

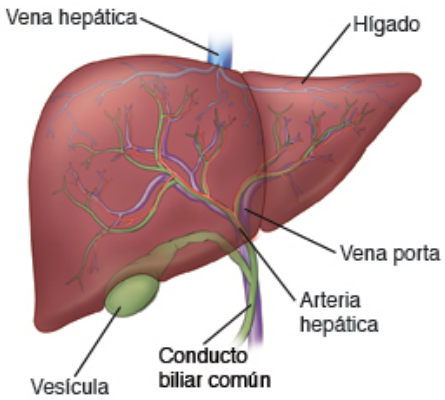
Fármacos para disminuir el colesterol

- Estatinas: inhiben la síntesis endógena de colesterol
- Resinas (colestiramina): aumentan excreción de sales biliares
- Ezetimiba: bloquea absorción intestinal del colesterol
- Inclisirán: aumenta el número de receptores LDL → se elimina más colesterol de la sangre

TEMA 14: METABOLISMO ESPECÍFICO DE TEJIDOS. DIVERSIDAD E INTEGRACIÓN DEL TRABAJO

⇒ HÍGADO: PAPEL METABÓLICO CLAVE

El hígado es un órgano muy versátil y central en el metabolismo. Se comporta como una especie de "centro logístico" que distribuye y transforma nutrientes según las necesidades del cuerpo.



🛢️ ¿Qué combustibles utiliza el hígado?

- **Ácidos grasos y aminoácidos**: Son sus combustibles principales.
- **Glucosa**: También puede usarla, sobre todo después de comer (estado postprandial), cuando hay más disponibilidad en sangre.

⚖️ ¿Cómo regula el hígado el nivel de glucosa en sangre?

Actúa como un **"amortiguador" o tampón de glucosa**:

- Si hay **exceso de glucosa**, la **capta y almacena**.
- Si falta glucosa, la **libera** al torrente sanguíneo.

Esto lo hace respondiendo a tres hormonas:

- **Insulina** (cuando hay glucosa alta)
- **Glucagón y adrenalina** (cuando la glucosa es baja)

💧 Produce bilis

El hígado fabrica la **bilis**, un líquido necesario para **digerir las grasas**. Esta bilis se almacena en la **vesícula biliar** y se libera en el intestino durante la digestión.

🍼 Almacén de nutrientes

El hígado guarda ciertos nutrientes importantes:

- **Vitamina D**
- **Hierro** (en forma de iones)

🔄 Función central en el metabolismo

- **Distribuye nutrientes y energía** al resto del cuerpo a través de la sangre.
- **Transforma** nutrientes según las necesidades del organismo:
- Sintetiza **lípidos** (grasas)
- Produce **glucosa** (cuando es necesaria)
- Genera **cuerpos cetónicos** (combustible alternativo cuando hay escasez de glucosa)

Es un órgano que se **adapta** a diferentes situaciones: ayuno, ejercicio, dieta rica en carbohidratos o en proteínas, etc.

🧪 Detoxificación

El hígado elimina sustancias tóxicas del cuerpo:

• Convierte el **amoniaco (tóxico)** en **urea**, que luego es eliminada por los riñones a través de la orina.
• También transforma muchos **compuestos orgánicos** para que no sean dañinos.

⚙️ **¿Cómo obtiene el hígado su energía?**

Depende del momento del día y del estado del cuerpo:
• **Después de comer (postpandrial)**: usa **glucosa**.
• En general, **prefiere los ácidos grasos** como fuente de energía.
• También **oxida α-cetoácidos**, que vienen de la degradación de aminoácidos (las piezas que forman las proteínas).

⇒ TEJIDO ADIPOSO: ALMACÉN Y REGULADOR ENERGÉTICO

El **tejido adiposo** (la grasa corporal) también cumple funciones clave en el metabolismo, no solo sirve para almacenar energía, sino que también **actúa como un órgano endocrino**, es decir, produce sustancias que afectan al funcionamiento de otros órganos.

ESTAS SON LAS FUNCIONES QUE CUMPLE:

1. Reserva de energía
• **Almacena triglicéridos**, que son moléculas de grasa.
• Cuando el cuerpo necesita energía (por ejemplo, en ayuno o ejercicio), **libera ácidos grasos** que otros órganos pueden usar como combustible.

2. Captación de glucosa
• En presencia de **insulina**, capta glucosa desde la sangre.
• Esa glucosa se puede:
  • Utilizar como energía.
  • Convertir en **glicerol** (uno de los componentes de los triglicéridos).

3. Síntesis y degradación de triglicéridos
• Después de comer: produce la **síntesis** (almacena grasa).
• En ayuno o ejercicio: realiza la **lipólisis** (rompe triglicéridos para liberar ácidos grasos).

📤 **¿Cómo libera la energía?**

Durante ayuno o esfuerzo:
  • Se activa la **lipólisis**.
• Los triglicéridos se descomponen en:
  • **Ácidos grasos libres** → van a la sangre para ser usados por otros órganos.
  • **Glicerol** → va al hígado, donde puede usarse para formar glucosa (gluconeogénesis).

🧬 **Estas son las hormonas regulan al tejido adiposo**
• **Insulina**: estimula el almacenamiento de grasa.
• **Glucagón y adrenalina**: estimulan la **lipólisis**, es decir, la liberación de grasa como fuente de energía.

🧪 **Función endocrina**

El tejido adiposo produce **adipocinas**, que son sustancias con efectos sobre el metabolismo:
  • Un ejemplo es la **leptina**, que regula el apetito y el gasto energético.
  • También se ha implicado en procesos inflamatorios y enfermedades metabólicas.

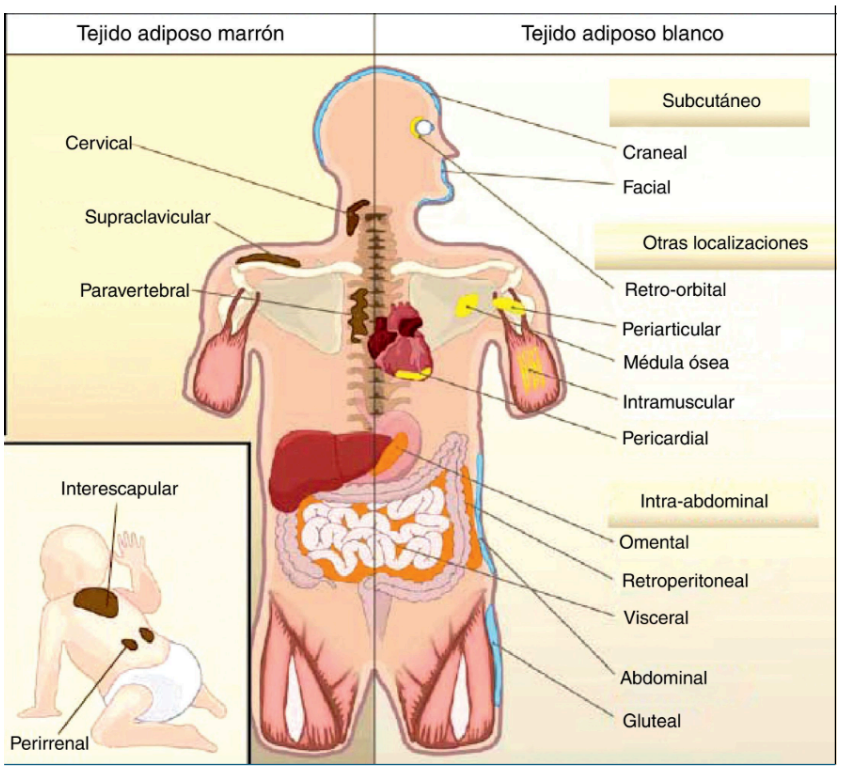
Estas son las funciones metabólicas, ahora vamos a ver **dónde se encuentra el tejido adiposo en el cuerpo** y qué tipos existen.

TEJIDO ADIPOSO: DISTRIBUCIÓN Y TIPOS

¿Dónde se encuentra el tejido adiposo?

Tiene una distribución **muy amplia** por el organismo:

- **Subcutáneo**: justo debajo de la piel.
- **Perivascular**: alrededor de **vasos sanguíneos profundos**.
- **Intrabdominal**: en la **cavidad abdominal**, especialmente alrededor de órganos (tejido adiposo visceral).



Este tejido representa aproximadamente el **15% de la masa corporal** en un hombre adulto joven (puede variar según edad, sexo, alimentación, actividad física, etc.).

¿Cómo almacena grasa?

Las **células del tejido adiposo**, llamadas **adipocitos**, almacenan grasa en forma de:

- **Triacilglicéridos (triglicéridos)**: dentro de gotas grandes en el citoplasma celular.

Estas gotas pueden **ocupar casi todo el volumen de la célula**, desplazando el núcleo a un lado.

Tipos de tejido adiposo en humanos

Existen **dos tipos principales**:

1. Tejido adiposo blanco

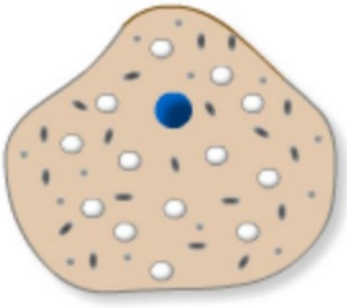
- Es el más abundante.
- Su función principal es **almacenar energía**.
- Produce adipocinas como la **leptina**.
- Su color blanco se debe a la gran cantidad de grasa que contiene.

2. Tejido adiposo marrón

- Mucho menos abundante.
- Tiene una función **termogénica**, es decir, produce **calor** en lugar de almacenar energía.
- Muy presente en **recién nacidos** y en menor cantidad en adultos.
- Contiene muchas **mitocondrias** (ricas en hierro, lo que le da el color marrón).
- Activa una proteína llamada **UCP1 (proteína desacoplante)**, que permite generar calor en vez de ATP.

Vamos a analizar más a fondo estos **dos tipos de tejido adiposo**:

TEJIDO ADIPOSO BLANCO


Adipocito marrón

Ubicación

• Se encuentra **bajo la piel** (tejido subcutáneo) y **alrededor de vasos sanguíneos profundos**.

• También está en la **cavidad abdominal**, envolviendo órganos como el intestino y recubriendo el abdomen.

Características celulares

• Formado por **adipocitos blancos**, que son **células esféricas**.

• Tienen una **sola gota lipídica muy grande** que ocupa el **90% del volumen celular**, empujando el núcleo hacia un lado.

• Son células **metabólicamente activas**, es decir, **responden rápido a las señales hormonales** (como insulina, glucagón…) y trabajan en coordinación con el **hígado y el músculo esquelético**.

Metabolismo

• Tienen **actividad glucolítica** (pueden degradar glucosa para obtener energía).

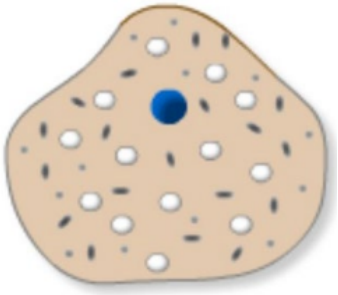
• En estado postprandial (tras una comida), consumen **glucosa**.

• Pero **prefieren los ácidos grasos** como fuente de energía habitual.

• En los adultos jóvenes, el tejido adiposo blanco representa el **15% de su masa corporal**.

• El **65% de la grasa corporal** está almacenada en forma de **triacilglicéridos** en este tipo de tejido.

TEJIDO ADIPOSO MARRÓN


Adipocito marrón

Ubicación

• Presente principalmente en:

• **Región cervical** (cuello)

• Zona **para-aórtica** (alrededor de la aorta)

• **Glándulas suprarrenales**

• En **recién nacidos**, es más abundante: se localiza en **nuca, espalda y pecho**.

• En **adultos**, aparece en **pequeños grupos** dentro del músculo esquelético.

Características celulares

• Formado por **adipocitos marrones**, que tienen forma **poligonal**.

• Contienen **muchas vesículas lipídicas pequeñas** en lugar de una sola gota.

• El citoplasma está lleno de **mitocondrias** (muchas más que en los blancos), lo que les da ese color marrón.

• Además, están **más vascularizados** (tienen más vasos sanguíneos), lo cual facilita el transporte de oxígeno y nutrientes.

Función principal: termogénesis

• Están **especializados en generar calor** (en lugar de producir ATP) gracias a la proteína **UCP1**.

• Esto es muy importante en **recién nacidos**, que no pueden temblar para calentarse.

• Almacenan **triglicéridos**, y cuando se activan, **liberan ácidos grasos y glicerol** para oxidarlos y así **producir calor**.

⇒ MÚSCULO ESQUELÉTICO



⚙ Función general

El músculo esquelético está formado por **miocitos** (o fibras musculares), que están **especializados en generar ATP rápidamente** para poder **contraerse**. Su **unidad funcional y estructural** es precisamente la **fibra muscular**.

Su metabolismo es muy particular porque está estrechamente ligado a la **actividad física** y al uso inmediato de energía, por ello, este tejido está **adaptado para realizar trabajo mecánico de forma intermitente**, desde esfuerzos muy cortos e intensos (como un *sprint*), hasta esfuerzos prolongados (como una maratón o trabajo físico largo).

🔋 Fuentes de energía

Según la situación y el tipo de actividad física, el músculo puede utilizar distintas fuentes de energía:

- **Glucosa** (almacenada en forma de **glucógeno** en el propio músculo)
- **Ácidos grasos**
- **Cuerpos cetónicos**

En resumen:

- Durante el ejercicio ligero o moderado: usa **ácidos grasos**.
- En esfuerzos intensos y rápidos: usa **glucógeno** y la **fosfocreatina**.
- En ayuno prolongado: las **proteínas musculares se degradan**, de manera que se libera **alanina**, que viaja al hígado para formar glucosa (**ciclo glucosa-alanina**).

📊 Características metabólicas

- **Síntesis de glucógeno**: almacena una pequeña cantidad (1–2% de su masa).
- **No puede exportar glucosa**: no tiene la enzima **glucosa-6-fosfatasa**.
- **No realiza gluconeogénesis**: no puede fabricar glucosa nueva a partir de otros compuestos.
- **Gran adaptabilidad**: su metabolismo cambia según el tipo de ejercicio o entrenamiento.

🔴 MÚSCULO ROJO vs ⚪ MÚSCULO BLANCO



En el músculo esquelético hay **dos tipos de fibras musculares**, con funciones y metabolismos diferentes:

🔴 Músculo rojo (de contracción lenta)

- Muy rico en **mitocondrias**.
- Genera ATP mediante **fosforilación oxidativa** (usa oxígeno).
- Este proceso es **lento pero constante**, ideal para esfuerzos prolongados.
- Está muy **vascularizado** (tiene muchos vasos sanguíneos).
- Genera **baja tensión**, pero es **muy resistente a la fatiga**.
- Usado en actividades de larga duración como caminar o correr largas distancias.

⚪ Músculo blanco (de contracción rápida)

- Tiene **menos mitocondrias** y **menos irrigación sanguínea**.
- Produce ATP muy rápido, usando:
- **Fosfocreatina**

• **Glucólisis anaerobia** (sin oxígeno)
• Se **fatiga más rápido** porque gasta el ATP a un ritmo superior al que puede reponerlo.
• Proporciona **fuerza y velocidad**, pero durante **tiempos cortos**.

🧬 **Influencia genética y entrenamiento**

Cada persona tiene una **composición genética diferente** en cuanto a la proporción de músculo rojo y blanco. Pero con **entrenamiento**, se puede mejorar el rendimiento y la **resistencia** de las fibras de contracción rápida.

⇒ FUENTES DE ENERGÍA PARA LA CONTRACCIÓN MUSCULAR

El músculo esquelético **ajusta su metabolismo según la intensidad y duración de la actividad física**. Esto significa que **cambia de combustible** dependiendo de si se está en reposo, caminando o corriendo.

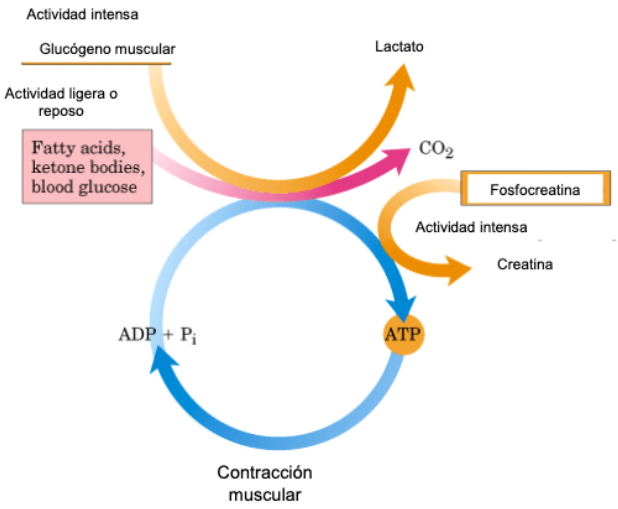
🏖️ **EN REPOSO O ACTIVIDAD LIGERA**

• **Principal fuente de energía**:
  • **Ácidos grasos (85%)**
  • También puede usar **cuerpos cetónicos**
  • Estos combustibles se oxidan para generar **acetil-CoA**, que entra en el **ciclo de Krebs** para producir **ATP**.
  • El músculo usa esta energía de forma lenta pero eficiente.

🚶 **ACTIVIDAD MODERADA**

• Se mantiene el uso de:
  • **Ácidos grasos**
  • **Cuerpos cetónicos**

• Y también empieza a usarse **glucosa** (desde la sangre o el glucógeno muscular).
• Sigue generándose acetil-CoA para entrar al ciclo de Krebs.

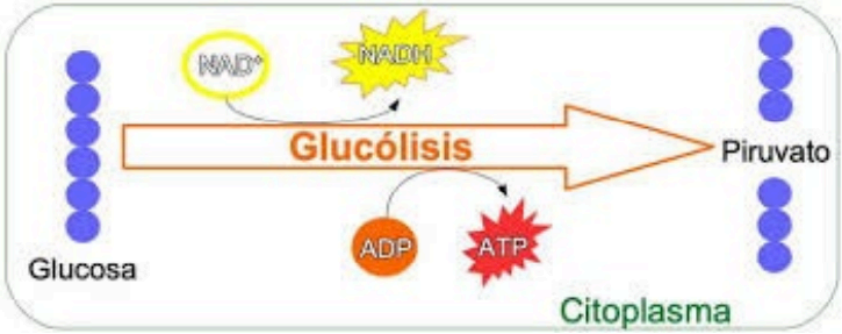


⚡ **ACTIVIDAD INTENSA / CONTRACCIÓN RÁPIDA**

• Aquí cambia completamente el panorama: el músculo necesita energía **rápida e inmediata**, para ello utiliza:

1. **Fosfocreatina**
• Es una reserva de energía de acción rápida.
• La **creatina quinasa** convierte fosfocreatina en **ATP** rápidamente.

2. **Glucógeno muscular**
• Se degrada por glucólisis, generando:
• **Piruvato** si hay oxígeno.
• **Lactato** si no hay oxígeno (glucólisis anaerobia), con ayuda de la enzima **lactato deshidrogenasa**.



3. **Glucosa de la sangre**, y en menor medida, **ácidos grasos y cuerpos cetónicos** si la actividad se alarga.
• Esta vía es menos eficiente, pero permite una **respuesta energética muy rápida**.

RESUMEN POR TIPO DE ACTIVIDAD

TIPO DE ACTIVIDAD	COMBUSTIBLES PRINCIPALES	RUTA ENERGÉTICA	OBSERVACIONES
Reposo	Ácidos grasos (85%), cuerpos cetónicos	β-oxidación + ciclo Krebs	Alta eficiencia, baja velocidad
Actividad moderada	AG + glucosa + cuerpos cetónicos	Oxidativa	Combinación eficiente
Actividad intensa (rápida)	Fosfocreatina, glucógeno, glucosa	Anaerobia + fosfocreatina	ATP rápido, pero agotamiento precoz

🚴 Veamos ahora un ejemplo del funcionamiento del metabolismo del músculo esquelético analizando un día práctico en la vida de una persona que va al gimnasio:

Supongamos que **Juan** es una persona joven y sana que:

- Desayuna a las 8:00.
- Va al trabajo en transporte público.
- A las 19:00 va al gimnasio y hace 45 minutos de entrenamiento:
- **20 minutos de cardio ligero** (cinta caminadora)
- **25 minutos de pesas** (esfuerzo intenso e intermitente)

Veamos cómo responde su **músculo esquelético** en distintas fases del día:

☀️ **Durante el día (reposo o actividad ligera)**

• Juan está **sentado o caminando tranquilamente**.
• **Combustible principal del músculo**:
→ **Ácidos grasos** (85%)
→ También algo de **cuerpos cetónicos**
• El músculo genera **ATP lentamente, pero con mucha eficiencia** usando la β-oxidación y el ciclo de Krebs.
• **¿Por qué no usa glucosa?** Porque **el cuerpo ahorra la glucosa** para órganos que la necesitan más, como el cerebro.

🚴 **19:00 – Cardio ligero (actividad moderada)**

• Juan hace **20 minutos en la cinta caminadora a ritmo constante**.
• Su músculo empieza a **mezclar combustibles**:
• **Ácidos grasos** (todavía predominantes)
• **Glucosa** (de la sangre y algo de glucógeno muscular)
• **Cuerpos cetónicos** si ha pasado mucho tiempo desde la última comida
• Aquí entra en acción la **fosforilación oxidativa**: se usa oxígeno, se produce ATP de forma sostenida.
• El músculo **no se fatiga rápidamente** porque tiene suficiente oxígeno.

🏋️ **19:20 – Pesas (actividad intensa)**

• Juan hace **ejercicios de fuerza**: sentadillas, press de banca, dominadas…
• Estos ejercicios requieren **energía inmediata**, así que el músculo usa:
• **Fosfocreatina** → Se convierte rápidamente en ATP (primeros segundos).
• **Glucógeno muscular** → Se degrada por **glucólisis anaerobia**, generando:
• **Piruvato**, que puede convertirse en **lactato** si no hay suficiente oxígeno.
• **No usa ácidos grasos** porque la β-oxidación es lenta y aquí se necesita energía ya.
• Como usa el ATP más rápido de lo que puede reponerlo, **aparece fatiga** muscular.

🔁 **Después del ejercicio**

• El músculo repone sus reservas:

  • **Recarga glucógeno** si Juan cena carbohidratos.

  • **Repara fibras musculares** (proteínas) si toma suficiente proteína.

• Aumenta el consumo de oxígeno (efecto "afterburn") para reponer fosfocreatina y eliminar el lactato acumulado.

🎯 **CONCLUSIÓN**

FASE DEL DÍA	COMBUSTIBLES USADOS	RUTA ENERGÉTICA	OBSERVACIONES
Reposo	Ácidos grasos, cuerpos cetónicos	Oxidativa (eficiente)	Uso mínimo de glucosa
Cardio ligero	AG + glucosa + CC	Fosforilación oxidativa	Equilibrio entre rendimiento y duración
Pesas (intenso)	Fosfocreatina, glucógeno	Anaerobia + rápida	ATP rápido, pero fatiga pronto

---

Vamos ahora con otro ejemplo práctico, esta vez centrado en una persona que corre una **maratón** (42 km). Este escenario es excelente para entender cómo el cuerpo cambia de combustible de forma progresiva durante un ejercicio **prolongado y de resistencia**.

🏃 **EJEMPLO PRÁCTICO: Laura corre una maratón**

Laura se ha preparado durante meses. Es domingo por la mañana y participa en una maratón. Desayunó 3 horas antes: hidratos de carbono (pan, fruta, zumo).

