

BIOLOGÍA

ACCESO

UNIVERSIDAD

Índice

PAU. Biología

Tema 1. Componentes químicos de la célula

1. Concepto de ser vivo
2. Niveles de organización
3. Las moléculas de los seres vivos
 - 3.1. Bioelementos
 - 3.2. Biomoléculas
4. El agua
5. Sales minerales
 - 5.1. Funciones de las sales minerales
 - 5.2. La ósmosis
6. Biomoléculas orgánicas
 - 6.1. Glúcidos
 - 6.2. Lípidos
 - 6.3. Proteínas
 - 6.4. Ácidos nucleicos

Tema 2. La célula

1. Células autótrofas y heterótrofas
2. Células procariotas y eucariotas
3. Estructura de las células. Forma y tamaño
 - 3.1. Orgánulos
 - 3.2. El citoplasma
4. Movimiento de las células
5. Citoesqueleto

Tema 3. Membranas de transporte de moléculas y comunicación celular

1. Transporte activo
2. Transporte pasivo o facilitado
3. Movimiento del agua y de solutos
4. Transporte de macromoléculas mediante vesículas
5. Comunicación celular
6. La membrana plasmática. Modelo de mosaico fluido
 - 6.1. La bicapa lipídica
 - 6.2. Las proteínas de membrana
 - 6.3. El glucocálix

Tema 4. Introducción al metabolismo

1. Consideraciones generales sobre el metabolismo
2. Las enzimas (clasificación)
 - 2.1. Estructura y función

3. Cofactores y coenzimas
4. Reacciones de oxidación-reducción
5. Introducción al ATP

Tema 5: El ATP

1. El ATP. Usos comunes
2. Metabolismo energético: Síntesis o producción de ATP
 - 2.1. Lugar de síntesis
 - 2.2. La energía de los alimentos y su transformación en ATP
 - 2.3. Glucólisis. El metabolismo de los carbohidratos
 - 2.4. Metabolismo energético: Transporte de electrones. Fosforilación oxidativa
3. Metabolismo energético: El Ciclo de Krebs
 - 3.1. Ciclo de Krebs: Desglose de procesos

Tema 6. La Fotosíntesis

1. Definición
2. Naturaleza de la luz
3. Clorofila y otros pigmentos
4. Cloroplastos
5. Fotosistemas
6. Etapas de la fotosíntesis
 - 6.1. La etapa clara
 - 6.2. La etapa oscura
7. Ciclo de Calvin
8. Fotorrespiración
9. Vía 4C

Tema 7. El núcleo y la división celular

1. Introducción
2. Reproducción celular
 - 2.1. La división en procariotas
 - 2.2. La división en eucariotas
3. El ciclo celular
 - 3.1. Interfase
 - 3.2. Mitosis
 - 3.3. Citocinesis
4. Meiosis
 - 4.1. Las fases de la meiosis
 - 4.2. Consecuencias de la meiosis
5. Conceptos básicos
6. Recombinación
7. Mutaciones
 - 7.1. Mutaciones y errores en la meiosis. Consecuencias genéticas
8. División celular y reproducción asexual

Tema 8. Genética molecular

1. El descubrimiento del ADN
2. Estructura química del ADN. La doble hélice
3. Replicación del ADN
 - 3.1. Proceso
 - 3.2. Reparación de errores
4. Mutaciones génicas
5. Concepto de gen
6. El código genético y su traducción
7. Introducción al proceso de transcripción
 - 7.1. EL ARN. Características
 - 7.2. Transcripción
 - 7.3. Proceso
8. El ARN mensajero. Características
9. La síntesis proteica
 - 9.1. El ribosoma
 - 9.2. El ARN de transferencia

1

Componentes químicos de la célula

Tema 1. Componentes químicos de la célula

1. Concepto de ser vivo

Todos los seres vivos, desde los más sencillos (bacterias) hasta los de organización más compleja (hombre), presentan características comunes:

- Están constituidos por el mismo tipo de materia. En todos los seres vivos intervienen las mismas sustancias.
- Intercambian materia y energía con su medio utilizándolas en la producción y mantenimiento de sus estructuras. Este intercambio es la función de nutrición.
- Tienen capacidad de percibir y responder a estímulos tanto internos como externos. Esta es la función de relación.
- Tienen capacidad para producir réplicas de sí mismos. Es la función de reproducción.
- Están formados por células como unidad básica de todos los seres vivos.
- Tienen capacidad de evolución.