🕒 **Inicio de la carrera (primeros 10-15 minutos)**

• El músculo de Laura necesita energía **rápida** para el arranque.

• **Fuente principal de energía**:

  • **Glucógeno muscular**

  • Algo de **fosfocreatina** (primeros segundos)

  • Usa **glucólisis anaerobia** y luego **aerobia**.

  • Se produce algo de **lactato**, pero el cuerpo lo recicla.

🕒 **Minuto 15–40: cuerpo en ritmo de carrera**

• **Se estabiliza el esfuerzo**.

• El músculo empieza a cambiar hacia una mezcla de:

  • **Glucosa** (glucógeno muscular y de la sangre)

  • **Ácidos grasos**

  • La producción de ATP pasa a depender principalmente de la **fosforilación oxidativa**.

• Aquí es clave el **entrenamiento previo**: un músculo bien entrenado **usa más grasa** y **ahorra glucógeno**, lo que mejora el rendimiento.

🕒 **Minuto 40–90: el músculo entra en modo ahorro**

• El glucógeno muscular empieza a **disminuir**.

• Aumenta el uso de:

  • **Ácidos grasos**

  • **Glucosa hepática** (el hígado libera glucosa a la sangre)

  • El músculo sigue generando **acetil-CoA** a partir de estos combustibles → ATP.

• Si Laura ha entrenado bien, su **capacidad mitocondrial** y su **eficiencia en usar grasa** le dan ventaja.

🕒 **Después de los 90 minutos (kilómetro 25-30): riesgo de "el muro"**

• El glucógeno puede **agotar sus reservas**.
• El cuerpo depende casi exclusivamente de:
  • **Ácidos grasos**
  • **Cuerpos cetónicos** (si hay adaptación y ayuno prolongado previo)
• Este es el famoso "**muro del maratoniano**": la sensación de fatiga extrema y bajada de rendimiento cuando se termina el glucógeno.

💡 **¿Cómo evita Laura el muro?**

• Tomando geles o bebidas con **glucosa** cada 30-40 min.
• Así evita que baje demasiado el nivel de glucosa en sangre.
• Además, si ha hecho entrenamientos largos en ayunas, su cuerpo está más preparado para usar **grasa y cuerpos cetónicos**.

🧠 **Papel del cerebro**

• Aunque Laura está centrada en correr, su **cerebro** depende siempre de **glucosa**.
• Si el nivel de glucosa en sangre baja mucho, puede aparecer **mareo o desorientación**.
• Por eso el hígado también trabaja duro liberando glucosa (glucogenólisis o gluconeogénesis).

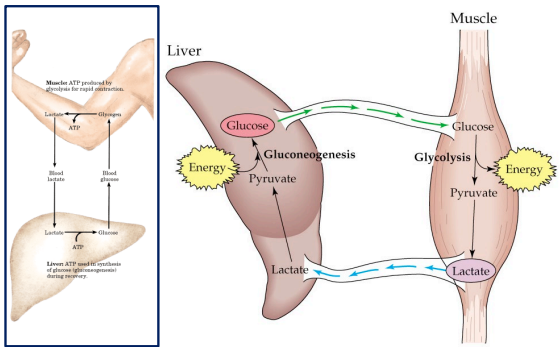
RECAPITULACIÓN METABÓLICA

FASE	COMBUSTIBLES PRINCIPALES	COMENTARIO
Inicio	Glucógeno + fosfocreatina	Alta demanda rápida
Ritmo constante	Glucosa + ácidos grasos	Equilibrio entre velocidad y duración
Largo plazo	Ácidos grasos + glucosa hepática + CC	Baja intensidad, alta eficiencia
Muro (sin glucosa)	Solo grasas y cuerpos cetónicos	Fatiga, lentitud, riesgo de hipoglucemia

---

⇒ CICLO DE CORI

📌 Este ciclo es un mecanismo que permite que el **músculo esquelético** continúe funcionando en condiciones de **esfuerzo intenso**, cuando **falta oxígeno** y el metabolismo es **anaerobio**.



🧪 **¿Qué ocurre durante el ejercicio intenso?**

1. El **músculo**:
   • Usa **glucosa** (procedente del glucógeno muscular) para generar ATP por **glucólisis anaerobia**.
   • Esto produce **piruvato**, que se convierte en **lactato**.
2. El **lactato**:
   • Se acumula en el músculo y pasa a la **sangre**.
   • Viaja hasta el **hígado**.
3. En el **hígado**:

• El lactato se convierte de nuevo en **piruvato**, y luego en **glucosa** mediante **gluconeogénesis**.
• Esta glucosa puede regresar a la sangre y volver al músculo.

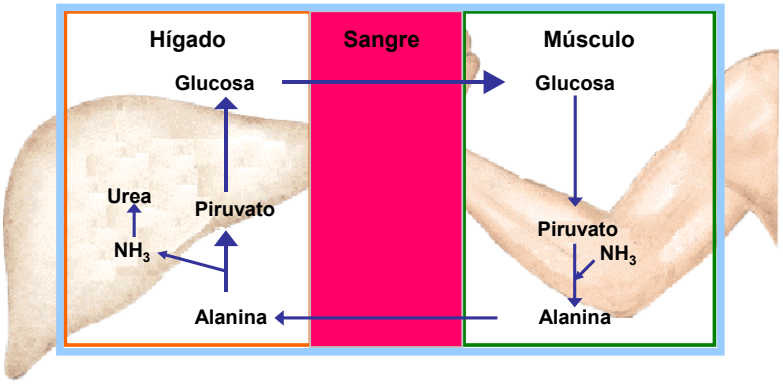
Este ciclo permite que el músculo **siga generando energía sin oxígeno**, pero a costa de un gran esfuerzo del hígado y con un **alto consumo de energía hepática**.

🔁 CICLO DE LA GLUCOSA–ALANINA

📌 Este otro ciclo ocurre especialmente durante el **ayuno prolongado** o **ejercicio sostenido**. Permite que el músculo se deshaga del **nitrógeno tóxico** de los aminoácidos y al mismo tiempo **aporte carbono al hígado** para fabricar glucosa.

🧪 ¿Cómo funciona?

1. En el **músculo**:
   • Las **proteínas** musculares se degradan en **aminoácidos**.
   • Estos aminoácidos transfieren su grupo amino (–NH_2) al **piruvato** (producto de la glucólisis), formando **alanina**.
   • La **alanina** viaja por la sangre hasta el **hígado**.



2. En el **hígado**:
   • La **alanina** se transforma en **piruvato** (aportando carbono) y libera **amoníaco (NH_3)**.
   • El piruvato se usa para hacer **glucosa** (gluconeogénesis).
   • El NH_3 se convierte en **urea** y se elimina por el riñón.
3. La **glucosa fabricada** vuelve a la sangre y puede ser reutilizada por el músculo.

¿QUÉ APORTAN ESTOS CICLOS AL MÚSCULO?

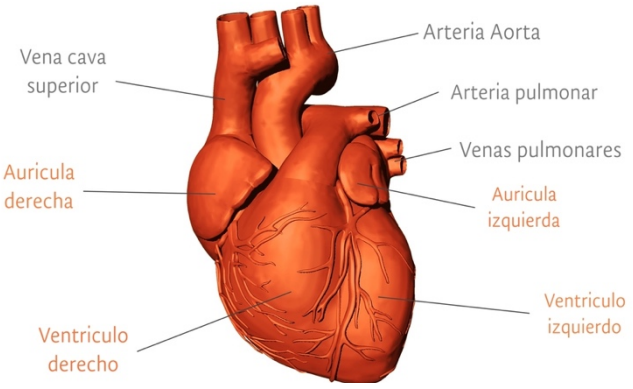
Ciclo	¿Qué permite al músculo?	¿Qué hace el hígado?
Ciclo de Cori	Seguir generando ATP sin oxígeno	Convierte lactato en glucosa (requiere ATP)
Ciclo glucosa–alanina	Eliminar nitrógeno y aportar carbono al hígado	Hace glucosa y urea a partir de alanina

---

⇒ ❤️ MÚSCULO CARDÍACO: ENERGÍA PARA LATIR SIN PARAR

⚙️ Características:

• Está en **actividad continua**: contracción y relajación constantes.
• Tiene un metabolismo **aeróbico permanente**, con **alta densidad mitocondrial**.



🛢️ Combustibles:

• **Glucosa**
• **Ácidos grasos**
  • También puede usar **cuerpos cetónicos**
• Tiene una **reserva rápida**: la **fosfocreatina**

⚠️ **En situaciones de falta de oxígeno:**
• Si hay **trombosis o aterosclerosis**, disminuye el oxígeno → **infarto de miocardio**.
• Cuando baja el oxígeno, pero no llega a infarto → **dolor torácico (angina)**.

⇒ 🩸 SANGRE: SISTEMA DE TRANSPORTE

La sangre **no produce energía**, pero es **esencial para la conexión entre órganos**. Funciona como un sistema de distribución y comunicación.

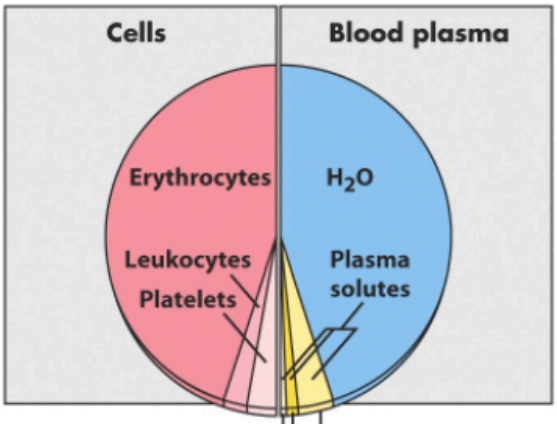
🔄 **Funciones metabólicas:**
• **Transporta nutrientes**:
→ Del intestino al hígado
→ Del hígado y tejido adiposo a otros órganos
• **Intermediaria entre tejidos**: permite que los productos de un órgano lleguen a otro.
• **Transporta oxígeno** desde los pulmones a los tejidos y **CO_2** desde los tejidos a los pulmones.
• **Lleva hormonas** desde el lugar donde se producen hasta donde actúan.
• **Retira productos de desecho** y los lleva a los riñones para su eliminación.

Ver de manera clara como es la **composición de la sangre** es una parte fundamental para comprender cómo se transportan y distribuyen sustancias en el cuerpo.

⇒ COMPOSICIÓN DE LA SANGRE

La sangre se puede **centrifugar** para separarla en dos grandes partes:

1. Células sanguíneas (parte izquierda del gráfico):
• **Eritrocitos (glóbulos rojos)**: transportan oxígeno.
• **Leucocitos (glóbulos blancos)**: defensa inmunitaria.
• **Plaquetas**: intervienen en la coagulación.



2. Plasma sanguíneo (parte derecha del gráfico):
Está compuesto en su mayoría por **agua (H_2O)**, y un **10% de solutos**. Estos solutos se dividen en:

🔷 **A. Componentes inorgánicos (10%)**
• Sales minerales y electrolitos como:
• **NaCl (sal común)**
• **Bicarbonato, fosfato**
• **Calcio ($CaCl_2$), magnesio ($MgCl_2$), potasio (KCl), sulfato (Na_2SO_4)**

Sirven para mantener el equilibrio osmótico, el pH y la actividad eléctrica de las células.

🟡 **B. Metabolitos orgánicos y productos de desecho (20%)**
• Sustancias clave del metabolismo:
• **Glucosa**
• **Aminoácidos**
• **Lactato, piruvato**
• **Cuerpos cetónicos**
• **Citrato, urea, ácido úrico**

Estas moléculas reflejan el estado metabólico del cuerpo. Algunas, como la urea y el ácido úrico, deben eliminarse por el riñón.

🟠 **C. Proteínas plasmáticas (70%)**

Incluyen:

- **Albúmina**: mantiene la presión osmótica y transporta sustancias.
- **Lipoproteínas**: transportan lípidos (VLDL, LDL, HDL).
- **Inmunoglobulinas**: defensa inmunitaria.
- **Fibrinógeno y protrombina**: coagulación.
- **Proteínas transportadoras especializadas** como **transferrina** (transporta hierro).

🧪 **Otros componentes del plasma (en pequeñas cantidades):**

- **Metabolitos**
- **Enzimas**
- **Hormonas**
- **Vitaminas**
- **Oligoelementos** (zinc, hierro, etc.)
- **Pigmentos biliares**

🧠 **Importancia clínica**

La medición de estas sustancias permite:

- Evaluar el estado nutricional, hormonal o metabólico.
- Diagnosticar enfermedades (como diabetes, insuficiencia renal, deshidratación, etc.).
- Hacer seguimientos terapéuticos.

⇒ 🧠 **CEREBRO: CENTRO DE CONTROL CON ALTA DEMANDA ENERGÉTICA**

⚡ **Características:**

- Usa **glucosa** como principal fuente de energía (120–150 g/día).
- Tiene un **metabolismo oxidativo muy activo**: consume el **20% del oxígeno del cuerpo**.
- **No almacena glucógeno**, así que depende de la **glucosa sanguínea** constantemente.
- En estado de **inanición** (ayuno muy prolongado), **usa cuerpos cetónicos** como combustible alternativo.



🧬 **Funciones metabólicas:**

- La energía se usa para mantener:
- La **comunicación entre neuronas**
- El **potencial de membrana** (movimiento de iones)
- También **recibe señales** del ambiente y del cuerpo y **envía órdenes** a otros órganos.

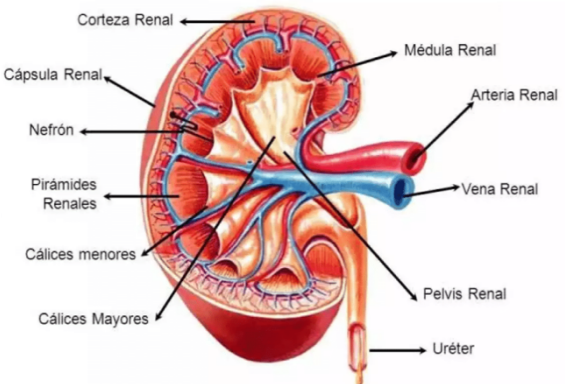
⚠️ **Situaciones críticas:**

- Si falta glucosa u oxígeno → puede ocurrir **daño cerebral irreversible**.

⇒ 🫘 **RIÑÓN: EXCRECIÓN Y REGULACIÓN**

🧪 **Funciones principales:**

- **Filtra el plasma**: unas **60 veces al día**.
- **Produce orina** → elimina productos de desecho.
- **Mantiene el pH sanguíneo**:
  - Regenerando **bicarbonato**
  - Eliminando **protones (H^+)**, especialmente en acidosis.

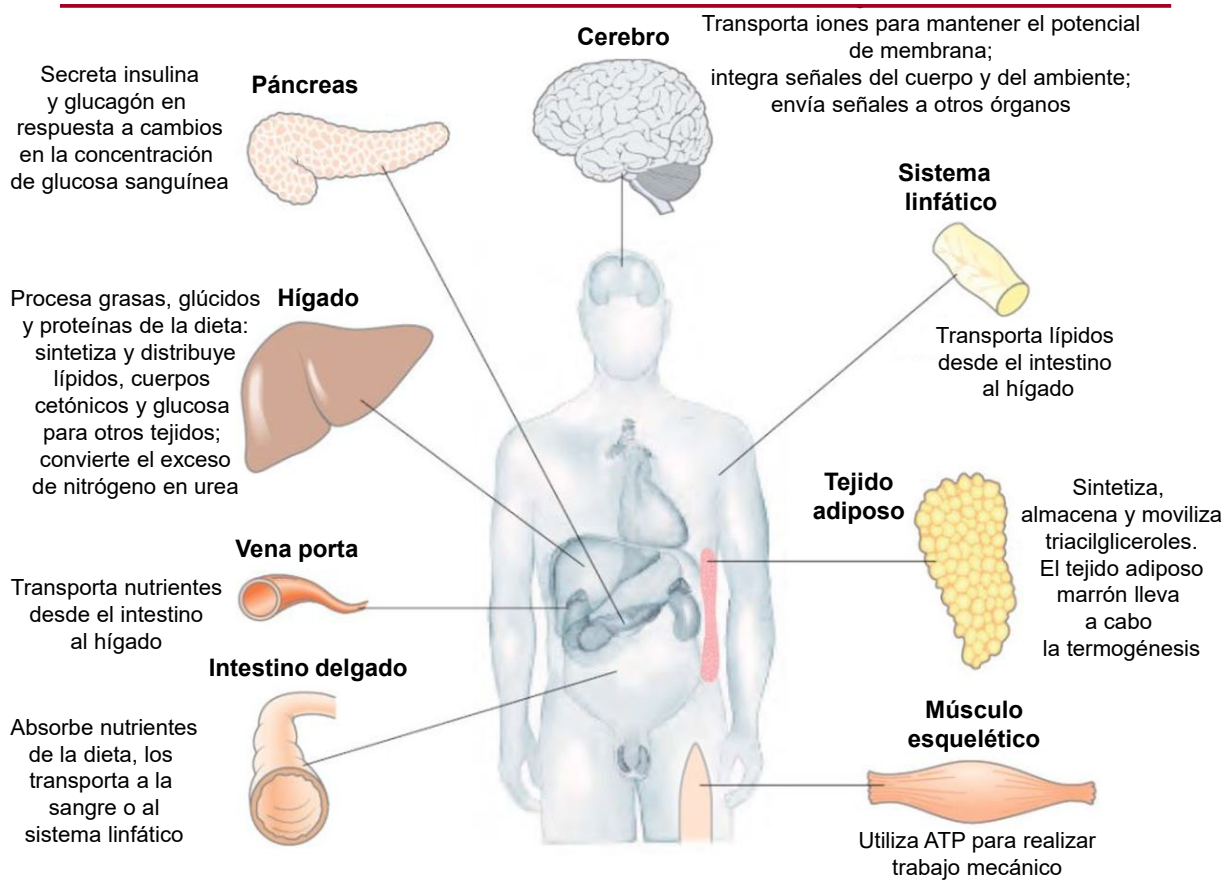


Metabolismo:

• Utiliza **glucosa, ácidos grasos y cuerpos cetónicos** como fuente de energía.
• **Consume el 10% del oxígeno corporal.**
• **En ayuno**, es un órgano **gluconeogénico importante**: puede llegar a producir hasta **la mitad de la glucosa sanguínea**.
• También produce **amoníaco** (NH_3) para ayudar a eliminar protones.

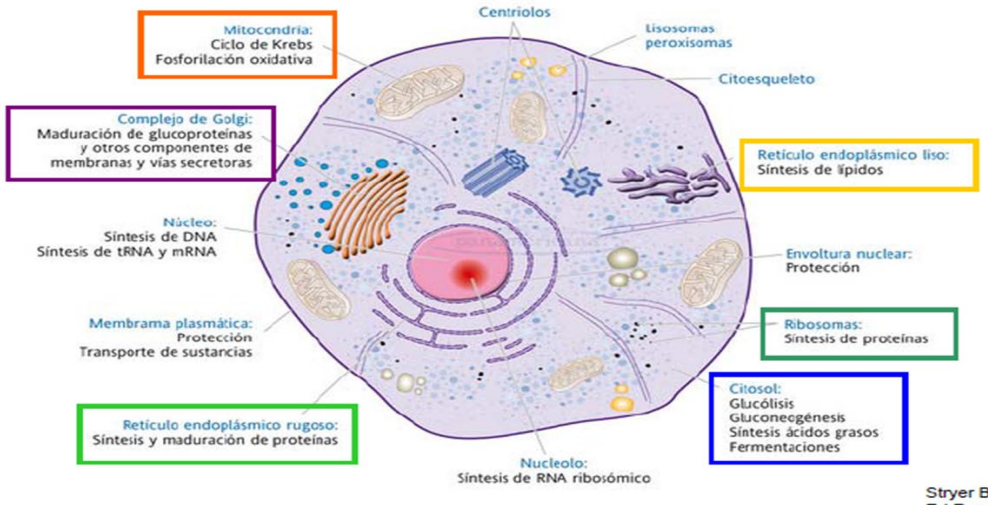
Resumen del Metabolismo Específico por Tejidos

Tejido / Órgano	Combustibles principales	Funciones metabólicas clave	Características destacadas
Hígado	Ácidos grasos, aminoácidos, glucosa (postprandial)	Regula glucemia, síntesis y distribución de nutrientes, detoxificación	Centro regulador, adapta su metabolismo
Tejido adiposo blanco	Ácidos grasos, glucosa	Almacén energético, secreción de adipocinas	Una gran gota de grasa, respuesta hormonal rápida
Tejido adiposo marrón	Ácidos grasos, triglicéridos	Termogénesis, producción de calor	Muchas mitocondrias, alta vascularización
Músculo esquelético	Glucosa, ácidos grasos, cuerpos cetónicos	Contracción, metabolismo adaptable al esfuerzo	Fibra roja (lenta) y blanca (rápida), ciclo de Cori y alanina
Cerebro	Glucosa (cuerpos cetónicos en inanición)	Consumo constante de glucosa/O2, señalización neuronal	Alto consumo de oxígeno, muy poca reserva interna
Riñón	Glucosa, ácidos grasos, cuerpos cetónicos	Excreción, regulación de pH, gluconeogénesis en ayuno	Filtra 60 veces/día, produce amoniaco en acidosis
Corazón	Ácidos grasos, glucosa, cuerpos cetónicos	Bombeo continuo, metabolismo aeróbico permanente	Alta densidad mitocondrial, vulnerable a hipoxia
Sangre	No usa combustibles (transporta)	Transporta nutrientes, gases, hormonas y desechos	Medio de comunicación metabólica entre órganos



Tejido	Principales combustibles
Hígado	Utiliza preferentemente ácidos grasos y aminoácidos y solamente utiliza glucosa en el periodo postprandial No utiliza cuerpos cetónicos Principal sitio de síntesis de ácidos grasos, triacilgliceroles y cuerpos cetónicos
Tejido adiposo	Utiliza ácidos grasos como combustible y glucosa en el periodo postprandial Recoge ácidos grasos (sintetizados en hígado) para síntesis de triacilgliceroles Necesita algo de glucosa para síntesis de triacilgliceroles
Músculo	Utiliza glucosa, ácidos grasos y, en menor medida, cuerpos cetónicos Utiliza aminoácidos producto de la degradación de proteínas Hace glucogenolisis pero no exporta glucosa a la sangre
Cerebro	Utiliza preferentemente glucosa, que oxida completamente a CO_2 Sintetiza poco glucógeno En caso de ausencia de glucosa se adapta con el tiempo a utilizar cuerpos cetónicos No puede usar ácidos grasos como combustible
Riñón	Utiliza glucosa, ácidos grasos y cuerpos cetónicos Consume bastante energía en la reabsorción de nutrientes de la orina Activo en gluconeogénesis en caso de ayunas
Intestino	El intestino delgado usa preferentemente glutamina como combustible y los colonocitos también usan ácidos grasos de cadena corta producidos por la flora bacteriana
Eritrocitos	Solamente utilizan glucosa como fuente de energía y sólo hacen glucólisis anaerobia

Localización de algunas Rutas Metabólicas en una Célula Eucariota



Stryer Bioquímica 6ª ed
Ed Reverté

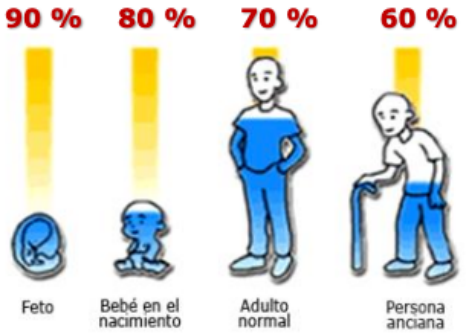
En las células eucarióticas, la existencia de dieferentes compartimentos intracelulares (orgánulos) permite la distribución espacial de las rutas metabólicas entre dichos compartimentos, favoreciendo el control de los procesos metabólicos.

TEJIDO	COMBUSTIBLE ALMACENADO	COMBUSTIBLE PREFERIDO	COMBUSTIBLES EXPORTADOS
CEREBRO	Ninguno	Glucosa (O_2) Inanición: Cuerpos cetónicos	Ninguno
MÚSCULO ESQUELÉTICO (reposo)	Glucógeno	Ácidos grasos	Ninguno
MÚSCULO ESQUELÉTICO (ejercicio)	Ninguno Reserva: Creatina fosfato	Glucosa Inanición: Proteínas	Lactato Alanina
MÚSCULO CARDÍACO	Ninguno	Ácidos grasos (O_2) También: Glucosa, Lactato y cuerpos cetónicos	Ninguno
TEJIDO ADIPOSO	Triacilglicéridos (sensor de glucosa)	Ácidos grasos	Ácidos grasos Glicerol
HÍGADO	Glucógeno Triacilglicéridos (regula la [Glucosa])	Aminoácidos Glucosa Ácidos grasos	Ácidos grasos Glucosa Cuerpos cetónicos
SANGRE	Transporta: Lipoproteínas, O_2, hormonas, y productos (urea)		

TEMA 15: COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y REACTIVIDAD DE LAS BIOMOLÉCULAS INORGÁNICAS

1. Abundancia del agua

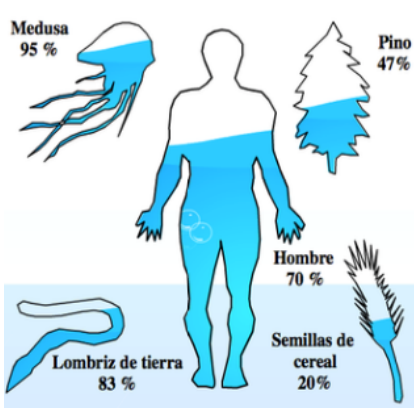
El agua es la **molécula más abundante en los seres vivos**. Sin embargo, la cantidad exacta de agua varía en función de tres factores:



• **La especie**: Algunos organismos contienen más agua que otros.

• **La edad**: Cuanto más joven es un organismo, más agua suele tener.

• **El tipo de órgano**: No todos los órganos del cuerpo contienen la misma proporción de agua.

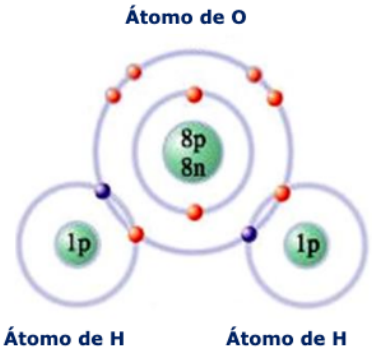


Los porcentajes que se indican representan la variación del contenido de agua en distintos organismos o tejidos.

Riñón	>80
Pulmón	>80
Corazón	79
Músculo esquelético	75
Piel	70
Hueso	20
Tejido adiposo	10

2. Estructura del agua

La molécula de agua (H_2O) está formada por:



• **Dos átomos de hidrógeno (H)** unidos a

• **Un átomo de oxígeno (O)** mediante **enlaces covalentes** (es decir, comparten electrones).

Esta molécula es **polar**, lo que significa que:

• La zona del **oxígeno** tiene **carga negativa parcial (δ−)**.

• Las zonas de los **hidrógenos** tienen **carga positiva parcial (δ+)**.

Gracias a esta polaridad, las moléculas de agua **se atraen entre sí** formando **enlaces de hidrógeno**. Estos enlaces no son permanentes: se forman y se rompen constantemente, dando lugar a una especie de "red líquida".

3. Propiedades del agua

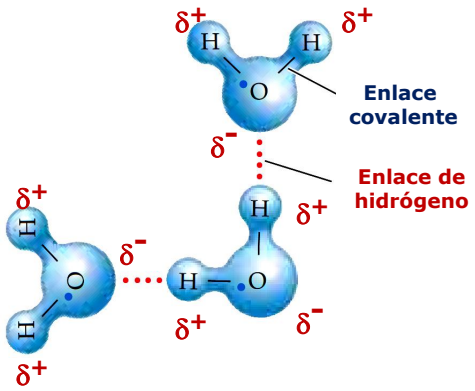
Debido a su estructura, el agua tiene una serie de propiedades muy importantes para la vida:

- **Elevada fuerza de cohesión** (las moléculas se atraen entre sí fuertemente).
- **Elevada fuerza de adhesión** (se adhiere fácilmente a otras superficies).
- **Elevado calor específico** (cuesta calentarla o enfriarla).
- **Elevado calor de vaporización** (cuesta hacerla hervir).
- **Expansión al congelarse** (ocupa más espacio como hielo que como líquido).
- **Versatilidad como disolvente** (disuelve muchas sustancias).
- **Transparencia** (permite el paso de la luz, importante para la fotosíntesis).
- **Bajo grado de ionización** (produce pocos iones espontáneamente).

4. Elevada fuerza de cohesión

La **cohesión** se refiere a la capacidad que tienen las moléculas de agua para mantenerse unidas entre sí. Esta unión se debe a los **puentes de hidrógeno**.

• Aunque estos enlaces son **débiles y duran muy poco tiempo** (una millonésima de segundo), hay tantas moléculas de agua que **siempre hay muchas unidas entre sí**.



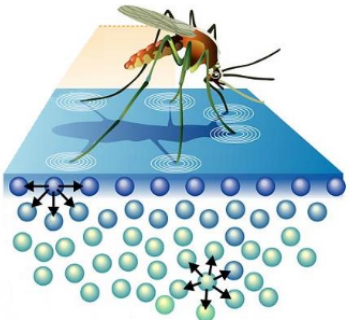
Compuesto	Peso molecular	Punto de fusión (°C)	Punto de ebullición (°C)
CH_4	16.04	−182	−164
NH_3	17.03	−78	−33
H_2O	18.02	0	+100

• Esta red de enlaces es lo que permite que el **agua sea líquida a temperatura ambiente**. Otros compuestos con peso molecular parecido (como el amoníaco o el metano) son gases a temperatura ambiente.

• Para convertir el agua líquida en vapor hay que **romper esta red de enlaces de hidrógeno**, lo cual requiere mucha energía (calor).

5. Tensión superficial

La tensión superficial es una consecuencia directa de la cohesión. Es como una "piel" que se forma en la superficie del agua y que cuesta romper.





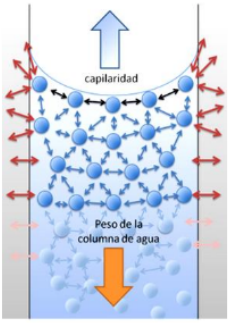


• En la **superficie del agua**, las moléculas están más unidas entre sí que con el aire. Las moléculas de abajo las atraen hacia dentro.

• Por eso, **parece que el agua está cubierta por una película invisible**. Esta propiedad permite, por ejemplo, que ciertos insectos caminen sobre el agua.

6. Elevada fuerza de adhesión

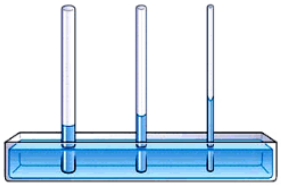
La **adhesión** es la capacidad del agua para **pegarse a otras superficies**, sobr e todo si esas superficies tienen carga eléctrica (como el vidrio).



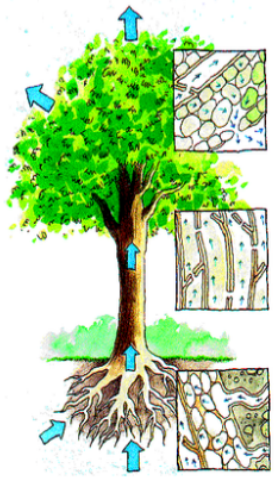
Un ejemplo claro de esto es la **capilaridad**:

• Cuando el agua está en un tubo muy fino, **sube por sí sola**.

• Las moléculas de agua se **adhieren a las paredes del tubo**, y como están unidas entre sí, **arrastran a las demás hacia arriba**.



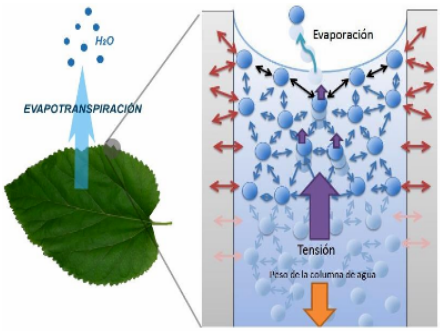
• Es un proceso que se repite: las de arriba tiran de las de abajo.



7. Cohesión + adhesión: agua en los árboles

Las fuerzas de cohesión y adhesión trabajan juntas para hacer posible algo impresionante: que el agua **suba por los troncos de los árboles** en contra de la gravedad.

• Las raíces **absorben agua y sales minerales** del suelo.



• Esta agua **asciende por vasos conductores muy finos** gracias a:
• **Capilaridad (adhesión)**: el agua se pega a las paredes del vaso.
• **Cohesión**: las moléculas tiran unas de otras, formando una columna continua.
• Cuando el agua se **evapora por las hojas** (transpiración), se genera una "succión" que tira de toda la columna hacia arriba.

🔹 8. Elevado calor específico

El **calor específico** es la **cantidad de calor que hay que aplicar a un gramo de una sustancia para aumentar su temperatura en 1 ºC**. El agua tiene un **calor específico muy alto**, lo que significa que:

• **Absorbe mucho calor antes de calentarse**.
• **Pierde mucho calor antes de enfriarse**.

Esto la convierte en un **gran regulador térmico**, tanto para el planeta como para los organismos vivos.

COMPARACIÓN CON OTRAS SUSTANCIAS:

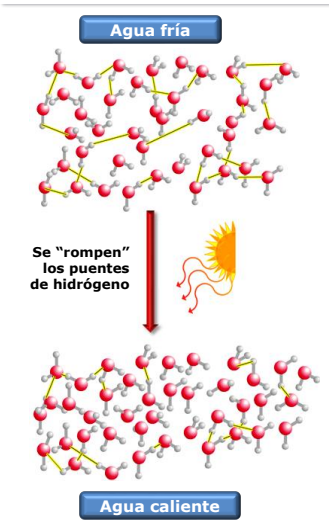
SUSTANCIA	CALOR ESPECÍFICO (CAL/G·ºC)
Agua	**1,00**
Etanol	0,58
Madera	0,41
Aluminio	0,22
Vidrio	0,20
Ladrillo	0,20
Aire seco	0,24

Como vemos, el agua necesita **más del doble de calor que el etanol** para calentarse.

🔸 ¿Por qué ocurre esto?

Las moléculas de agua están unidas por **puentes de hidrógeno**. Cuando se añade calor, gran parte de esa energía **no se dedica a aumentar la temperatura**, sino a **romper esos enlaces**.

• **En el calentamiento**, la energía se gasta primero en debilitar los enlaces antes de que las moléculas puedan moverse más deprisa (y por tanto aumentar la temperatura).
• **En el enfriamiento**, hay que **extraer mucha energía** para que las moléculas reduzcan su movimiento y se enfríen.

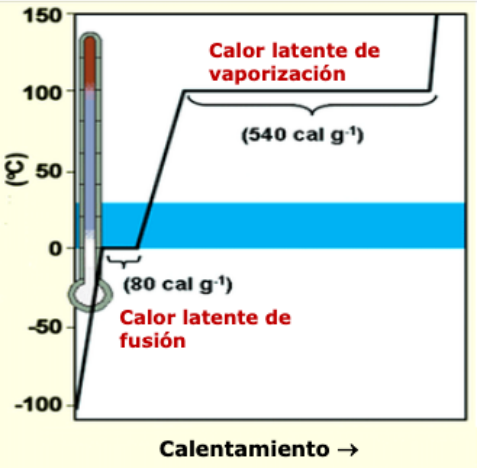


Gracias a esta propiedad:
• **Los océanos, lagos y ríos amortiguan los cambios bruscos de temperatura** del entorno.
• **Nuestro cuerpo**, que está compuesto en gran parte por agua, **mantiene su temperatura estable**, incluso cuando el ambiente cambia.

🔹 9. Elevado calor de vaporización

El **calor de vaporización** es la **cantidad de energía que se necesita para convertir un gramo de líquido en vapor**, sin cambiar su temperatura.

El agua tiene un **calor de vaporización muy alto**, lo que significa que:
• Hace falta **mucha energía** para pasar de estado líquido a gaseoso (es decir, para que hierva o se evapore).



• Esta propiedad está relacionada también con los **puentes de hidrógeno**: antes de que las moléculas puedan escapar como vapor, hay que romper esas uniones.

🔸 **¿Por qué es importante esto?**

• **En el cuerpo humano**, el sudor actúa como un sistema de refrigeración. Al evaporarse, **absorbe mucho calor de la piel**, ayudando a mantener la temperatura corporal.

• **En la naturaleza**, grandes masas de agua como mares y océanos **almacenan calor durante el día y lo liberan lentamente por la noche**, regulando el clima.

Como ya hemos visto, el agua necesita **mucha energía para pasar de líquido a vapor**, y eso tiene **efectos importantes en los seres vivos y en objetos cotidianos**.

🔸 **Efecto refrigerante en seres vivos:**

• **Al evaporarse, el agua arrastra consigo calor**. Eso ayuda a **bajar la temperatura del cuerpo**.

• Por ejemplo:

• **El sudor**, al evaporarse sobre la piel, **absorbe parte del calor corporal**, enfriando la superficie.

• **En las plantas**, la evaporación del agua a través de las hojas evita que **se recalienten al sol**.

Este mecanismo permite **eliminar mucho calor con poca pérdida de agua**, lo cual es crucial para **evitar la deshidratación**.

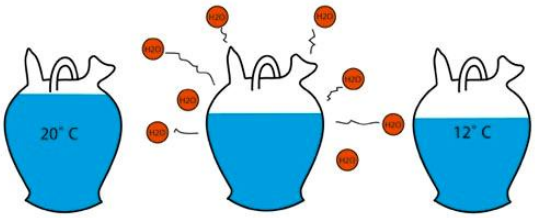
🔸 **Efecto botijo:**

El principio del **botijo**, muy conocido en la cultura popular española, se basa exactamente en esta propiedad:

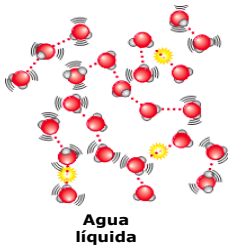
• El **agua se filtra por los poros de la cerámica**.

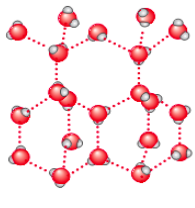
• En contacto con el aire, **se evapora lentamente**.

• Para hacerlo, **usa energía que toma del agua que está dentro**, lo que **reduce la temperatura del contenido**.



• El resultado: el agua de dentro del botijo puede estar hasta **10 ºC más fresca**, dependiendo de la humedad ambiental, la porosidad y la forma del recipiente.


Agua líquida


Hielo

🔹 **10. Expansión al congelarse**

Una de las cosas más sorprendentes del agua es que, **al congelarse, en vez de encogerse como la mayoría de las sustancias, se expande**.

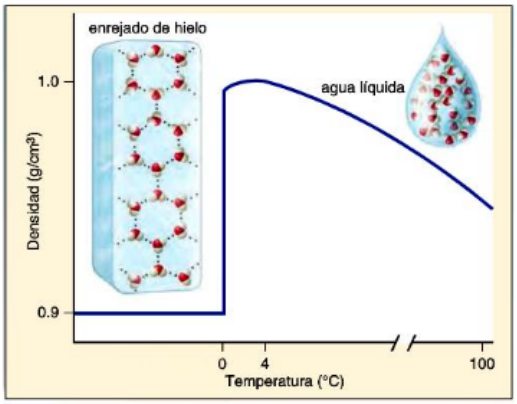
🔸 **¿Qué significa esto?**

• El agua líquida, al bajar de temperatura, **empieza a formar una estructura más ordenada** debido a los **enlaces de hidrógeno**.

• En el estado sólido (hielo), las moléculas de agua **se organizan en una red hexagonal muy abierta**.

• Esto hace que **ocupe más espacio**, es decir, **aumenta su volumen** y, como consecuencia, **disminuye su densidad**.

Por eso, el hielo **flota sobre el agua líquida**.

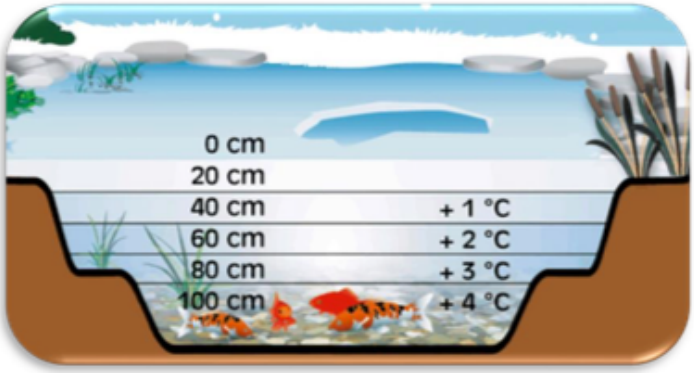


🔶 **¿Por qué es tan importante esta propiedad?**

1. **Protección de los ecosistemas acuáticos**:

• Cuando se forma hielo en lagos o mares, **se queda en la superficie**, creando una **capa aislante** que **protege el agua líquida de debajo del frío extremo**.

• Esto **permite que la vida continúe** bajo el hielo, incluso en climas muy fríos.



2. **Consecuencias geológicas**:

• Cuando el agua se introduce en grietas de las rocas y se congela, **aumenta de volumen y puede romperlas**.

• Este fenómeno, llamado **gelifracción**, contribuye a la formación del suelo y al modelado del paisaje.

🔷 **11. Versatilidad como disolvente: el agua como disolvente universal**

El agua se conoce como **disolvente universal** porque **puede disolver muchas sustancias diferentes**, sobre todo aquellas que tienen **carga eléctrica o son polares**. Veamos los casos principales:

🔶 **a) Disolución de compuestos iónicos (como la sal común)**

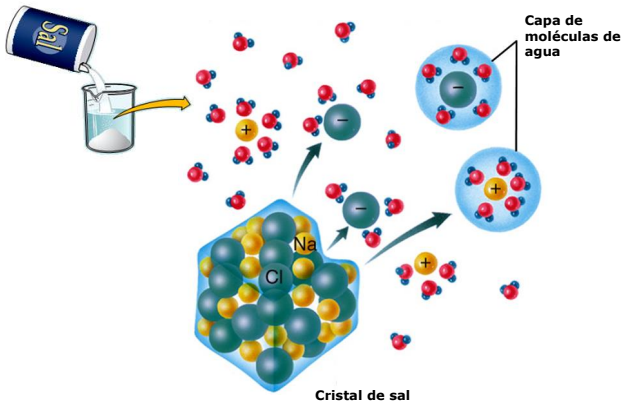
• Cuando echamos **sal (cloruro sódico, NaCl)** en agua, los iones **Na^+** y **Cl^-** se separan.

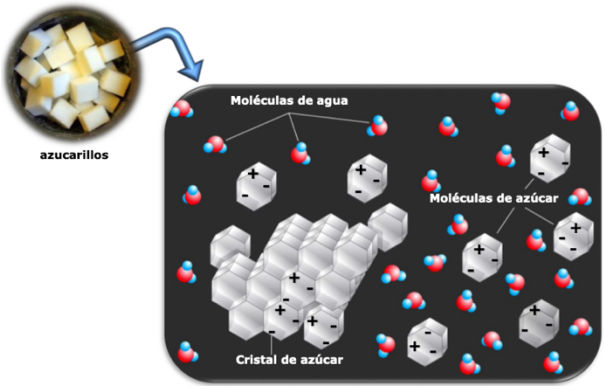
• Las moléculas de agua, gracias a su polaridad, **rodean a estos iones**:

• El oxígeno (con carga parcial negativa) se orienta hacia el Na^+.

• El hidrógeno (con carga parcial positiva) se orienta hacia el Cl^-.

• Así, la sal se **disuelve completamente** en el agua.





🔶 **b) Disolución de compuestos polares (como el azúcar)**

• Las moléculas de **azúcar**, aunque no son iónicas, **tienen zonas con cargas parciales**.

• El agua puede interactuar con ellas mediante **puentes de hidrógeno** o **fuerzas dipolares**.

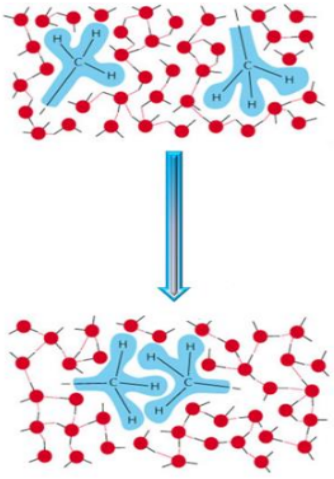
• Por eso, también el azúcar se disuelve bien en agua.

🔶 **c) ¿Qué pasa con las grasas o aceites?**

• Las **grasas y aceites** son **moléculas no polares**, es decir, no tienen zonas con carga.

• Por eso, **el agua no puede disolverlas**.

• Al contrario: el agua prefiere interactuar consigo misma mediante enlaces de hidrógeno, dejando de lado las grasas, que terminan **separándose en otra fase** (por eso el aceite flota en el agua).



Esta propiedad es fundamental para la vida porque permite que **en el interior de las células muchas sustancias estén disueltas en agua**: azúcares, sales, proteínas, gases, etc.

13. Transparencia del agua

La **transparencia** es una propiedad física del agua que, aunque puede parecer simple, tiene **una gran importancia biológica**.



¿Qué significa?

• El agua **permite el paso de la luz**, sobre todo en las capas superiores de mares, lagos y ríos.

• Esto se debe a que **no absorbe todas las longitudes de onda de la luz visible**, al menos no de forma inmediata o total.

¿Por qué es importante?

• Gracias a esta propiedad, la **luz solar puede penetrar hasta el fondo** (en cierta medida) de **ecosistemas acuáticos**.

• Esto permite el desarrollo de **especies fotosintéticas**, como:

- **Algas**
- **Cianobacterias**
- **Plantas acuáticas**

Estas especies forman la **base de la cadena alimentaria** y generan oxígeno mediante la **fotosíntesis**.

Sin la transparencia del agua, **no sería posible la vida vegetal en ambientes acuáticos** y, por tanto, **muchas formas de vida tampoco existirían**.

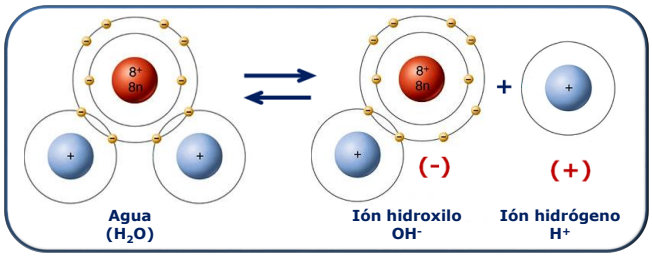
Aunque esta propiedad es más química que física, es igual de importante, por lo que hablemos de ella:

14. Bajo grado de ionización del agua

El **agua pura** (H_2O) tiene una ligera tendencia a **separarse (ionizarse)** en dos tipos de iones:

• El **ión hidrógeno** (H^+) → también se representa como **H_3O^+** cuando se hidrata.