2. Niveles de organización

Los niveles de organización en los seres vivos son tres:

- **Nivel molecular.** Comprende los compuestos químicos que forman parte de los seres vivos.
- **Nivel celular.** Comprende la materia viva organizada en unidades elementales dotadas de vida propia denominadas células.
- **Nivel orgánico.** Comprende la materia viva organizada en unidades individuales aisladas que reciben el nombre de organismos; cualquier ser vivo es un organismo. Este nivel abarca a todos los seres vivos.

3. Las moléculas de los seres vivos

3.1. Bioelementos

Son los elementos químicos que constituyen los seres vivos. De los aproximadamente 100 elementos químicos que existen en la naturaleza, unos 70 se encuentran en los seres vivos. De estos sólo unos 22 se encuentran en cierta abundancia y cumplen una cierta función.

Clasificaremos los bioelementos en:

- **Bioelementos primarios:** C, H, O, N, P y S. Representan en su conjunto el 96,2% del total.
- **Bioelementos secundario:** Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻. Aunque se encuentran en menor proporción que los primarios, son también imprescindibles para los seres vivos. En medio acuoso se encuentran siempre ionizados.

- **Oligoelementos o elementos vestigiales:** Son aquellos bioelementos que se encuentran en los seres vivos en un porcentaje menor del 0,1%. Algunos, los **indispensables**, se encuentran en todos los seres vivos, mientras que otros, **variables**, solamente los necesitan algunos organismos.

3.1.1. Principales características de los bioelementos primarios

El hecho de que los bioelementos primarios sean tan abundantes en los seres vivos se debe a que presentan ciertas características que los hacen idóneos para formar las moléculas de los seres vivos. Así:

Aunque no son de los más abundantes, todos ellos se encuentran con cierta facilidad en las capas más externas de la Tierra (corteza, atmósfera e hidrosfera).

Sus compuestos presentan polaridad, por lo que fácilmente se disuelven en agua, lo que facilita su incorporación y eliminación.

El C y el N presentan la misma afinidad para unirse al oxígeno y al hidrógeno, por lo que pasan con la misma facilidad del estado oxidado al reducido. Esto es de gran importancia, pues los procesos de oxidación-reducción son la base de muchos procesos químicos muy importantes y, en particular, de los relacionados con la obtención de energía como la fotosíntesis y la respiración celular.

El C, el H, el O y el N son elementos de pequeña masa atómica y tienen variabilidad de valencias, por lo que pueden formar entre sí enlaces covalentes fuertes y estables. Debido a esto dan lugar a una gran variedad de moléculas de gran tamaño. De todos ellos, el carbono es el más importante. Este átomo es la base de la química orgánica y de la química de los seres vivos.

3.2. Biomoléculas

Los bioelementos se unen entre sí para formar moléculas que llamaremos **biomoléculas: las moléculas que constituyen los seres vivos**. Estas moléculas se han clasificado tradicionalmente en los diferentes **principios inmediatos**, llamados así porque podían extraerse de la materia viva con cierta facilidad, inmediatamente, por métodos físicos sencillos como evaporación, filtración, destilación, disolución, etc.

Los diferentes grupos de principios inmediatos son:

Inorgánicos	Orgánicos
Agua	Glúcidos
CO ₂	Lípidos
Sales minerales	Prótidos o proteínas
	Ácidos nucleicos

4. El agua

El agua es el compuesto químico más importante en los seres vivos. En el hombre está en torno al 60%. La importancia del agua para los seres vivos está en las numerosas funciones que desempeña. Podemos destacar:

- Su gran poder como disolvente de la mayoría de los principios inmediatos, tanto orgánicos como inorgánicos.

- Su capacidad para asociarse en iones H^+ y OH^- , lo que permite que el pH del medio permanezca constante.
- Su elevado calor latente de vaporización le confiere un gran poder refrigerante. El hombre regula su temperatura corporal mediante la evaporación de sudor.

5. Sales minerales

Las sales minerales se pueden encontrar en los seres vivos de cinco formas:

- **Precipitadas:** (constituyen estructuras sólidas).
- **Silicatos:** caparazones de algunos organismos, espículas de algunas esponjas y estructuras de sostén en algunos vegetales (gramíneas).
- **Carbonato cálcico:** esqueleto externo de corales, moluscos y artrópodos, y estructuras duras (espinas de erizos de mar, dientes y huesos).
- **Fosfato cálcico:** esqueleto de vertebrados.
- **Disueltas:** (dan lugar a aniones y cationes). Estas intervienen en la regulación de la actividad enzimática y biológica, de la presión osmótica y del pH en los medios biológicos.

5.1. Funciones de las sales minerales

- Constitución de estructuras de sostén y protección duras.
- Funciones fisiológicas y bioquímicas.
- Mantenimiento de concentraciones osmóticas adecuadas.
- Mantenimiento del pH.