• El **ión hidroxilo** (OH^-)



¿Qué significa "bajo grado"?

• De cada **mil millones de moléculas de agua**, sólo **dos se disocian** en H^+ y OH^-.

• Esto quiere decir que el agua **casi no está ionizada**, pero **tiene la capacidad de hacerlo** cuando se disuelven otras sustancias.

Ácidos y bases en disolución

El comportamiento del agua frente a otras sustancias depende de si éstas:

• **Ceden protones (H^+)** → entonces son **ácidos**.

- Ejemplo: jugo de limón, vinagre.
- Resultado: aumentan la concentración de H^+ en la disolución.
- **Captan protones (H^+)** → entonces son **bases**.
- Ejemplo: sosa, lejía.
- Resultado: disminuyen la concentración de H^+ (porque los absorben), aumentando la de OH^-.

15. ¿Qué es el pH?

El **pH** es una escala que se usa para **medir el grado de acidez o basicidad de una disolución acuosa**. Sus siglas vienen del latín *"pondus Hydrogenii"*, que significa algo así como "peso o concentración de hidrógeno".



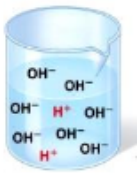
¿Cómo se interpreta la escala?

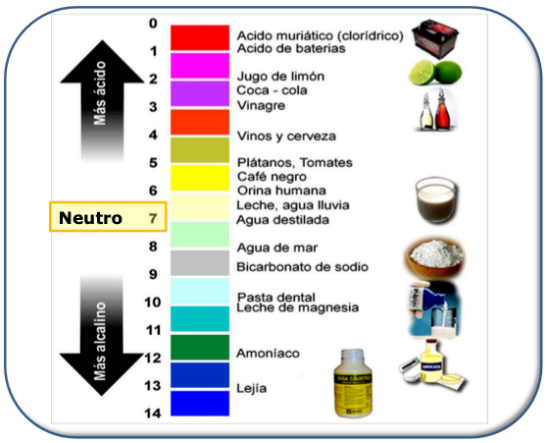
LA ESCALA DE PH VA DEL 0 AL 14

VALOR DE PH	TIPO DE SOLUCIÓN	EJEMPLO
0 - 6,9	**Ácida**	Zumo de limón, vinagre
7	**Neutra**	Agua pura
7,1 - 14	**Básica (alcalina)**	Lejía, amoníaco



- A **menor pH**, **mayor acidez** (más concentración de H^+).
- A **mayor pH**, **más básica** es la disolución (más concentración de OH^-).



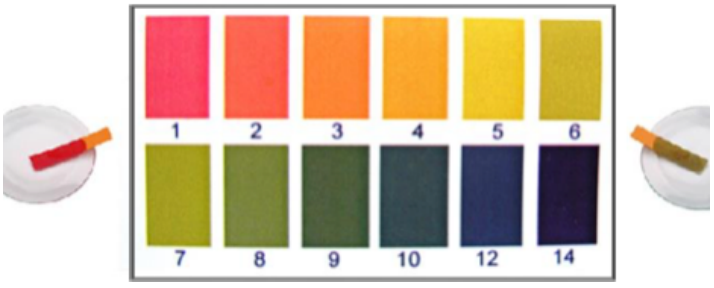


El pH en los seres vivos

- Las células de los mamíferos (como nosotros) y los líquidos corporales (**sangre, citoplasma, etc.**) suelen tener un pH **cercano a 7**, es decir, **ligeramente neutro**.
- Para mantener este equilibrio, el cuerpo utiliza **sistemas tampón**, que neutralizan los excesos de ácido o base.

16. ¿Cómo se mide el pH?

Hay dos métodos principales:



1. pH-metro (medida exacta)

- Es un aparato con dos electrodos: uno de referencia y otro sensible al pH.
- Se introduce en la disolución y mide la **diferencia de potencial eléctrico**, que se traduce en un valor de pH muy preciso.

2. Papel indicador (medida aproximada)

- Es un papel impregnado con **mezclas de sustancias que cambian de color según el pH**.
- Al mojarlo con la disolución, adopta un color que se compara con una escala de colores estándar.

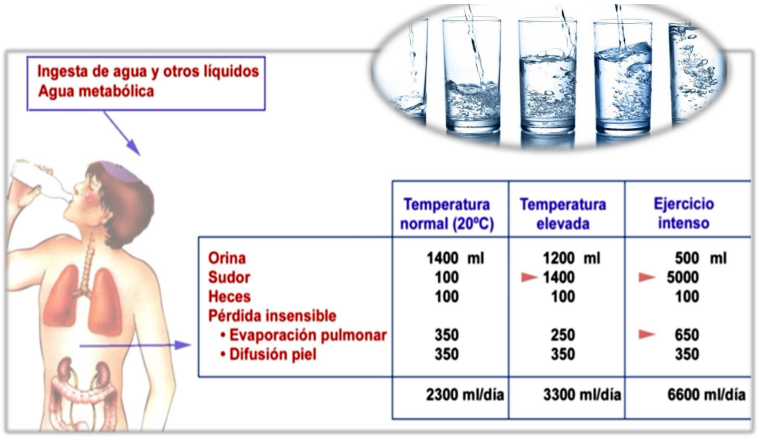
17. ¿Cuánta agua necesitamos?

Nuestro organismo necesita **mantener constante la cantidad de agua**, independientemente del estado fisiológico (ya sea en reposo, haciendo ejercicio, con fiebre, etc.).

¿Por qué?

• Porque **el agua es el medio en el que se realizan la mayoría de las reacciones bioquímicas** del cuerpo.

• También participa en la **regulación de la temperatura**, el transporte de sustancias, la eliminación de desechos, etc.



En la práctica

• El agua se **pierde continuamente** por sudor, orina, respiración y heces.

• Por tanto, **hay que reponerla** diariamente mediante la bebida y los alimentos.

18. ¿Qué es el agua metabólica?

Es el agua que se **produce dentro del cuerpo** como resultado de la **oxidación (combustión) de los nutrientes**.

CANTIDAD GENERADA POR TIPO DE NUTRIENTE:

NUTRIENTE	AGUA GENERADA (G POR G DE NUTRIENTE)
Glúcidos	0,6 g
Proteínas	0,5 g
Grasas	1,1 g (**más que los otros**)

• Aquí vemos como la grasa produce más agua que los otros nutrientes al oxidarse.

Importancia biológica

• **Animales del desierto**, como los camellos, **sobreviven sin beber** durante mucho tiempo gracias al **agua metabólica que obtienen al "quemar" la grasa de sus jorobas**.

• En humanos, una dieta normal puede generar unos **0,3 litros de agua metabólica al día**, lo que también contribuye a mantener la hidratación.

19. Sales minerales

Las **sales minerales** son compuestos inorgánicos que desempeñan **funciones fundamentales** en los seres vivos. Pueden aparecer de tres formas:

1. Precipitadas

• Forman **estructuras sólidas** que proporcionan **protección o soporte**.

• Ejemplos:
  • **Conchas**
  • **Caparazones**
  • **Esqueletos** (huesos formados por calcio en forma de fosfato cálcico)

2. Disueltas

• Se encuentran **ionizadas en los líquidos corporales**.

• Ejemplos: **Na^+**, **Ca^{2+}**, **Cl^-**…
  • Tienen muchas funciones:
  • Contracción muscular
  • Transmisión del impulso nervioso
  • Regulación del equilibrio osmótico, etc.

3. Asociadas a otras moléculas

- Se combinan con biomoléculas orgánicas para **potenciar sus funciones**.

- Ejemplo:
  - El **hierro** de la **hemoglobina**, que permite transportar oxígeno en la sangre.
  - El **magnesio** en muchas enzimas.

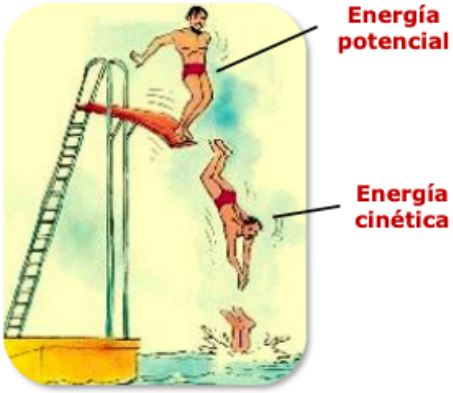
RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DEL AGUA:

Propiedad del agua	Descripción	Importancia biológica
Fuerza de cohesión	Las moléculas de agua se atraen entre sí por H.	Permite que el agua sea líquida a temp. ambiente.
Tensión superficial	La superficie del agua actúa como una película.	Insectos pueden caminar sobre el agua.
Fuerza de adhesión	El agua se adhiere a superficies polares.	Facilita el transporte en plantas (capilaridad).
Capilaridad (coh. + adh.)	El agua asciende por tubos estrechos venciendo la gravedad.	Asciende en plantas altas arrastrando nutrientes.
Calor específico elevado	Necesita mucha energía para subir o bajar temperatura.	Regula la temperatura del cuerpo y del entorno.
Calor de vaporización elevado	El agua elimina calor al evaporarse.	Refrigera el cuerpo y evita la deshidratación.
Expansión al congelarse	El agua ocupa más volumen al congelarse.	El hielo flota y aísla masas de agua en invierno.
Disolvente universal	Disuelve sustancias iónicas y polares.	Medio de transporte de sustancias en el cuerpo.
Transparencia	Permite el paso de la luz.	Favorece la fotosíntesis en ambientes acuáticos.
Bajo grado de ionización	Se ioniza muy poco espontáneamente.	Permite reacciones ácido-base controladas.

TEMA 16: DISEÑO MOLECULAR DE LA VIDA: OBTENCIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA

⇒ ¿QUÉ ES LA ENERGÍA?

La energía es **la capacidad para realizar trabajo o producir cambios**. Por ejemplo: mover un objeto, calentar algo, encender una luz, etc.



○ Tipos básicos de energía

Tenemos **dos tipos principales**:

1. **Energía potencial**
   - Es **energía almacenada**.
   - Un ejemplo muy claro es el de una persona en lo alto de un trampolín: está quieta, pero tiene energía acumulada por estar en una posición elevada.
   - Cuando salte, esa energía almacenada se va a transformar.
2. **Energía cinética**
   - Es la **energía del movimiento**, la que está "en acción".
   - En el mismo ejemplo del trampolín, al lanzarse y caer al agua, esa persona tiene energía cinética, porque está en movimiento.

○ Transformación entre tipos de energía

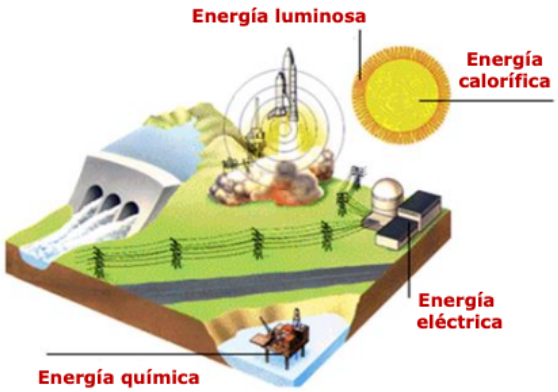
- La energía **cinética se puede transformar en potencial** y viceversa.

Por ejemplo:

- Subes una cuesta en bici (usas energía cinética para ganar altura → se convierte en energía potencial).
- Luego bajas la cuesta (esa energía potencial se convierte en cinética).

○ Otros tipos de energía mostrados en la imagen

Además de la energía potencial y cinética, se muestran otras formas de energía que usamos en la vida diaria:



- **Energía luminosa:**
  Es la energía que emite la luz, como la que proviene del sol.
- **Energía calorífica:**
  Es el calor. Por ejemplo, el calor del sol o el de una estufa.
- **Energía eléctrica:**
  Es la que hace funcionar nuestros aparatos eléctricos. Puede venir, por ejemplo, de una central hidroeléctrica (como se ve en el dibujo).
- **Energía química:**
  Es la que está almacenada en los alimentos, en la madera, en la gasolina, etc.

Se libera cuando hay una reacción, como cuando se quema la leña o el cuerpo humano transforma la comida en energía.

⇒ LEYES DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA

➤ Primera Ley de la Termodinámica

"La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma".



Esto significa que la **cantidad total de energía** en un sistema (por ejemplo, un coche, una célula, o el universo) **siempre es la misma**, aunque se **transforme** de una forma a otra.

Ejemplo:

En un coche, la **energía química** de la gasolina se convierte en:

- **Energía cinética** (movimiento del vehículo),
- y **energía térmica** (calor que se disipa por el motor).

Importante: La energía no desaparece. Solo cambia de forma.

➤ Segunda Ley de la Termodinámica

"En cada transformación energética, parte de la energía se pierde en forma no utilizable".

Es decir, **no toda la energía transformada puede usarse para trabajar**. Siempre se pierde algo, generalmente en forma de **calor**.





Ejemplo del coche:

- De 100 unidades de energía química en la gasolina,
- solo **25 unidades** se usan para mover el coche (energía cinética),
- y **75 se pierden como calor**.



Ningún proceso es 100% eficiente, ni siquiera en los seres vivos.

➤ Segunda Ley aplicada al orden de la materia



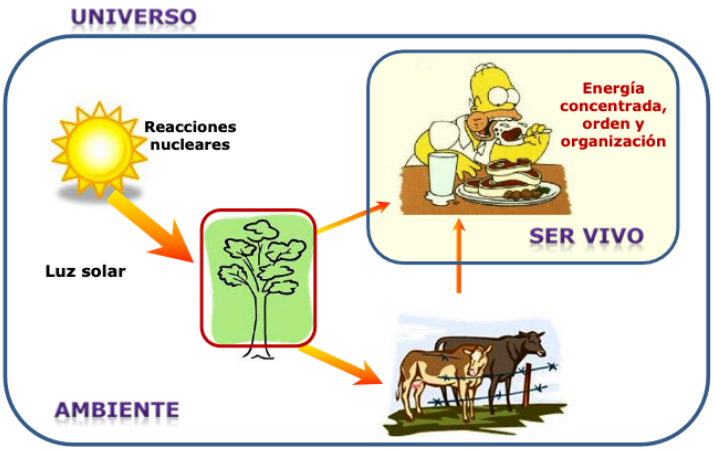
Si no se aporta energía, **el desorden (entropía)** siempre aumenta.

- La **entropía** es una medida del **desorden**.
- En la naturaleza, los sistemas **tienden a desordenarse** si no reciben energía del exterior.

Ejemplo: Una habitación se desordena sola si no haces nada. Para mantenerla ordenada, tienes que hacer un esfuerzo (aportar energía).

⇒ ¿CÓMO PUEDE EXISTIR LA VIDA SI TODO TIENDE AL DESORDEN?

Los seres vivos **captan energía del entorno** (como la luz solar), y gracias a eso, **mantienen el orden interno**.

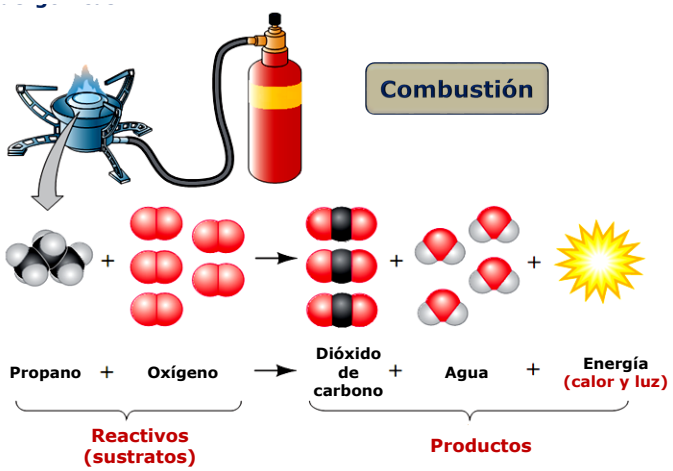


• La vida no contradice la segunda ley de la termodinámica, porque el **aumento de orden en un organismo** va acompañado de un **aumento del desorden (entropía) en el ambiente**.

• **La vida existe porque usa energía constantemente**, por ejemplo, del sol.

⇒ TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA EN REACCIONES QUÍMICAS

Las **reacciones químicas** son procesos donde se **rompen enlaces entre átomos** y se **forman otros nuevos**, transformando sustancias.



Ejemplo:

• Quemar propano con oxígeno da lugar a:

• dióxido de carbono + agua + **energía en forma de luz y calor**.

➤ **Tipos de reacciones:**

1. **Exergónicas**: liberan energía (como quemar combustible).
2. **Endergónicas**: requieren energía para realizarse (como la fotosíntesis).

⇒ CAPTACIÓN Y USO DE ENERGÍA POR LOS SERES VIVOS

➤ **¿Cómo obtienen energía los seres vivos?**

Los seres vivos **no crean energía**: la **captan del ambiente** y la **transforman**.

• **Plantas**: captan energía del **sol** mediante la **fotosíntesis**.

• **Animales y humanos**: obtienen energía **comiendo** (alimentos = energía química).

Esa energía se usa para:

• Moverse,
• Mantener el orden interno,
• Hacer funcionar las células,
• Crecer y reproducirse.

⇒ USO DE LA ENERGÍA EN LAS REACCIONES QUÍMICAS CELULARES

En las células ocurren **miles de reacciones químicas**. Todas estas reacciones están controladas y **requieren o liberan energía**.

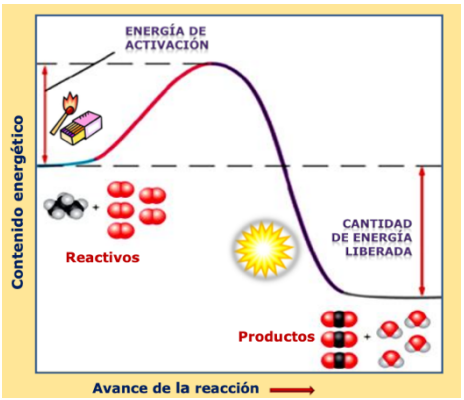
Dos tipos de reacciones (repetimos, pero ahora en contexto celular):

TIPO DE REACCIÓN	ENERGÍA	EJEMPLO
Exergónica	Libera energía	Respiración celular, digestión
Endergónica	Requiere energía	Fotosíntesis, síntesis de proteínas

Estas reacciones se encadenan unas a otras para que la energía de unas alimente a otras.

⇒ REACCIONES EXERGÓNICAS Y ENDERGÓNICAS: CÓMO SE USA LA ENERGÍA EN LA VIDA

Las células realizan **dos tipos de reacciones químicas** según cómo manejan la energía:



➤ **Reacciones exergónicas: liberan energía**

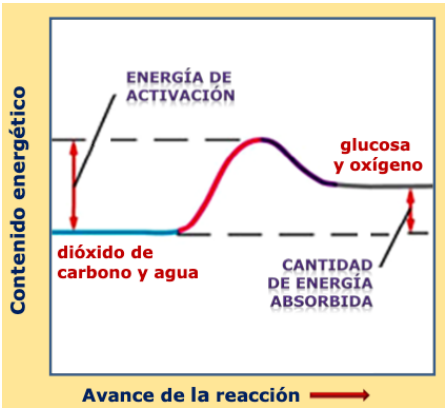
• Se describen como **"cuesta abajo"**: van de un nivel **alto de energía** a uno **bajo**.

• El resultado es que **se libera energía** que puede ser usada por el organismo.

Ejemplo típico: La **respiración celular**:

• En ella, la glucosa se descompone y se libera energía que la célula usa para funcionar.

➤ **Reacciones endergónicas: requieren energía**



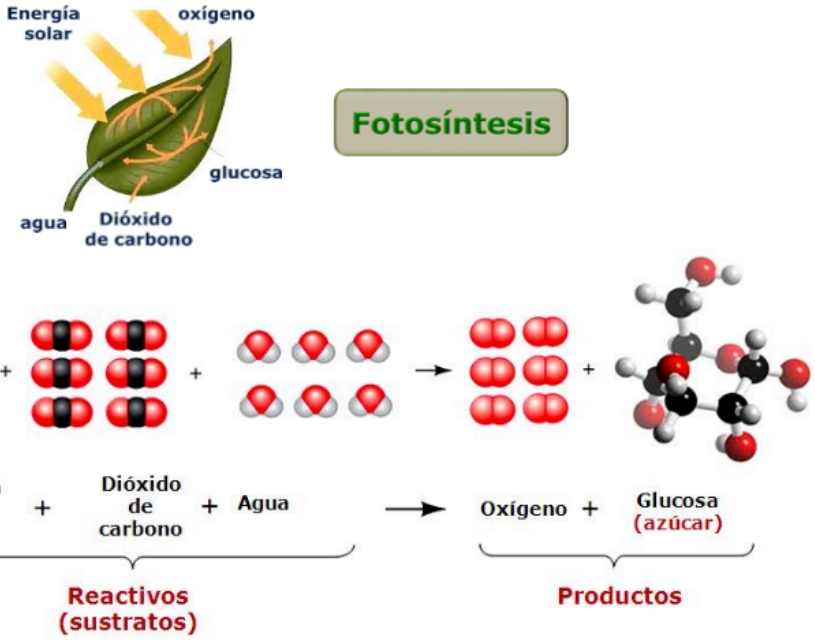
• Son **"cuesta arriba"**: pasan de sustancias con **baja energía** a productos de **alta energía**.

• No pueden ocurrir solas: **necesitan un aporte de energía** para llevarse a cabo.

Ejemplo: La **fotosíntesis**:

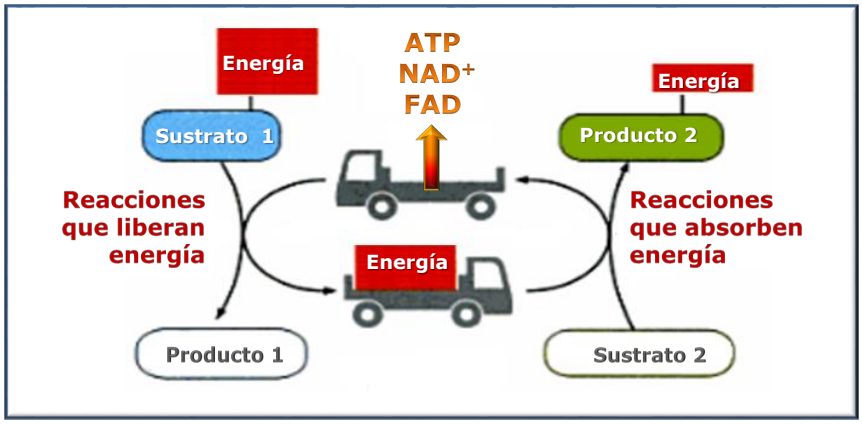
• Con dióxido de carbono y agua (baja energía) se forma glucosa y oxígeno (alta energía).

• Esto **solo es posible gracias a la energía del sol**.



⇒ REACCIONES ACOPLADAS: CÓMO SE CONECTAN UNAS CON OTRAS

Las células **acoplan reacciones exergónicas con reacciones endergónicas** para aprovechar la energía que se libera y usarla donde se necesita.



➤ **¿Qué significa "acoplar"?**

• La energía que **se libera** en una reacción exergónica se **usa directamente** para alimentar una reacción endergónica.

• Este proceso **no siempre ocurre en el mismo sitio**, por eso muchas veces se necesita:

• **Transportar energía**, por ejemplo, usando el ATP.

Ejemplo real en el cuerpo:

• Se descompone glucosa (exergónica → libera energía),

• esa energía se usa para formar proteínas o mover músculos (endergónicas → requieren energía).

⇒ TRANSPORTADORES DE ENERGÍA

Las células no solo producen y consumen energía: también necesitan **transportarla** de un sitio a otro. Para eso utilizan unas moléculas especializadas llamadas **transportadores de energía**.

➤ **1. ATP (Adenosín Trifosfato)**

• **El ATP** es el **principal transportador de energía en las células**, es la **"moneda energética" de ellas.**

• Su nombre completo es **adenosín trifosfato**.

• Es una molécula que **almacena y transporta energía dentro de la célula**.

• Cuando una célula necesita energía, **rompe uno de los enlaces del ATP**, liberando energía útil.

• Funciona como una especie de "batería portátil":



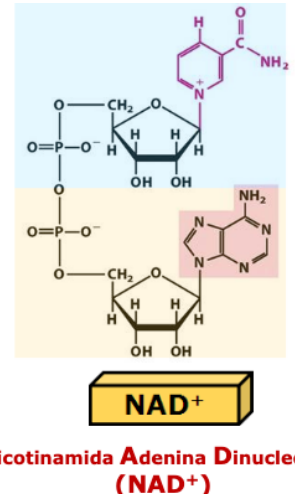
• Cuando **rompe uno de sus enlaces** fosfato, **libera energía** que puede usar la célula.

• Es muy versátil: puede **llevar energía a cualquier parte de la célula** para:

• contraer un músculo,

• hacer funcionar una bomba celular,

• o construir una proteína.



➤ **2. NAD⁺ (Nicotinamida Adenina Dinucleótido**

• Es un **transportador de electrones**.

• Se encuentra en forma **oxidada (NAD⁺)** y cuando **acepta electrones**, se convierte en **NADH**.

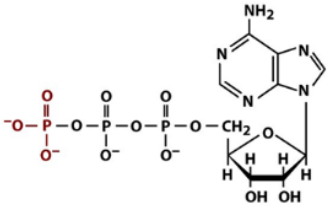
• Participa en muchas reacciones, sobre todo en la **respiración celular**, donde lleva electrones a la cadena de transporte electrónico, que es la parte donde se genera la mayor cantidad de ATP.

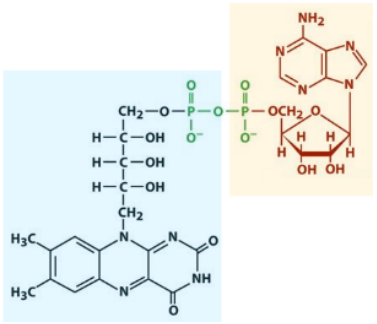
➤ **3. FAD (Flavina Adenina Dinucleótido)**

• Funciona parecido al NAD^+.

• También acepta electrones, convirtiéndose en **$FADH_2$**.

• Trabaja en reacciones del **ciclo de Krebs**, dentro de la respiración celular.





Flavina Adenina Dinucleótido (FAD)

🔹 **¿Por qué son tan importantes estos transportadores?**

• **Permiten que la energía llegue justo donde se necesita**, sin que se pierda.

• Ayudan a **conectar reacciones exergónicas y endergónicas**, formando parte del sistema de **reacciones acopladas**.

• Son fundamentales para **mantener la vida celular**, ya que sin ellos la célula no podría organizar ni distribuir la energía de forma eficiente.

⇒ ¿CÓMO ALMACENA Y LIBERA ENERGÍA EL ATP?

El ATP (**adenosín trifosfato**) tiene **tres grupos fosfato**. La clave está en el **último enlace** entre estos grupos.

• Para **formar el ATP a partir de ADP** (adenosín difosfato) y un fosfato libre, hace falta **mucha energía**.

• Esta energía se **capta de una reacción exergónica** (por ejemplo, la descomposición de la glucosa).

• El nuevo ATP queda con esa energía **guardada en el enlace** que une el fosfato añadido.

➤ **¿Cómo la libera?**

• Cuando la célula necesita energía, **rompe el último enlace del ATP**, convirtiéndolo de nuevo en **ADP + fosfato**.

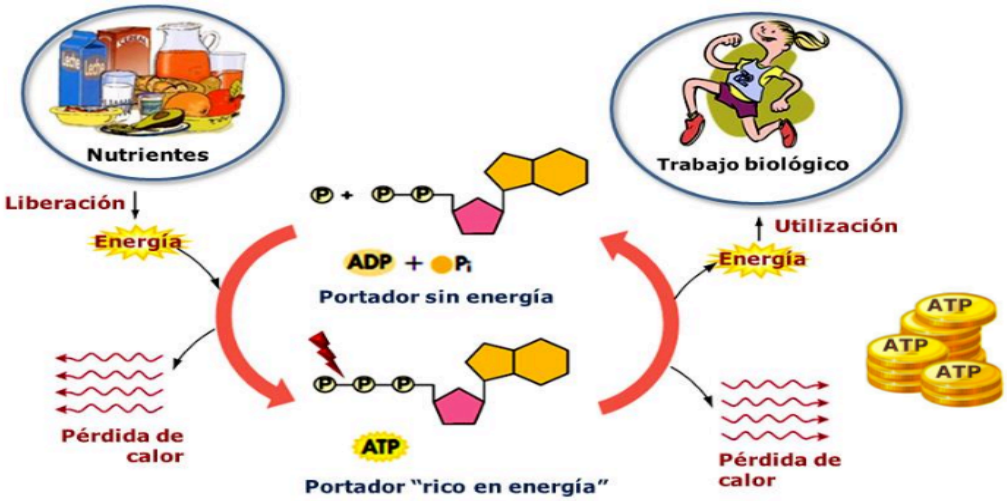
• **Esa rotura libera energía útil**, que la célula usa **donde lo necesita**: para fabricar proteínas, mover estructuras, transportar sustancias, etc.

🔹 **¿Por qué el ATP es tan eficaz?**

• Es **rápido de recargar** y **fácil de usar**.

• Es **portable**: se mueve fácilmente dentro de la célula.

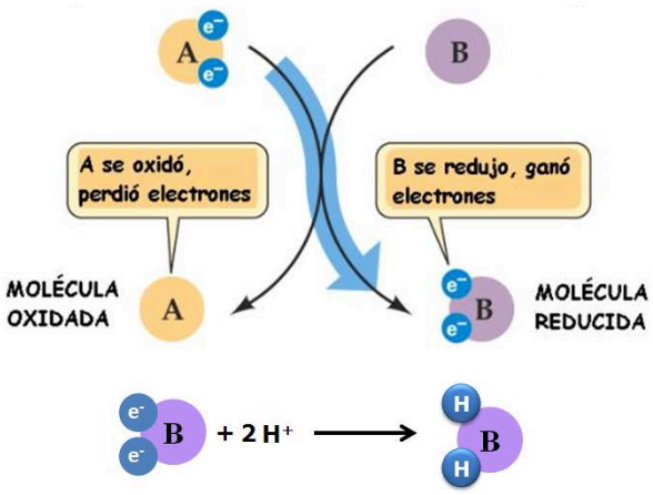
• Es **específico**: solo se activa en los sitios donde hace falta energía.



⇒ REACCIONES DE OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN (REDOX)

Estas reacciones son fundamentales en el metabolismo energético.

- **Oxidación** = pérdida de electrones
- **Reducción** = ganancia de electrones

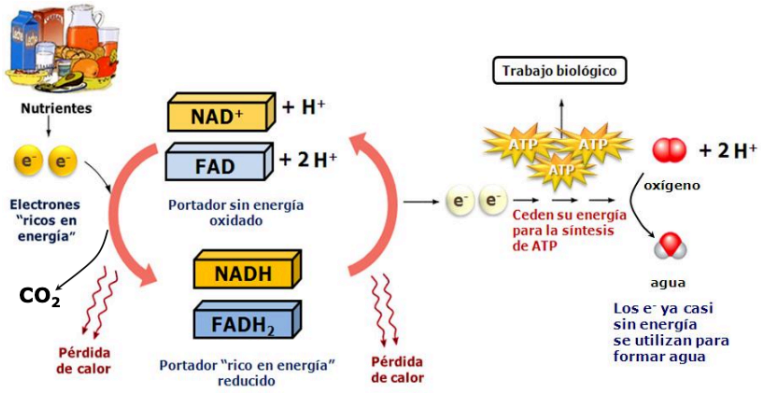


Van siempre unidas: si una sustancia se oxida, otra se reduce. Son esenciales en procesos como la **respiración celular** o la **fotosíntesis**.

⇒ Portadores de electrones

Además del ATP, hay moléculas que **transportan energía en forma de electrones**:

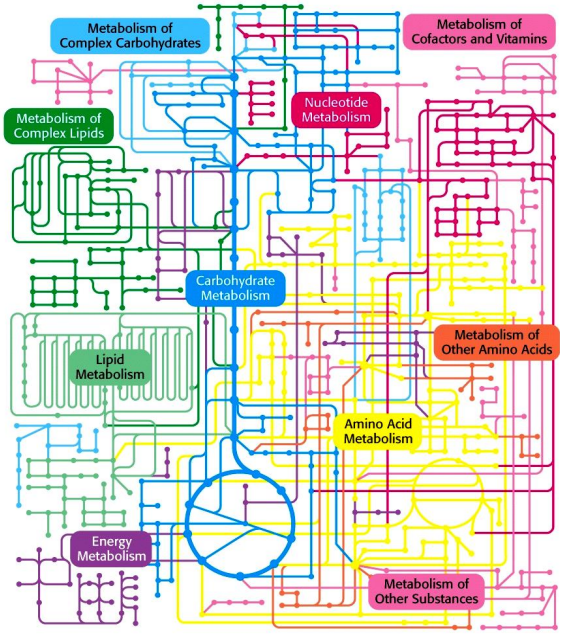
- **NADH** (derivado de NAD^+)
- **$FADH_2$** (derivado de FAD)

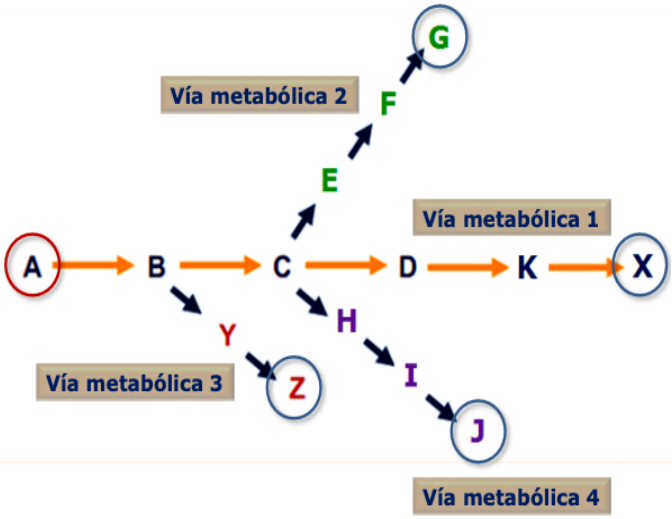


Estos compuestos llevan electrones a la **cadena de transporte electrónico**, donde se produce gran parte del ATP.

⇒ Metabolismo

- El **metabolismo** es el conjunto de **todas las reacciones químicas** que ocurren en un organismo.
- Estas reacciones se **organizan en rutas o vías metabólicas** que se encadenan unas con otras.





- Todas estas rutas se **entrecruzan** y forman una red muy compleja dentro de la célula.

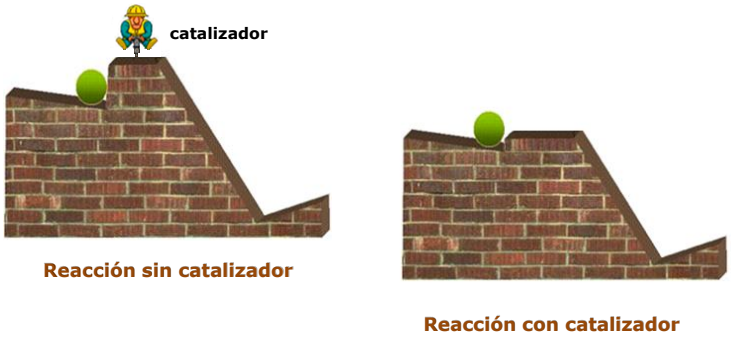
⇒ CATALIZADORES

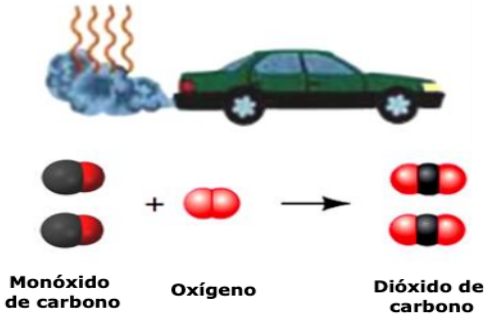
Los **catalizadores** aceleran las reacciones sin consumirse.

• **Disminuyen la energía de activación**, haciendo que las reacciones ocurran más rápido.

• No se alteran permanentemente.

• Solo aceleran reacciones que ya podrían ocurrir, pero muy lentamente.





Ejemplo cotidiano:

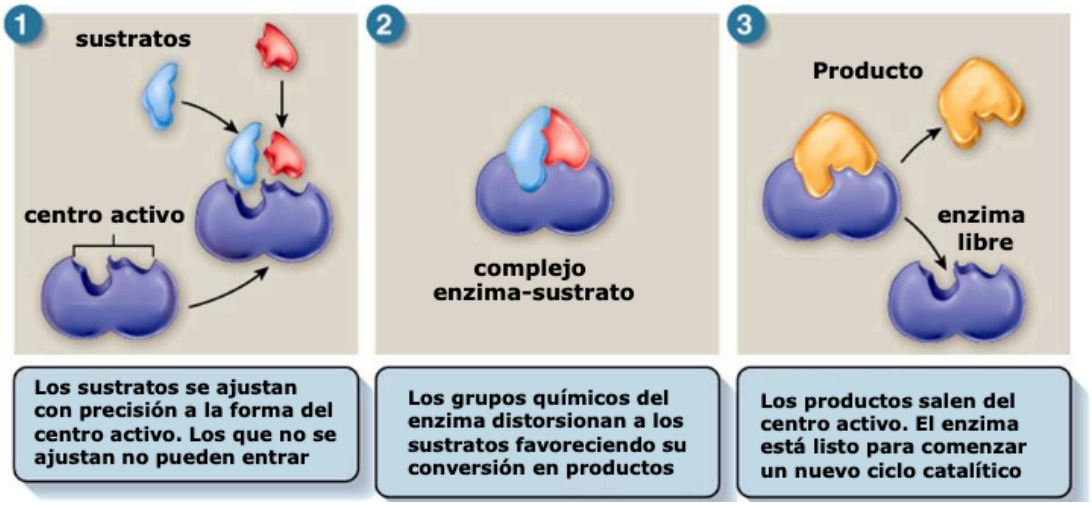
• En los coches, los catalizadores (hechos de platino, paladio o rodio) ayudan a transformar monóxido de carbono (muy contaminante) en dióxido de carbono.

⇒ Enzimas: los catalizadores biológicos

• Las **enzimas** son proteínas que **actúan como catalizadores en los seres vivos**.

• Son **muy específicas**: solo actúan sobre moléculas concretas (sustratos).

• Su actividad **puede regularse**.



Funcionamiento:

1. El sustrato encaja en el **centro activo** del enzima.
2. El enzima ayuda a transformar el sustrato en producto.
3. El producto se libera, y el enzima queda libre para actuar de nuevo.

⇒ FACTORES QUE AFECTAN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

➤ Temperatura

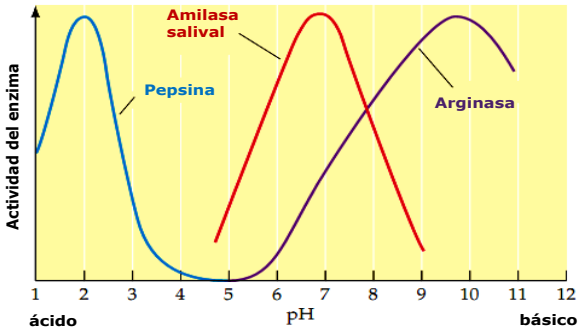
• Aumentar la temperatura **acelera** las reacciones hasta un punto.

• **Si se supera la temperatura óptima**, el enzima se **desnaturaliza** y **pierde su función**.

➤ pH

• Cada enzima tiene un **pH óptimo**, en el que actúa mejor.

• La mayoría funcionan bien entre **pH 6 y 8**, pero hay excepciones:

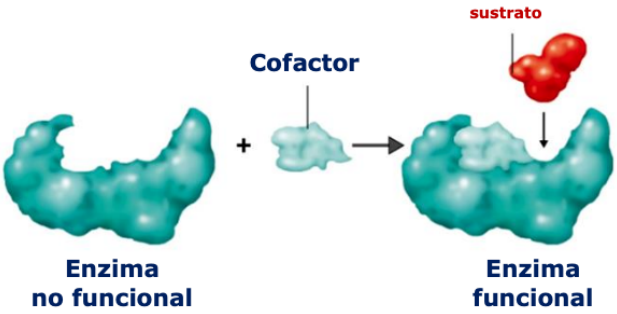


• La **pepsina** (del estómago) actúa en medios ácidos,

• La **amilasa salival** lo hace en medios neutros.

⇒ COFACTORES

Los **cofactores** son **moléculas o iones que ayudan a las enzimas a funcionar**.



• No son proteínas, pero se asocian con las enzimas.

• Sin ellos, **algunas enzimas no pueden funcionar correctamente**.

• Se pueden unir de forma:

• **Permanente** (formando parte de la estructura del enzima),

• o **reversible** (se acoplan temporalmente).

Tipos de cofactores:

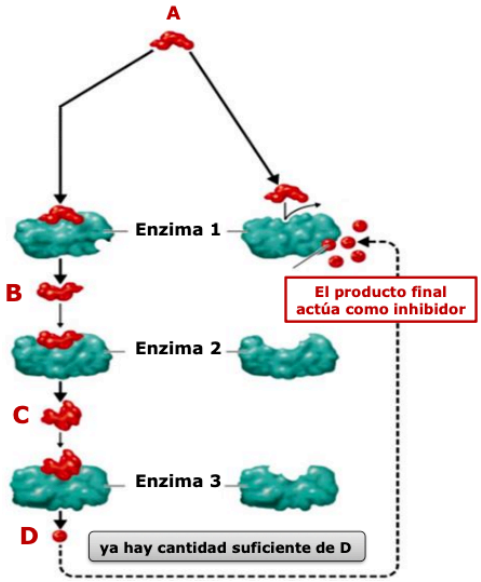
• **Iones metálicos**: como **zinc, hierro o cobre**.

• **Vitaminas**: muchas vitaminas actúan como cofactores o se transforman en ellos. Por eso es **esencial obtenerlas en la dieta**.

Ejemplo: Una enzima puede estar "inactiva" sola, pero cuando se une a su cofactor, se vuelve "activa" y puede actuar sobre el sustrato.

⇒ INHIBICIÓN DE LAS VÍAS METABÓLICAS

Las células necesitan **controlar cuándo y cuánto actúan sus rutas metabólicas**. Para eso utilizan un sistema muy eficaz:



➤ **Inhibición por el producto final**

• Cuando se **acumula el producto final** de una ruta, este **bloquea una enzima del inicio**.

• Es una especie de **retroalimentación negativa**.

• Así, la célula **evita gastar recursos produciendo algo que ya tiene en cantidad suficiente**.

Ejemplo simplificado:

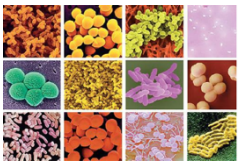
1. A se transforma en B (por la acción de una enzima),
2. luego en C, luego en D.
3. Si ya hay suficiente D, este **inhibe a la enzima que actúa sobre A**, y **toda la vía se detiene**.

TEMA 17: DEFENSAS DEL ORGANISMO FRENTE A LA ENFERMEDAD. SISTEMA INMUNE. ANTICUERPOS.

⇒ INTRODUCCIÓN GENERAL: ¿CÓMO SE DEFIENDE EL CUERPO FRENTE A LAS INVASIONES?

El cuerpo humano está en una **lucha constante** contra amenazas externas. Estas amenazas pueden ser:



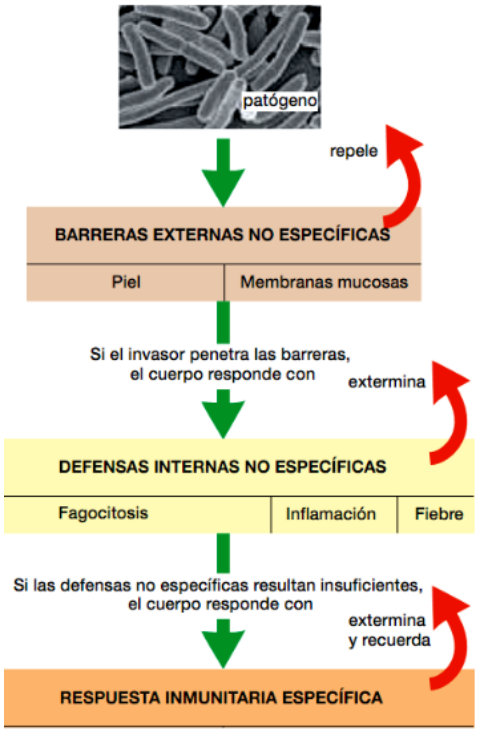


- **Microbios** (bacterias, virus, hongos, parásitos), que buscan entrar, multiplicarse y sobrevivir dentro del cuerpo.
- **Sustancias tóxicas** del entorno que pueden dañar células o tejidos.
- **Parásitos**, con los que mantenemos una especie de "guerra evolutiva": nuestras defensas mejoran, pero también mejoran sus formas de ataque.

⇒ NIVELES DE DEFENSA FRENTE A LAS INFECCIONES

Nuestro cuerpo tiene **tres líneas de defensa**, organizadas por nivel de complejidad y especificidad:

1. **Barreras externas** (primera línea):
   - Impiden que los microbios entren.
   - Son estructuras físicas o químicas, como la piel o el ácido del estómago.
2. **Defensas internas inespecíficas** (segunda línea):
   - Actúan contra cualquier invasor que haya superado las barreras externas.
   - No distinguen qué microbio es: reaccionan igual frente a todos.
3. **Respuesta inmunitaria específica** (tercera línea):
   - Es la defensa más sofisticada.
   - **Reconoce con precisión** al invasor.
   - Lo **destruye de forma selectiva**.
   - Además, **lo recuerda**, por si vuelve a aparecer (esto es la base de las vacunas).



Vamos con la **primera línea de defensa** del cuerpo: **las barreras externas**. Esta parte es fundamental porque es como tener una muralla que impide que los enemigos (microbios) entren al "castillo" (nuestro cuerpo).

⇒ BARRERAS EXTERNAS: LA PRIMERA LÍNEA DE DEFENSA

Su objetivo es claro: **evitar que los invasores entren**. Estas barreras se encuentran en **superficies del cuerpo que están en contacto con el ambiente exterior**, como la piel, los ojos, la boca, los pulmones o el aparato digestivo.

VEAMOS UNA POR UNA:

ZONA O SISTEMA	MECANISMO DE DEFENSA
Ojos (lágrimas)	Limpian el ojo y contienen **lisozima**, una enzima que destruye bacterias.
Piel	Barrera física muy resistente. Además: – Tiene un **pH ácido** que impide microbios. – Las glándulas sudoríparas y sebáceas secretan sustancias **antimicrobianas**.
Boca (saliva)	Arrastra microbios fuera de la cavidad bucal.
Tracto respiratorio	Produce **moco** que atrapa patógenos. Los cilios (pelitos móviles) los expulsan.
Estómago	Su **ácido** (pH) mata a la mayoría de los microbios que llegan con los alimentos.
Vejiga urinaria	La orina arrastra microbios fuera del tracto urinario (uretra).
Intestino grueso	Contiene muchas **bacterias beneficiosas** que impiden que otros microbios dañinos colonicen el intestino.

Estas barreras **no atacan directamente a los microbios**, pero **impiden que entren** o bien **los arrastran fuera**. Son como filtros o trampas naturales.



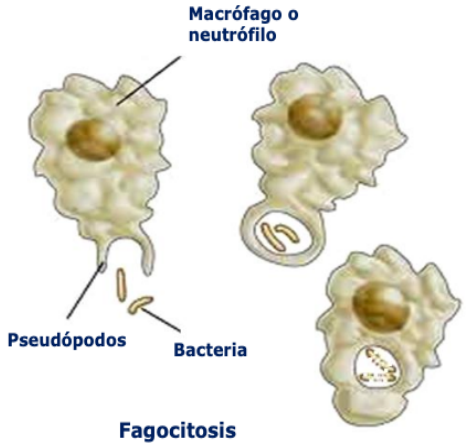


⇒ **DEFENSAS INTERNAS INESPECÍFICAS**

Estas entran en acción cuando un microbio consigue **superar las barreras externas** y logra penetrar en el cuerpo.

Se llaman **inespecíficas** porque **no distinguen entre tipos concretos de invasores**: atacan a todo lo que parezca extraño. Actúan siempre igual, sea cual sea el patógeno (virus, bacteria, hongo…).

Estas defensas se dividen en **cuatro categorías principales**:



1. Células fagocíticas (destruyen a los microbios invasores)

• Son **glóbulos blancos especializados**, como los **macrófagos** y **neutrófilos**.

• **Patrullan el cuerpo**, moviéndose por los capilares y tejidos.

• Cuando detectan algo extraño (bacterias, virus, restos celulares), lo **engullen** mediante un proceso llamado **fagocitosis**.

Imagina que extienden unos "brazos" (llamados **pseudópodos**) para rodear al microbio y encerrarlo en su interior, donde lo destruyen.

2. Respuesta inflamatoria

Se desencadena cuando hay un daño físico (como una herida) o una infección. Su objetivo es **aislar al invasor y facilitar que lleguen más defensas**.





¿Qué ocurre?

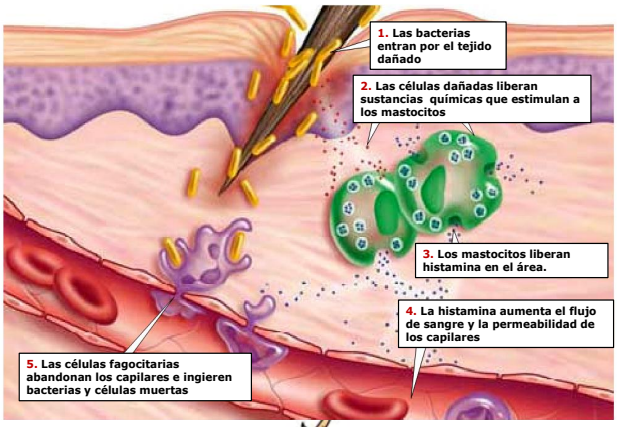
1. Las bacterias entran por el tejido dañado.
2. Las células del área liberan sustancias químicas de alarma.
3. Los **mastocitos** (otro tipo de célula defensiva) liberan **histamina**.

4. La histamina provoca:

• Mayor flujo sanguíneo (llega más "ejército" al lugar).

• Mayor permeabilidad de los capilares (los glóbulos blancos pueden salir hacia el tejido afectado).

5. Las células fagocíticas salen de los capilares y eliminan bacterias y células muertas.



Cuando esto ocurre sentimos dolor, calor, enrojecimiento e hinchazón.

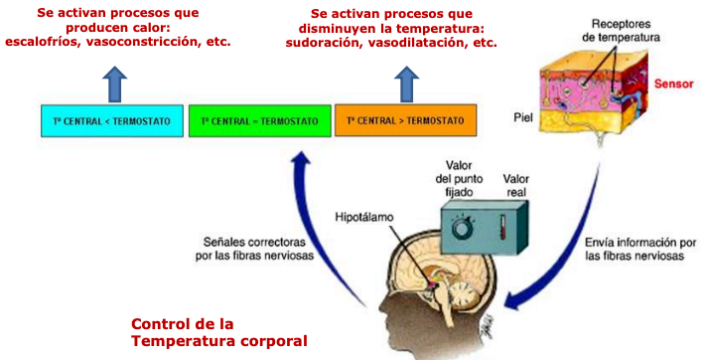


Esas molestias indican que el cuerpo **está defendiendo la zona**. Aunque molesta, es una buena señal.

3. Fiebre

• Cuando el cuerpo detecta una infección, **sube la temperatura corporal**.

• Esto lo controla el **hipotálamo**, que actúa como un "termostato".



• La fiebre ayuda porque:

• **Dificulta la vida de muchos microbios.**

• **Acelera la actividad de nuestras células defensivas.**

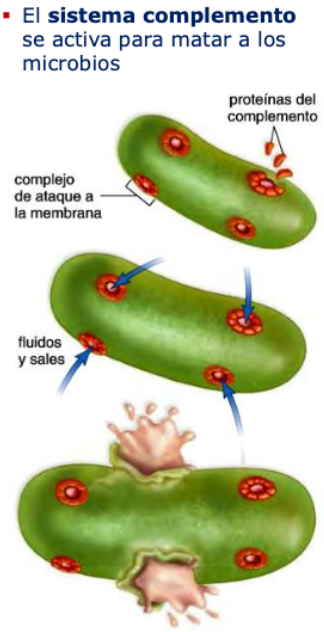
También se ponen en marcha mecanismos que **regulan esa temperatura**, como los escalofríos (para subirla) o la sudoración (para bajarla).

4. Proteínas defensivas

El cuerpo produce ciertas proteínas que ayudan a combatir infecciones:

• **Interferón**: lo liberan las células infectadas para avisar a las células vecinas y que se preparen.

• **Sistema del complemento**: es un conjunto de proteínas que **atacan directamente a los microbios**, perforando sus membranas.



Estas defensas actúan rápidamente, pero **no "recuerdan" al invasor**. Por eso, si el microbio regresa, el cuerpo no está mejor preparado…

Eso lo hace la tercera línea: la respuesta inmune específica.

Aquí es donde entra en juego el **sistema inmune adaptativo**, capaz de **reconocer con precisión a cada invasor, destruirlo y recordarlo**.

⇒ **TERCERA LÍNEA DE DEFENSA: RESPUESTA INMUNITARIA ESPECÍFICA**

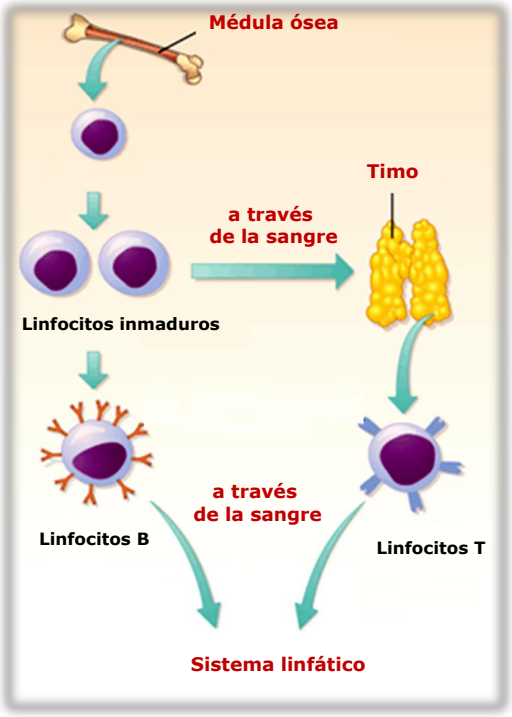
Esta parte del sistema defensivo ya no actúa igual frente a cualquier cosa: **se adapta al invasor concreto**. Se basa en dos tipos principales de **glóbulos blancos especializados**, llamados **linfocitos**:

1. Linfocitos B

• Se encargan de la **inmunidad humoral** (en los líquidos del cuerpo como la sangre o la linfa).

• Cuando detectan un microbio, producen **anticuerpos** específicos contra él.

• Esos **anticuerpos** se unen a los microbios y los neutralizan o los marcan para que otros glóbulos blancos los destruyan.



Imagina que los anticuerpos son como llaves que encajan en cerraduras únicas (los antígenos) del invasor.

2. Linfocitos T

• Se encargan de la **inmunidad celular**.

• Hay dos tipos clave:

• **T citotóxicos (CD8+)**: destruyen células del cuerpo que ya están infectadas (por ejemplo, por un virus).

• **T colaboradores o "helper" (CD4+)**: activan a otras células del sistema inmune (como los linfocitos B o los macrófagos).

🔸 **¿Qué hace que esta respuesta sea "específica"?**

• Cada linfocito B o T **reconoce un antígeno concreto**, como si tuviera un radar único.

• Una vez activado, se **multiplica** y forma un "ejército" de clones especializados contra ese invasor.

• Además, algunos se convierten en **células de memoria**, que **guardan la información del enemigo** durante años o toda la vida.

🔸 **¿Qué es un antígeno?**

• Es cualquier sustancia que el cuerpo reconoce como "extraña".

• Normalmente está en la superficie de virus, bacterias, hongos, etc.

• Es como un "carné de identidad" del invasor, que permite que el sistema inmune lo detecte y lo ataque.

🔸 **¿Qué son los anticuerpos?**

• Son **proteínas en forma de Y**, fabricadas por los linfocitos B.

• Cada tipo de anticuerpo **reconoce un antígeno específico**.

• Al unirse a él, **impiden que el microbio actúe** o lo marcan para su destrucción.

🔸 **¿Por qué "recordamos" una infección?**

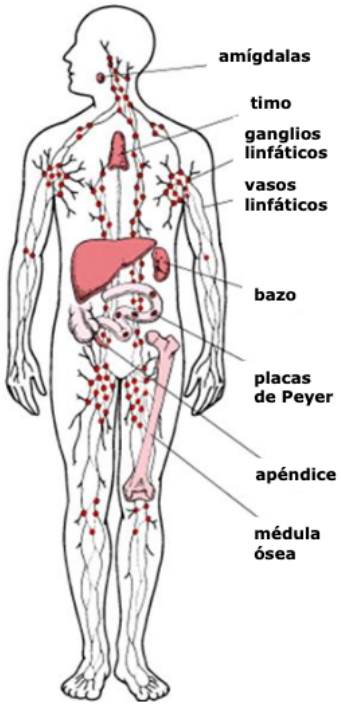
Gracias a las **células de memoria**, si un mismo microbio vuelve a entrar, el cuerpo **responde más rápido y con más fuerza**, a veces sin que lleguemos a enfermar.

Esto es **la base de las vacunas**, que nos exponen a un antígeno sin causar enfermedad, para que el cuerpo aprenda a defenderse.

⇒ CAMPO DE BATALLA: EL SISTEMA LINFÁTICO

Antes de que el cuerpo lance su respuesta inmunitaria específica, conviene saber **dónde sucede gran parte de esta batalla**: en el **sistema linfático**. Este sistema **acompaña al sistema circulatorio**, pero en lugar de transportar sangre, transporta un líquido llamado **linfa**, que arrastra células inmunitarias y microbios.

Componentes del sistema linfático:



• **Vasos linfáticos**: son como "tuberías" por donde circula la linfa.

• **Ganglios linfáticos**: pequeños órganos donde se **filtra la linfa** y se reúnen los linfocitos (células inmunitarias) con los microbios. Aquí se libra gran parte del combate.

• **Timo**: órgano donde maduran los linfocitos T.

• **Amígdalas**: protegen la entrada del sistema digestivo y respiratorio.

• **Apéndice**: forma parte del tejido linfoide del intestino.

• **Bazo**: filtra la sangre y elimina glóbulos rojos viejos, pero también colabora en la defensa inmunitaria.

• **Médula ósea**: produce células sanguíneas, incluidas las del sistema inmune.

• **Placas de Peyer**: agrupaciones de tejido linfático situadas en el intestino delgado, que detectan patógenos en los alimentos.

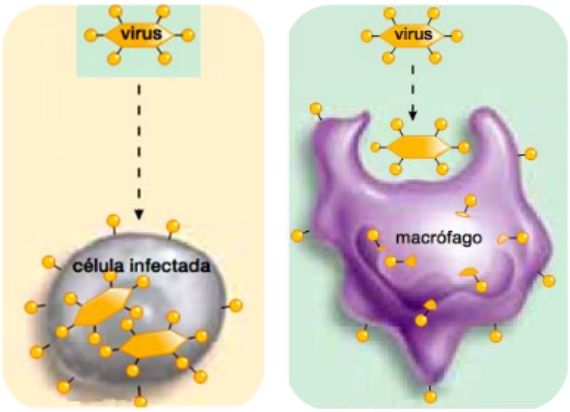
Cuando el cuerpo está luchando contra una infección, **los ganglios linfáticos se inflaman**. Esto es porque en ellos se está produciendo una gran actividad: proliferan linfocitos, se destruyen microbios, se generan células de memoria.

⇒ PASOS DE LA RESPUESTA INMUNITARIA

Esto es el núcleo del sistema inmune adaptativo. Entra en funcionamiento cuando un microorganismo ha conseguido superar las defensas generales (barreras físicas y defensas inespecíficas) y el cuerpo necesita un ataque dirigido **sólo contra ese enemigo concreto**.

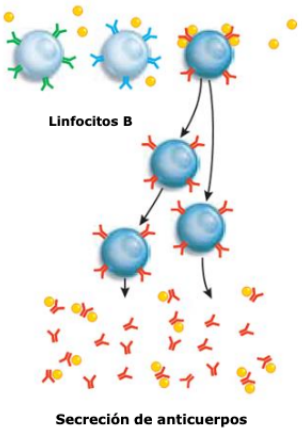
📌 Paso 1: Reconocer al invasor

El sistema inmune reconoce sustancias que **no pertenecen al cuerpo**. A esas sustancias las llamamos **antígenos**.



¿Qué puede ser un antígeno?

• Una **proteína** en la superficie de una bacteria o virus.



• Una **toxina** (como el veneno de serpientes o algunas sustancias liberadas por bacterias).

• Un fragmento de célula infectada.

Estos antígenos **pueden encontrarse**:

• En la **superficie** de un microbio invasor.

• En la **membrana de células del cuerpo que están infectadas**.

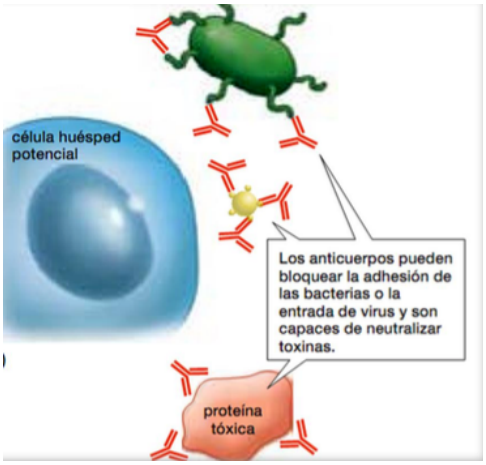
• **Disueltos en la sangre**, como las toxinas.

El cuerpo reconoce estos antígenos como extraños y prepara su respuesta específica.

📌 Paso 2: Lanzar el ataque

Este paso lo llevan a cabo los **linfocitos B y T**, cada uno con una función distinta.

a) Actuación de los linfocitos B



• Los linfocitos B están **circulando en los líquidos corporales** (sangre, linfa, etc.).

• Cada uno de ellos tiene proteínas en su superficie que **encajan como una llave** solo con un antígeno determinado.

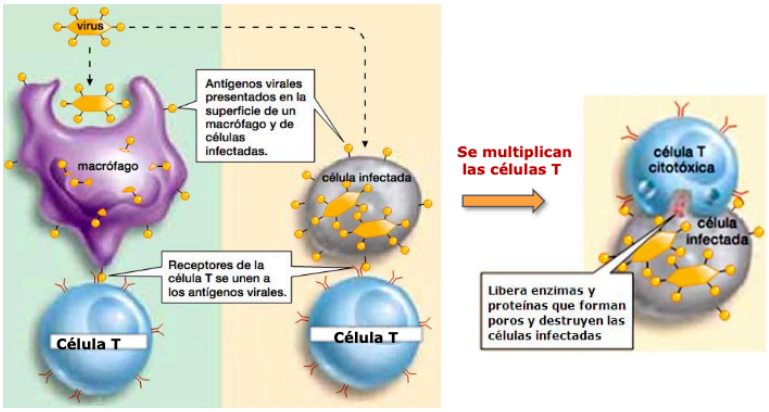
• Cuando un linfocito B **detecta su antígeno específico**, se activa.

Entonces:

1. **Se multiplica**, formando muchas copias de sí mismo.
2. Se transforma en **células plasmáticas**, que **fabrican y secretan anticuerpos**.
3. Esos **anticuerpos** se unen al antígeno y:
   • Lo neutralizan (lo bloquean para que no cause daño).
   • Lo marcan para que otras células inmunitarias lo destruyan.

Los linfocitos B no atacan directamente, **usan anticuerpos como armas a distancia.**

b) Actuación de los linfocitos T



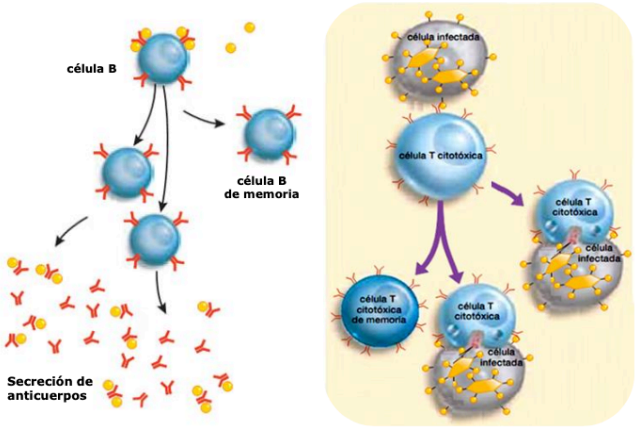
• Estas células **no fabrican anticuerpos**. Actúan **directamente sobre las células infectadas**.

¿Cómo funciona?

1. Una célula del cuerpo infectada por un virus **muestra en su superficie fragmentos del invasor** (antígenos).
2. Los **linfocitos T citotóxicos** reconocen esos antígenos como señales de alarma.
3. Se **multiplican** y atacan directamente a esas células infectadas, **destruyéndolas**.

Es como si las células infectadas alzaran una bandera diciendo "¡estoy tomada!", y los linfocitos T fueran comandos que entran a eliminar la amenaza desde dentro.

🔷 Paso 3: El sistema inmunitario recuerda al invasor



Esto es **una de las características más importantes del sistema inmune adaptativo**: su capacidad de **recordar al invasor**.

Cuando el cuerpo logra superar una infección, no se limita solo a eliminar al enemigo. Hace algo más inteligente: **conserva una "huella" de ese microbio**, para estar preparado por si vuelve a aparecer.

📌 ¿Cómo guarda esa memoria?

Durante la respuesta inmunitaria (mientras los linfocitos B y T se multiplican para combatir al invasor), **una parte de esas células se convierte en "células de memoria"**:

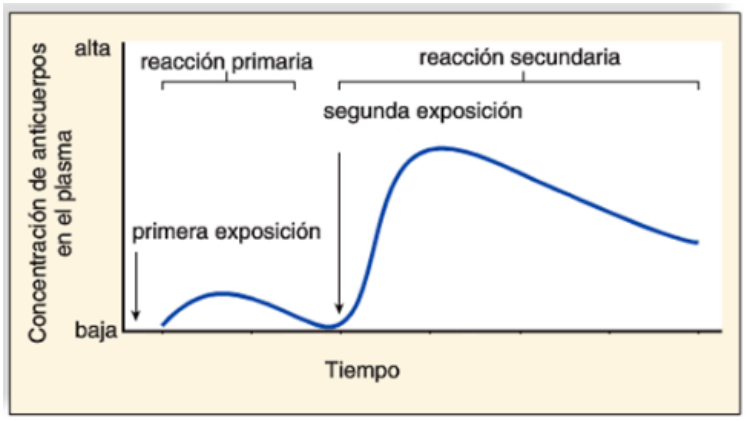
• **Linfocitos B de memoria**: recuerdan el antígeno específico y pueden fabricar anticuerpos rápidamente si vuelve a presentarse.

• **Linfocitos T de memoria**: pueden reaccionar de inmediato ante una célula infectada con ese mismo patógeno.

Estas células **viven mucho tiempo**, a veces **años o incluso toda la vida**.

📌 **¿Qué ocurre si el mismo microbio invade el cuerpo de nuevo?**

1. Las **células de memoria lo reconocen enseguida**.
2. Se **activan rápidamente** y se multiplican.
3. Se producen **grandes cantidades de anticuerpos** (por parte de las B) y se movilizan los T citotóxicos.
4. En muchos casos, el cuerpo **neutraliza el microbio antes de que pueda hacernos enfermar**.



Esto es lo que ocurre con enfermedades como la varicela: una vez superada, el cuerpo "recuerda" ese virus y no volvemos a pasarla (salvo en casos muy concretos, como una bajada grave de defensas).

📌 **Entonces… ¿por qué seguimos resfriándonos o cogiendo la gripe?**

Esta es una buena pregunta. La explicación está en que **virus como los del resfriado y la gripe cambian mucho con el tiempo**. Sus antígenos mutan, es decir, **se modifican**, y entonces **el sistema inmune ya no los reconoce como iguales**.

Es como si el microbio se disfrazara con un traje nuevo. El cuerpo tiene buena memoria, pero si el enemigo ha cambiado de cara, no lo identifica como una amenaza conocida.

Por eso, por ejemplo, **la vacuna de la gripe cambia cada año**, adaptándose a las nuevas variantes del virus.

🔴 TIPOS DE INMUNIDAD

Ya hemo visto que La **inmunidad** es la capacidad del cuerpo para **defenderse de agentes extraños** como virus, bacterias, parásitos o toxinas. Puede clasificarse en **dos grandes grupos**:





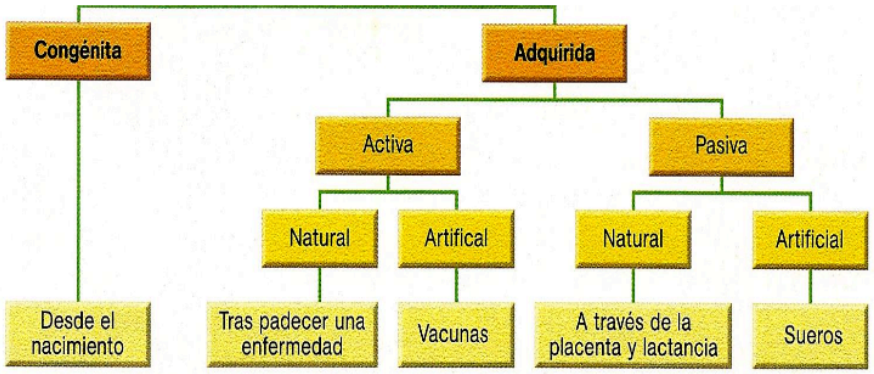


1. 🔹 INMUNIDAD CONGÉNITA (o innata)

• Es la inmunidad con la que **nacemos**.

• **No requiere exposición previa** al microbio para funcionar.

• Es **general** y no específica: **actúa igual frente a cualquier amenaza**.



Ejemplos:

- La **barrera de la piel**.
- El **ácido gástrico** del estómago.
- Las **lágrimas**, la **saliva**, y las **células fagocíticas**.
- La inmunidad **pasiva** que recibe el feto por la placenta.

Es como tener un sistema de vigilancia que **ya viene instalado de serie** desde el nacimiento.

2. 🔷 INMUNIDAD ADQUIRIDA (o adaptativa)

- Se desarrolla **después del nacimiento**, al entrar en contacto con un microbio o mediante vacunas.
- Es **específica**: reconoce **a cada invasor concreto**.
- Tiene **memoria inmunológica**: si el microbio vuelve, **responde más rápido y mejor**.

Se divide en **dos tipos principales**:

2.1. 🟢 INMUNIDAD ADQUIRIDA ACTIVA

El propio cuerpo es el que **produce sus defensas (anticuerpos y linfocitos)**. Puede ser:

a) Natural

- Aparece de forma espontánea **tras pasar una enfermedad**.
- El cuerpo ha combatido al microbio y ha generado **células de memoria**.

Ejemplo: si se ha tenido varicela, probablemente no se volverá a tener.

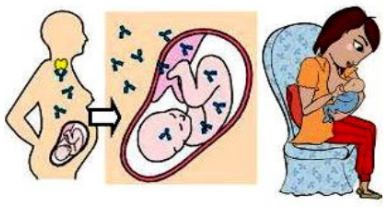
b) Artificial

- Se consigue **mediante vacunas**.
- El cuerpo produce defensas sin haber padecido la enfermedad.
- La vacuna **imita al microbio** para que el sistema inmune aprenda a reconocerlo.

Ejemplo: la vacuna contra el sarampión o el tétanos.

2.2. 🟣 INMUNIDAD ADQUIRIDA PASIVA

Aquí el cuerpo **no produce las defensas**, sino que **las recibe ya hechas** desde fuera. Es útil cuando se necesita **protección inmediata**.



a) Natural

- El bebé recibe anticuerpos de la madre:
- A través de la **placenta** durante el embarazo.
- Por la **leche materna** durante la lactancia.

Es una protección es inmediata pero temporal hasta que el sistema inmune del bebé se desarrolle con la formación de células de memoria.

b) Artificial

- Se administran **anticuerpos ya preparados** (en forma de **sueros**).
- Se usa cuando hay una exposición inmediata a una enfermedad y **no hay tiempo para que la vacuna haga efecto**.

Ejemplo: si alguien se expone a la rabia o al veneno de una serpiente, se le puede dar **suero antirrábico o antiveneno**.

COMPARACIÓN GENERAL

TIPO DE INMUNIDAD	¿QUIÉN PRODUCE LAS DEFENSAS?	¿CUÁNDO APARECE?	¿TIENE MEMORIA INMUNOLÓGICA?
Congénita (innata)	El propio cuerpo	Desde el nacimiento	❌ No
Adquirida activa	El propio cuerpo	Tras infección o vacunación	✅ Sí
Adquirida pasiva	Otro organismo (madre o suero)	Durante el embarazo/lactancia o tras inyección	❌ No

🔹 **¿Se puede mejorar la respuesta inmunitaria?**

Sí, el cuerpo puede ser preparado para responder **de forma más eficaz y rápida** a un microbio, **antes incluso de que haya una infección real**. Eso es lo que hacen las vacunas.

🔹 **Inmunidad activa artificial: la vacunación**

La **vacunación** es un procedimiento médico que consiste en **introducir en el cuerpo una versión inofensiva del microbio**, o partes de él, para que el sistema inmune **aprenda a reconocerlo y a defenderse**, sin que llegues a enfermar.

VEAMOS LOS TIPOS DE VACUNAS:

TIPO DE VACUNA	¿QUÉ CONTIENE?	¿CÓMO ACTÚA?
Patógenos muertos o inactivados	Microbios que han sido eliminados por **calor o sustancias químicas**.	No se multiplican, pero **estimulan al sistema inmune** porque sus antígenos siguen presentes.
Patógenos atenuados	Microbios **vivos pero debilitados**, incapaces de causar enfermedad.	Se **multiplican un poco**, pero no enferman. Activan una **respuesta inmunitaria fuerte y duradera**.
Subunidades del patógeno	Solo fragmentos del microbio, como **proteínas o azúcares de su envoltura**.	No hay ningún microbio vivo, pero **se genera igualmente una respuesta inmune específica**.

📌 **¿Qué consiguen las vacunas?**

• Estimulan la **producción de linfocitos B y T de memoria**.

• Gracias a esto, el cuerpo **reacciona muy rápidamente** si el verdadero patógeno entra más adelante.

• Por eso, una persona vacunada **puede evitar enfermar o tener síntomas muy leves**.

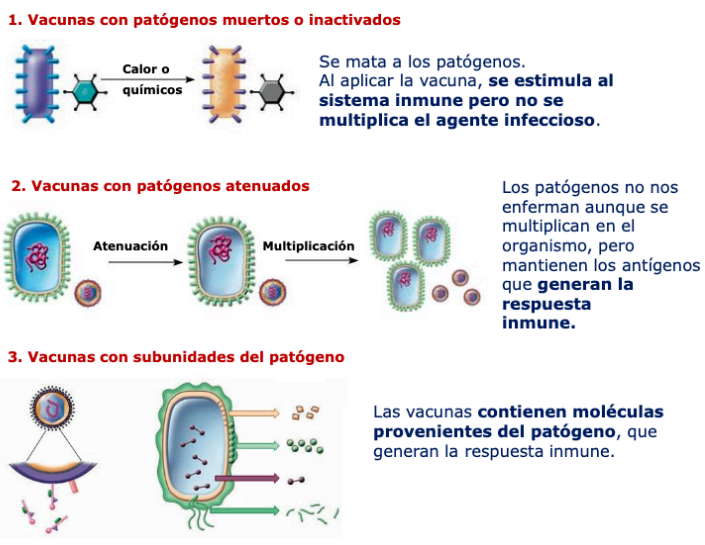
Es como tener un ejército preparado **antes de que estalle la guerra**.

📌 **Enfermedades que se previenen con vacunas**

Muchas enfermedades graves hoy se controlan o se han eliminado en muchas zonas gracias a la vacunación:

- Poliomielitis
- Difteria
- Fiebre tifoidea
- Paperas
- Sarampión

Cada una de estas enfermedades ha causado en el pasado **epidemias** con miles de muertes o secuelas. Hoy, **gracias a las vacunas**, en muchos países prácticamente han desaparecido.



⇒ ¿QUÉ PASA CUANDO EL SISTEMA INMUNITARIO FALLA?

1. Se producen alergias

¿Qué es una alergia?

Es una **respuesta inmunitaria exagerada y equivocada**. El cuerpo reacciona **como si hubiera un peligro**, cuando en realidad **el agente es inofensivo** (como el polen, ciertos alimentos, ácaros, pelo de animales, etc.).



1. Alergias

¿Qué ocurre entonces?

1. **El polen entra al cuerpo** (por nariz, ojos, boca…).
2. Una **célula B** reconoce alguna molécula del polen como peligrosa (aunque no lo es).
3. La célula B se **activa y se multiplica**, produciendo **anticuerpos contra ese polen**.
4. Estos anticuerpos **se pegan a la membrana de los mastocitos** (unas células que contienen sustancias químicas inflamatorias).
5. **Cuando la persona vuelve a estar en contacto con el polen**, los mastocitos **liberan histamina**.

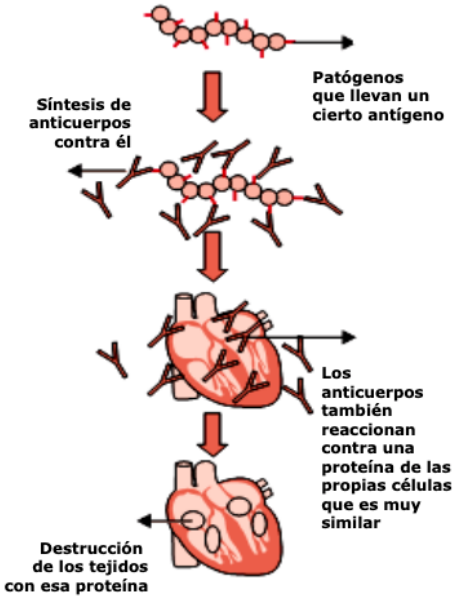
¿Qué hace la histamina?

Provoca los **síntomas de alergia**:

- Estornudos
- Lagrimeo
- Mucosidad
- Inflamación
- Picor o urticaria

El cuerpo está actuando **como si hubiera una invasión peligrosa**, cuando en realidad el polen no es una amenaza real.

2. Enfermedades autoinmunes



¿Qué son?

Son enfermedades donde el sistema inmunitario **ataca por error al propio cuerpo**, como si algunas partes del organismo **fueran invasores**.

¿Cómo puede suceder esto?

Una hipótesis es la siguiente:

1. Una persona sufre una **infección por un microbio** que contiene un **antígeno parecido a una proteína de sus propias células**.
2. El cuerpo produce **anticuerpos contra ese microbio**.
3. Como ese antígeno se parece a una molécula propia, **los anticuerpos también reaccionan contra las células del cuerpo**.
4. El resultado es que el sistema inmune **destruye tejidos sanos**.

EJEMPLOS DE ENFERMEDADES AUTOINMUNES:

ENFERMEDAD	TEJIDO ATACADO
Anemias autoinmunes	Glóbulos rojos
Diabetes tipo 1	Células del páncreas productoras de insulina
Esclerosis múltiple	Capa protectora de las neuronas (mielina)
Artritis reumatoide	Articulaciones

En todos estos casos, **el sistema inmunitario se confunde y ataca al cuerpo como si fuera un enemigo**.

CUADRO CON LOS PRINCIPALES FALLOS DEL SISTEMA INMUNITARIO:

TIPO DE FALLO	DEFINICIÓN	MECANISMO	CONSECUENCIAS / EJEMPLOS
Alergias	Respuesta exagerada frente a sustancias inofensivas	1. Célula B produce anticuerpos contra algo inofensivo (como el polen).2. Los anticuerpos se unen a **mastocitos**.3. Al nuevo contacto, los mastocitos **liberan histamina**.	Estornudos, mucosidad, lagrimeo, urticaria.
Enfermedades autoinmunes	El sistema inmune **ataca por error al propio cuerpo**	1. Se produce un anticuerpo contra un microbio.2. Ese anticuerpo también reconoce una proteína **propia**, similar.3. **Destruye células y tejidos sanos**.	–Diabetes tipo 1 (páncreas) – Esclerosis múltiple (neuronas) –Artritis reumatoide (articulaciones) – Anemias autoinmunes

TEMA 18: RADICALES LIBRES Y DEFENSA ANTIOXIDANTE

🔷 OXIDACIÓN-REDUCCIÓN

Aquí se introduce un concepto fundamental en bioquímica:

• **Oxidación**: es el proceso por el cual un átomo o molécula **pierde** uno o más electrones. Al perder electrones, la sustancia se **oxida**.

• **Reducción**: es el proceso inverso, donde un átomo o molécula **gana** electrones. Al ganarlos, la sustancia se **reduce**.

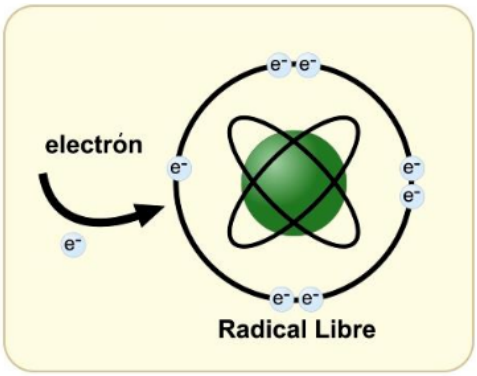


Estos dos procesos siempre ocurren juntos y se conocen como **reacciones redox**: mientras una sustancia se oxida, otra se reduce.

💡 Ejemplo sencillo: si el hierro (Fe) pierde electrones, se oxida. Si el oxígeno los gana, se reduce. Es lo que ocurre, por ejemplo, cuando el hierro se oxida y se forma óxido (herrumbre).



🔷 ¿QUÉ SON LOS RADICALES LIBRES?



Aquí comienza el núcleo del tema:

• Los **átomos y moléculas** suelen ser **estables** cuando tienen todos sus **electrones emparejados** en la capa más externa (la llamada "capa de valencia").

• Un **radical libre** es un **átomo o molécula con uno o más electrones no emparejados** en esa capa externa.

• Esa **falta de emparejamiento** hace que el radical libre sea **extremadamente inestable y reactivo**, porque tiende a buscar otro electrón que le permita estabilizarse.

💡 Es como una persona que ha perdido a su pareja en un baile y va dando tumbos por la pista tratando de emparejarse con alguien, aunque eso cause desajustes a su alrededor.

🔶 ¿Por qué son peligrosos?

• Porque en su intento de robar un electrón para estabilizarse, **atacan a otras moléculas normales** del cuerpo (como proteínas, lípidos o ADN).

• Así, **las dañan**, y en muchos casos **las convierten también en radicales libres**, generando una especie de "cadena de destrucción".

🔷 AMPLIFICACIÓN DE LOS RADICALES LIBRES

Aquí se explica un fenómeno muy importante: **la reacción en cadena** que pueden provocar los radicales libres. Mira cómo funciona:

1. Un **radical libre roba un electrón** a una molécula estable para estabilizarse él mismo.

2. Pero al hacerlo, **convierte esa molécula estable en otro radical libre**, porque le ha dejado con un electrón desemparejado.

3. Este nuevo radical **buscará estabilizarse también**, robando otro electrón a otra molécula… y así sucesivamente.

Este proceso se llama **amplificación** o **reacción en cadena**. Es muy peligrosa porque puede extender el daño por muchas partes de la célula.

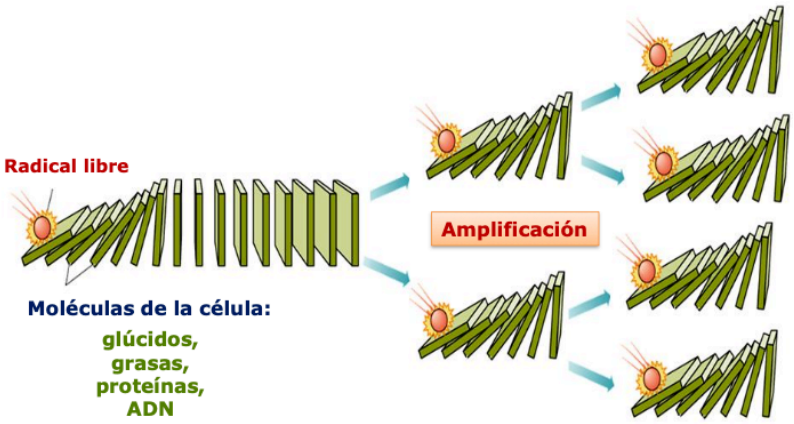
🔸 ¿A quién atacan?

Los radicales libres pueden atacar a cualquier tipo de molécula celular:

- **Glúcidos** (azúcares)
- **Grasas** (especialmente los lípidos de membrana)
- **Proteínas**
- **Ácidos nucleicos** (como el ADN)

🔸 En la Imagen vemos el esquema que ilustra esa cascada de daños:

- Se ve un radical libre atacando una molécula (por ejemplo, un lípido o proteína).
- Esa molécula queda convertida en otro radical, que ataca a la siguiente.
- Se produce así una "reacción en cadena" o **efecto multiplicador** del daño.



💬 En resumen: un solo radical libre puede dar origen a **una cascada de reacciones** que dañan múltiples componentes celulares.

🔹 ALTERACIONES EN LOS LÍPIDOS DE MEMBRANA

Esto es uno de los objetivos más vulnerables de los radicales libres: los **lípidos de membrana**.

🔸 ¿Qué son los lípidos de membrana?

- Las **membranas celulares** están formadas principalmente por una **bicapa lipídica**, es decir, una doble capa de **fosfolípidos**.
- Estos fosfolípidos contienen **ácidos grasos poliinsaturados**, que tienen varios dobles enlaces en su estructura.
- Esos dobles enlaces son **puntos débiles**, lo que los hace muy vulnerables al ataque de los radicales libres.

🔸 ¿Qué pasa cuando son atacados?

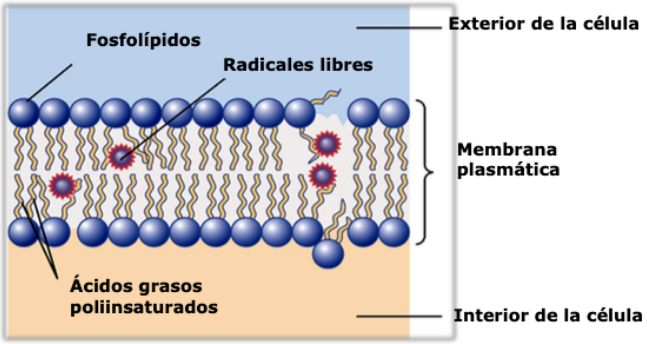
- Los radicales libres **oxidan** estos ácidos grasos, rompiendo o alterando sus enlaces químicos.
- Esto provoca **daños graves en la membrana**, como:
- **Pérdida de permeabilidad selectiva** (entra y sale lo que no debería).
- **Pérdida de integridad estructural** (la célula se puede romper o deformar).

🧠 Una célula con la membrana dañada **no puede controlar lo que entra o sale**, y eso compromete su supervivencia.

🔸 **En la Imagen vemos representada**

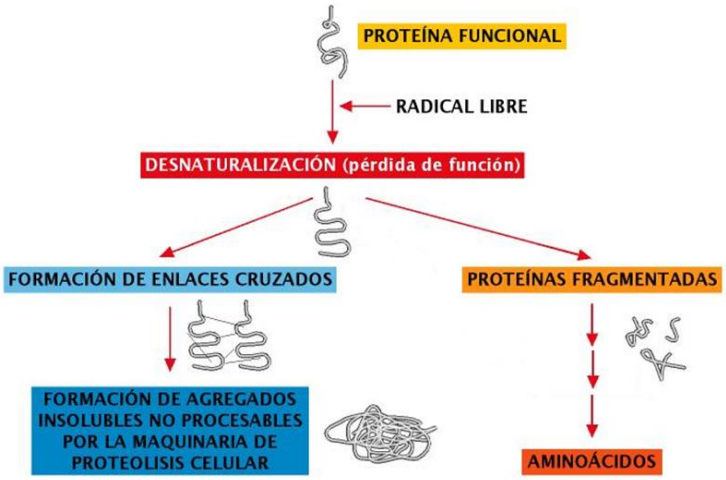
• Una membrana con fosfolípidos, mostrando sus colas con dobles enlaces.

• Se indica cómo los **radicales libres** los atacan, afectando tanto al **interior como al exterior celular**.



🔹 ALTERACIONES EN LAS PROTEÍNAS

Los **radicales libres también atacan a las proteínas**. Veamos cómo.



🔸 **¿Qué hacen los radicales libres a las proteínas?**

• **Oxidan aminoácidos** específicos dentro de la cadena proteica.

• **Rompen enlaces** peptídicos o modifican la forma de la proteína.

• Esto puede causar:

• **Pérdida de función enzimática** si la proteína es una enzima.

• **Mal plegamiento**, que impide que la proteína actúe correctamente.

• **Marcaje para destrucción**, ya que el organismo detecta la proteína como "defectuosa".

🧠 Las proteínas son como herramientas celulares: si se dañan, la célula pierde funciones vitales.

🔸 **Importancia**

• Este tipo de daño está implicado en **muchas enfermedades degenerativas**, como el Alzheimer o el Parkinson, donde se acumulan **proteínas oxidadas o mal plegadas**.

🔹 ALTERACIONES EN LOS ÁCIDOS NUCLEICOS

Uno de los daños más delicados que pueden causar los radicales libres es el ataque al **ADN**, que es el material genético de la célula.

🔸 **¿Cómo dañan al ADN?**

• **Atacan las bases nitrogenadas** (adenina, guanina, etc.) y los **azúcares** que forman la estructura del ADN.

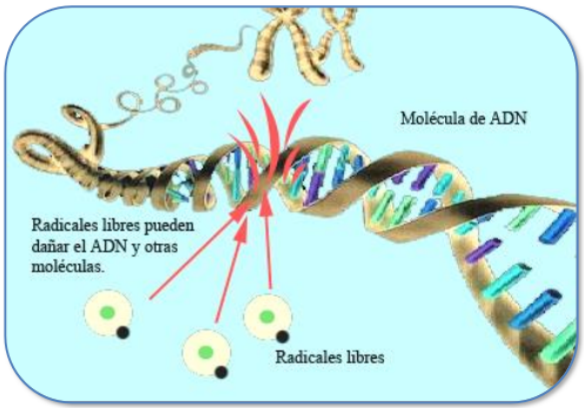
• Este ataque puede alterar la estructura química del ADN, haciéndolo ilegible o defectuoso.

🔸 **Consecuencias del daño:**

1. **Roturas en las hebras de ADN**: el ADN está formado por dos cadenas enrolladas (doble hélice). Los radicales libres pueden causar cortes en una o ambas hebras.
2. Si el daño es **ligero**, las células pueden repararlo.
3. Pero si es **muy grande o frecuente**:
   - Se pueden generar **mutaciones** (cambios permanentes en la secuencia del ADN).
   - O incluso puede provocar la **muerte celular**, si el daño es irreparable.

⚠️ Las mutaciones causadas por radicales libres están relacionadas con el **cáncer** y el **envejecimiento celular**.

🔶 En la **Imagen** vemos una representación del ADN siendo atacado, probablemente con roturas en la hélice y moléculas reactivas alrededor.



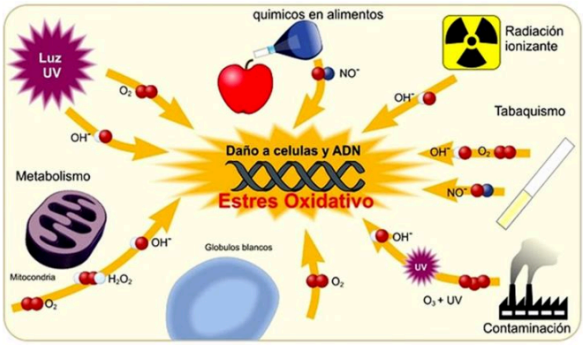
🔷 ¿DE DÓNDE PROCEDEN LOS RADICALES LIBRES?

El **origen de los radicales libres** puede ser de dos tipos:

🔶 **1. Origen exógeno (externo):**

• Proceden del **medio ambiente**. Algunos ejemplos comunes:

- **Radiación UV** del sol
- **Contaminación atmosférica**
- **Humo del tabaco**
- **Metales pesados**
- **Medicamentos** o sustancias tóxicas
- **Pesticidas**



Estos factores externos pueden generar radicales libres al interactuar con las células del cuerpo.

🔶 **2. Origen endógeno (interno):**

• Se **forman dentro del propio organismo**, principalmente como **subproductos del metabolismo celular normal**.

• El cuerpo, al realizar sus funciones vitales (por ejemplo, producir energía), genera accidentalmente radicales libres.

• El proceso más importante en el que se generan es el de la **respiración celular**, que veremos en las próximas hojas.

🧠 Es decir, incluso sin contaminación ni tóxicos, **nuestro cuerpo ya produce radicales libres** de manera natural y constante.

🔷 RADICALES LIBRES DE ORIGEN ENDÓGENO: LA MITOCONDRIA

La **Mitocondria**, que es el orgánulo responsable de producir la mayor parte de la energía de la célula en forma de **ATP**.

🔶 **¿Qué ocurre en la mitocondria?**

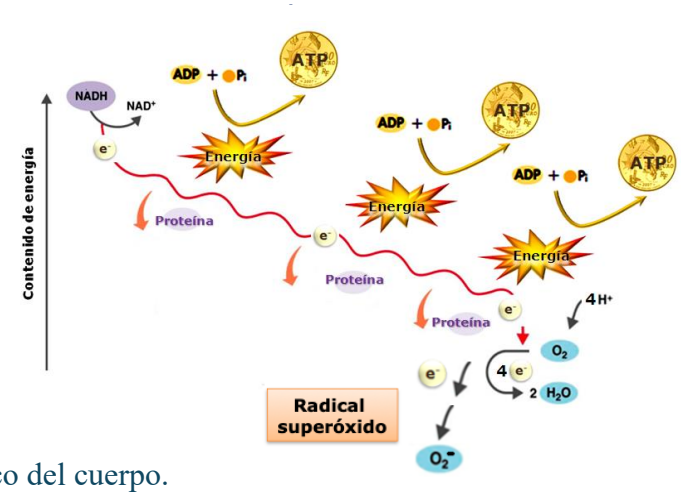
• En ella se lleva a cabo la **respiración celular aerobia**, en la cual:
• Se degradan nutrientes (como la glucosa).
• Se utiliza oxígeno (O_2) como **aceptor final de electrones**.
• Y se forma **agua (H_2O)** al final del proceso, junto con ATP.

🔸 **Pero no todo el oxígeno se convierte en agua…**

• Entre el **1% y el 3% del oxígeno** que entra en este proceso **no se reduce completamente**.

• Ese oxígeno "escapado" da lugar a **radicales libres**, especialmente:

• El **radical superóxido (O_2•–)**, que es muy reactivo.



🧠 Por eso se dice que **la mitocondria, a la vez que da vida (energía), también genera moléculas peligrosas** como subproducto inevitable.

Aquí vemos el proceso dentro de la mitocondria, indicando cómo se forma el radical superóxido cuando el oxígeno no se convierte del todo en agua.

• **La formación de ATP en la mitocondria** es el principal proceso energético del cuerpo.

En él, el **oxígeno debería reducirse completamente a agua**, pero:

• Entre el **1% y el 3% del oxígeno no sigue el camino completo**.

• Ese oxígeno "incompleto" genera el **radical superóxido (O_2•–)**.

Este radical es **el primer paso** para la formación de otros **radicales más agresivos**, como el **peróxido de hidrógeno (H_2O_2)** y el **radical hidroxilo (•OH)**, que suelen aparecer en etapas posteriores.

🧠 Aunque esta producción es normal, si no se controla bien o si aumenta por alguna razón (estrés, envejecimiento, enfermedades…), puede volverse muy peligrosa para la célula.

🔹 LA PARADOJA DEL OXÍGENO

Esta es una idea fascinante y crucial:

🔸 **El oxígeno: ¿amigo o enemigo?**

• El oxígeno (O_2) es **esencial para la vida** tal como la conocemos:

  • Nos permite obtener **grandes cantidades de energía** al final de la respiración celular.

  • Gracias a ello, la vida pudo evolucionar hacia formas **más complejas**.

🔸 **Pero también es tóxico**

• El oxígeno tiene un **lado oscuro**: al participar en reacciones metabólicas, puede dar lugar a **radicales libres**, que son **moléculas peligrosas** para nuestras células.

🔸 **Un poco de historia evolutiva**

• Hace unos **2.000 millones de años**, unas bacterias primitivas empezaron a **producir oxígeno** mediante fotosíntesis.

• Esto transformó la atmósfera terrestre, que pasó de ser **reductora** a **oxidante**.

• Las formas de vida posteriores **tuvieron que adaptarse** al nuevo entorno rico en oxígeno.

🔸 **Conclusión de la paradoja**

• El oxígeno es vital porque nos permite producir ATP de manera eficiente.

• Pero esa eficiencia energética tiene un coste: **el riesgo constante de daño oxidativo**.

• Por eso, el organismo ha desarrollado **sistemas antioxidantes** para neutralizar estos efectos nocivos (tema que probablemente continúa después de esta hoja).

🧠 Esta dualidad es lo que se llama la **paradoja del oxígeno**: imprescindible para vivir, pero también una fuente interna de peligro.

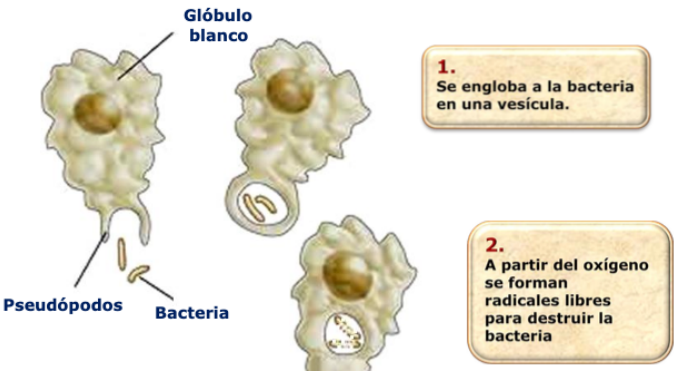
🔷 RADICALES LIBRES DE ORIGEN ENDÓGENO: CÉLULAS FAGOCÍTICAS

• Algunas **células del sistema inmunitario**, como los **glóbulos blancos fagocíticos** (neutrófilos y macrófagos), también **producen radicales libres**.

• Estas células **engloban** a bacterias o agentes patógenos (proceso llamado **fagocitosis**) formando una vesícula.

• Dentro de esa vesícula se **liberan radicales libres** para **destruir al invasor**.

• Pero **parte de esos radicales pueden escapar**, causando daño a las células vecinas.



🧠 Es una defensa natural, pero si no está bien controlada, contribuye al estrés oxidativo y al daño celular.

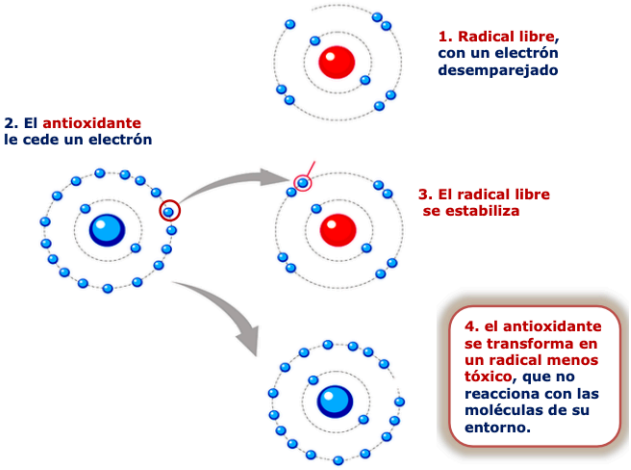
🔷 ELIMINACIÓN DE RADICALES LIBRES: ANTIOXIDANTES

Aquí empieza la parte dedicada a las **defensas antioxidantes**.

• Los **antioxidantes** son sustancias químicas que **previenen o ralentizan** la oxidación de otras moléculas.

• **Mecanismo de acción**:

1. Un **radical libre** tiene un electrón desemparejado.
2. El **antioxidante** le cede un electrón.
3. El radical se estabiliza.
4. El antioxidante se transforma en un **radical menos tóxico**, que **no reacciona** con otras moléculas.



🔧 Es como si el antioxidante apagara un fuego pequeño antes de que se convierta en incendio.

🔷 ESTRÉS OXIDATIVO

• El equilibrio es clave: nuestro cuerpo genera radicales libres y tiene antioxidantes para neutralizarlos.

• Cuando **la producción de radicales supera la capacidad del sistema antioxidante**, se produce **estrés oxidativo**.

⚖️ Salud = producción y eliminación en equilibrio.
❌ Enfermedad = más producción que eliminación.

El estrés oxidativo es el responsable del envejecimiento celular y muchas enfermedades crónicas.

🔹 PROCESOS ASOCIADOS AL DAÑO OXIDATIVO: ENVEJECIMIENTO DE LA PIEL

• Con el paso del tiempo, las **defensas antioxidantes del cuerpo** pierden eficacia.
• Esto permite que los radicales libres **dañen proteínas estructurales** como el colágeno o la elastina de la piel.
• Resultado: **envejecimiento cutáneo**, pérdida de elasticidad y aparición de arrugas. Por lo que a medida que aumenta la **concentración de radicales libres**, se **acelera ese envejecimiento celular**.



• Esto afecta a **todo el organismo**, no solo a la piel: órganos, tejidos, sistema nervioso…

🔸 Pero realmente ¿Qué ocurre con la edad?

A medida que envejecemos:
1. **Nuestras células producen menos antioxidantes** de manera natural.
2. Las enzimas antioxidantes (como la superóxido dismutasa, la catalasa o la glutatión peroxidasa) **pierden eficacia**.
3. Esto significa que **los radicales libres se eliminan más lentamente** o incluso **se acumulan**.

🔸 ¿Qué hacen los radicales libres en la piel?

Los radicales libres atacan y dañan estructuras importantes de la piel:
• **Colágeno**: proteína que da firmeza y elasticidad a la piel. Si se oxida, pierde su capacidad de sostén → aparecen arrugas.
• **Elastina**: da flexibilidad. Al oxidarse, se degrada y la piel se vuelve flácida.
• **Membranas celulares**: se vuelven más permeables o se rompen → envejecimiento celular.
• **ADN celular**: puede sufrir mutaciones, lo que acelera el envejecimiento e incluso favorece el desarrollo de cáncer cutáneo.

🔸 Resultado final:

• **Arrugas** y líneas de expresión más marcadas.
• **Pérdida de firmeza y elasticidad**.
• **Manchas y coloración desigual**.
• **Piel más seca, fina y frágil**.

Este proceso se puede **acelerar** si hay:
• Mucha **exposición al sol** (radiación UV genera radicales libres).
• **Contaminación ambiental**.
• Mala alimentación o falta de antioxidantes en la dieta.

🧠 Por eso es tan importante protegerse del sol, mantener una dieta rica en antioxidantes y llevar hábitos de vida saludables.

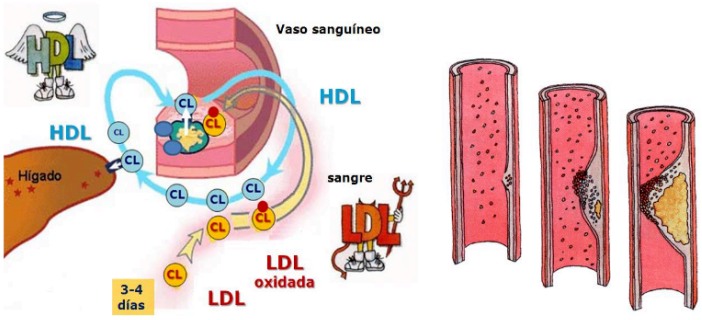
🔹 PROCESOS ASOCIADOS AL DAÑO OXIDATIVO: ATEROSCLEROSIS

Es una **enfermedad cardiovascular crónica** en la que las **arterias se van estrechando** y endureciendo por acumulación de sustancias, como colesterol y lípidos, en sus paredes.
• Los radicales libres oxidan el colesterol LDL (“malo”), que luego se deposita en las paredes arteriales.

• Esto forma placas que **estrechan o bloquean las arterias**, aumentando el riesgo de infarto o ictus.

🔸 **¿Qué papel juegan los radicales libres?**

1. En el torrente sanguíneo circula una lipoproteína llamada **LDL** (colesterol "malo").
2. Los **radicales libres oxidan** estas partículas de LDL.
3. El LDL oxidado es **reconocido por el sistema inmunitario como una amenaza** y es fagocitado por los macrófagos.
4. Estos macrófagos **se transforman en células espumosas** y se acumulan en las paredes de las arterias.
5. Con el tiempo, se forma una **placa de ateroma** que reduce o bloquea el flujo sanguíneo.



🔸 **Consecuencias:**

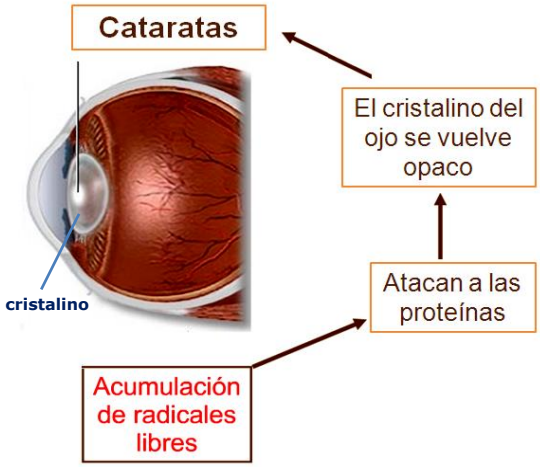
- Si la obstrucción ocurre en arterias coronarias → **infarto de miocardio**
- Si ocurre en arterias cerebrales → **ictus o embolia cerebral**
- Si ocurre en extremidades → **enfermedad arterial periférica**

🧠 Los radicales libres actúan como un "disparador" del daño arterial. Cuanto más LDL oxidado, mayor es el riesgo de sufrir una enfermedad cardiovascular.

🔹 PROCESOS ASOCIADOS AL DAÑO OXIDATIVO: CATARATA SENIL

¿Qué es una catarata?

- Es una **opacidad del cristalino**, la lente natural del ojo que enfoca la luz sobre la retina.
- En condiciones normales, el cristalino es **transparente**.
- Con el tiempo, o por factores externos, puede volverse **turbio**.



🔸 **¿Qué provoca las cataratas por daño oxidativo?**

1. En el ojo, los **radicales libres** generados por la **radiación ultravioleta (UV)**, la contaminación y el metabolismo oxidan:
   - **Proteínas del cristalino** (cristalinas), que se desnaturalizan y se agregan.
   - **Lípidos de membrana**, afectando la nutrición celular del cristalino.
2. Esto reduce la transparencia del cristalino y da lugar a la formación de cataratas.

🔸 **Consecuencias:**

- Visión borrosa, apagada o con deslumbramientos.
- Sensación de ver a través de una cortina o cristal empañado.
- En fases avanzadas, **pérdida casi total de visión** si no se trata quirúrgicamente.

🔸 **Factores que aumentan el riesgo:**

- Edad avanzada.

• **Exposición solar crónica sin protección ocular**.
• Deficiencia de **antioxidantes** en la dieta.
• Diabetes, tabaquismo, hipertensión.

🧠 En este caso, también es conveniente mantener una dieta rica en antioxidantes y proteger los ojos del sol **para ayudar a retrasar su aparición**.

🔷 **TIPOS DE ANTIOXIDANTES**

Hay dos grandes tipos:

1. **Endógenos**: los fabrica el propio organismo.
2. **Exógenos**: dependen de la alimentación, se consumen y se deben reponer. Incluyen:
   • **Vitaminas**: A, C y E
   • **Minerales**: Selenio, Magnesio, Manganeso y Zinc
   • **Fitoquímicos** (de origen vegetal):
   • Antocianinas
   • Indoles/Tioles
   • Catequinas
   • Isoflavonas

🍇🫐 Estos compuestos están en frutas, verduras, legumbres y té verde, y tienen **efecto protector antioxidante**.

🔷 **CAROTENOS Y VITAMINA A**

• Los **carotenos** son **pigmentos vegetales** de color amarillo-anaranjado o rojizo.
• El **beta-caroteno** es el más abundante e importante en la dieta, y en el cuerpo se transforma en **vitamina A** que es un potente antioxidante.

🔶 **¿Cómo actúan?**

• Neutralizan **radicales libres del oxígeno**, especialmente en la **piel**.
• Se **acumulan en las membranas celulares**, protegiéndolas de la **radiación solar** y el **fotoenvejecimiento**.

🔶 **Alimentos ricos:**

• Beta-caroteno: zanahorias, tomates, pimientos, brécol, espinacas.
• Vitamina A preformada: huevos, lácteos, hígado.

🧠 La cocción rompe las paredes celulares de los vegetales y **mejora la absorción del caroteno**, como se explica en la hoja siguiente.

🔷 **CONSUMO RECOMENDADO DE CAROTENOS Y VITAMINA A**

• Un consumo diario de **0,6 a 1 mg** de carotenos **reduce el riesgo** de enfermedades asociadas a radicales libres.
• Se **absorbe mejor** si los alimentos están cocinados. Ejemplo:
• 100 g de zanahoria cruda → 0,9 mg de caroteno absorbible
• 100 g de zanahoria cocida → 1,2 mg (las paredes celulares se rompen y liberan más caroteno)
• El **exceso de carotenos (suplementos)** puede teñir la piel de color **naranja**, por depósito en membranas celulares (no es tóxico, pero sí llamativo).

🔷 **VITAMINA C**

Características:

• Es un **antioxidante hidrosoluble**, es decir, se disuelve en agua (no en grasa).
• Actúa en la **sangre (plasma)**, neutralizando radicales antes de que lleguen a las células.

• También **regenera la vitamina E** oxidada.

🔶 **Funciones:**
• Formación de **colágeno** (para ligamentos, huesos, tendones).
• Refuerza el sistema inmunitario.
• Evita enfermedades carenciales como el **escorbuto**.

🔶 **Fuentes:**
• Frutas: limón, naranja, kiwi, piña.
• Verduras: tomate, brécol, pimiento, patata.

🔶 **Dosis recomendada:**
• **90 mg/día** para adultos.
• **125 mg/día para fumadores**, ya que sufren más estrés oxidativo.

⚠️ La vitamina C **se destruye con el calor, el aire y el tiempo**.

🔷 VITAMINA C Y EL RESFRIADO

• En los años 60, **Linus Pauling** afirmó que la vitamina C podía **curar el resfriado común**.
• Estudios rigurosos posteriores demostraron que:
  • **No previene** el resfriado común en general.
  • **Una excepción** puede ser en los resfriados que se pueden desarrollar después de ejercicios de resistencia en condiciones extremas (maratones, esquí, etc.) En esos casos puede r**educir ligeramente los síntomas** y acorta **un poco** su duración.



🔷 VITAMINA E

• Es **liposoluble** y se encuentra en las **membranas celulares**.
• Funciones:
  • **Antioxidante** que protege las membranas.
  • **Previene la oxidación del colesterol LDL**, protegiendo frente a **aterosclerosis**.
  • Protege la **vitamina A**.
  • Se añade a alimentos grasos para que no se enrancien.
• Fuentes: aceites vegetales (oliva, girasol, soja), semillas, frutos secos (almendras, nueces).
• Dosis recomendada: **15 mg/día**.
• Se **destruye con el calor**.

🔷 MINERALES CON FUNCIÓN ANTIOXIDANTE

Estos minerales no neutralizan radicales por sí mismos, pero:
• Son **cofactores esenciales** de **enzimas antioxidantes** que sí lo hacen.

Los principales minerales son:
• **Selenio**: pipas de girasol, carne, pescado, ajo.
• **Magnesio**: frutos secos, cereales, legumbres.
• **Manganeso**: frutos secos, cereales integrales, legumbres, yema de huevo, verduras de hoja verde.
• **Zinc**: mariscos (sobre todo ostras), carne magra, leche, queso, cereales, frutos secos.

🔷 FITOQUÍMICOS

• Son **sustancias naturales presentes en las plantas**, no esenciales, pero si **beneficiosas**.
• Participan en:

• Crecimiento de la planta
• Defensa frente a patógenos
• En el ser humano:
• Ayudan a **reducir el estrés oxidativo**
• Pueden tener **efectos protectores** frente a enfermedades

Antocianinas	Están ligadas al color morado de arándanos, moras negras, lombarda, granadas, fresas, uva.
Indoles /Tioles	Ricos en AZUFRE. Favorecen la producción de enzimas antioxidantes internas
Catequinas	Presentes en el te verde
Isoflavonas	Presentes en la soja y preparados

🔷 CÓMO AYUDAR A LAS DEFENSAS ANTIOXIDANTES (HÁBITOS SALUDABLES)

✓ **Qué hacer**:

• Comer a diario frutas y verduras **frescas, variadas y de distintos colores**.
• Usar **aceite de oliva virgen extra**.
• **Cocinar con mesura**, evitando frituras agresivas.
• Hacer ejercicio físico, **pero moderado y constante**.
• Consumir (con moderación) **té, café, chocolate negro y vino tinto** por sus fitoquímicos beneficiosos

❌ **Qué evitar**:

• Inhalación de productos químicos (productos de limpieza, humo de coches, tabaco).
• **Exposición excesiva al sol** sin protección.
• Alimentos cocinados con **aceites sobrecalentados o reutilizados**.
• Consumo frecuente de **barbacoas**.
• Ejercicio físico **repentino y extenuante,** sobre todo sin preparación.
• Situaciones prolongadas de **estrés**.

🔷 ¿MÁS ANTIOXIDANTES ES SIEMPRE MEJOR?

No. Dos y dos no siempre son cuatro.

• Dentro de un alimento hay **interacciones complejas** entre antioxidantes y otros componentes que **potencian su efecto** (esto es lo recomendable).
• En cambio, los antioxidantes **aislados en suplementos** pueden ser:
• **Menos eficaces**
• Incluso **dañinos** si se toman en exceso, ya que pueden **volverse pro-oxidantes** y favorecer la aparición de radicales libres.



🧠 Por lo tanto: es mejor antioxidantes **en los alimentos naturales** que en cápsulas o pastillas.

RESUMEN DEL TEMA:

1. Radicales libres: qué son	Moléculas inestables con electrones desapareados; reaccionan agresivamente buscando estabilizarse.
2. Fuentes de radicales libres	Exógenas: radiación, tabaco, contaminación. Endógenas: metabolismo celular, mitocondria, fagocitos.
3. Daños celulares causados	Afectan lípidos (membranas), proteínas (estructura y función) y ADN (mutaciones, muerte celular).
4. Estrés oxidativo	Ocurre cuando se producen más radicales de los que se pueden neutralizar; provoca envejecimiento y enfermedades.
5. Enfermedades relacionadas	Envejecimiento cutáneo, aterosclerosis (oxidación de LDL), cataratas (opacidad del cristalino).
6. Defensas antioxidantes: tipos	Endógenos (enzimas) y exógenos (vitaminas, minerales, fitoquímicos); impiden o frenan el daño oxidativo.
7. Antioxidantes específicos: carotenos y vitamina A	Pigmentos vegetales. El beta-caroteno se convierte en vitamina A. Protege piel y neutraliza radicales.
8. Vitamina C	Hidrosoluble. Neutraliza radicales en plasma, regenera vitamina E, fortalece colágeno. Se destruye con calor.
9. Vitamina E	Liposoluble. Protege membranas y vitamina A. Evita oxidación del colesterol LDL. Está en aceites y frutos secos.
10. Minerales antioxidantes	Cofactores de enzimas antioxidantes. Selenio, magnesio, zinc, manganeso. Están en semillas, legumbres, marisco.
11. Fitoquímicos	Compuestos vegetales esenciales. pero beneficiosos. Están en frutas, verduras, té, vino, etc.
12. Hábitos saludables	Frutas, verduras, aceite de oliva, ejercicio moderado, evitar calor extremo al cocinar, tomar té o vino con moderación.
13. Riesgos y advertencias	Evitar suplementos en exceso, tabaco, radiación solar excesiva, frituras agresivas. Exceso de antioxidantes puede ser dañino.