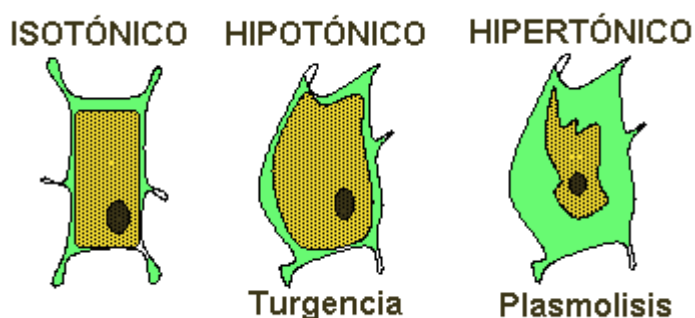
5.2. La ósmosis

Los procesos biológicos dependientes de la concentración de soluto en agua se denominan osmóticos y tienen lugar entre dos disoluciones de diferente concentración separadas por una membrana semipermeable que no deja pasar el soluto pero sí el disolvente.

Se observa el paso del disolvente desde la solución más diluida (**hipotónica**) hacia la más concentrada (**hipertónica**) a través de la membrana. Cuando el agua pasa a la disolución hipertónica, esta se diluye, mientras que la disolución hipotónica se concentra al perderla. El proceso continúa hasta que ambas igualan su concentración, es decir, se hacen **isotónicas**. Para evitar el paso de agua sería necesario aplicar una presión (presión osmótica).

- **Turgencia:** Si la concentración del medio intracelular es mayor que la extracelular, la entrada excesiva de agua producirá un hinchamiento.
- **Plasmólisis:** si la concentración del medio intracelular es menor que la extracelular, la célula pierde agua y disminuye de volumen.

Estos dos procesos pueden producir la muerte celular.



6. Biomoléculas orgánicas

6.1. Glúcidos

Están formados por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno. Son moléculas fundamentales, utilizadas para obtener energía.

6.1.1. Tipos de glúcidos

- **Monosacáridos.** Son los glúcidos más sencillos. Cristalizan fácilmente, aparecen como sólidos y son muy solubles en agua. Tienen poder reductor, ya que pierden electrones y reducen a las moléculas que los captan. Constituyen una fuente de energía de utilización directa.

Principales monosacáridos:

- **Glucosa.** Principal fuente de energía, precursor de muchos otros compuestos, se utiliza como moneda energética.
- **Galactosa.** Forma parte de la lactosa y de diferentes polisacáridos estructurales y glucolípidos. También puede convertirse en moneda energética.
- **Fructosa.** Su función es energética porque puede convertirse en glucosa.
- **D-Ribosa.** Forma parte de los ácidos ribonucleicos y la **desoxirribosa** (como la ribosa pero sin grupo hidroxilo) forma parte de los desoxirribonucleicos; en ambas, su función es estructural.
- **D-Ribulosa.** Molécula intermediaria en las reacciones de la fotosíntesis.
- **Disacáridos.** Formados por la unión de dos moléculas de monosacáridos. En general, los disacáridos constituyen reservas de energía de rápida utilización. **Principales disacáridos:**
 - **Sacarosa.** Azúcar que se acumula en la caña de azúcar. Principal elemento de las células vegetales que no producen la fotosíntesis.
 - **Lactosa.** Azúcar de la leche de los mamíferos.
 - **Maltosa.** Formada cuando se hidrolizan polisacáridos como el glucógeno y el almidón.
 - **Celobiosa.** Se forma cuando se hidroliza el polisacárido celulosa.
- **Polisacáridos.** Son glúcidos más complejos formados por la unión de varios monosacáridos, por lo que son macromoléculas. No son utilizados

en seguida, sino que son una reserva energética que se almacenan para cuando sea necesario.

- **Polisacáridos de reserva**

- **Glucógeno:** Constituye una reserva de glucosa en animales. Se acumula en hígado y riñón.
- **Almidón:** reserva de las células vegetales (macromoléculas). Se acumula en los cloroplastos. Pueden llegar a formar depósitos en semillas y tubérculos
- **Amilosa:** En caliente es soluble en agua.

- **Polisacáridos estructurales**

- **Celulosa.** Estas estructuras se estabilizan formando estructuras empaquetadas, muy resistentes al *ataque químico*; los animales carecen de enzimas para digerirlas. Los animales herbívoros produce celulasas (enzimas que hidrolizan la celulosa).
- **Quitina.** Se encuentra en la pared celular de los hongos y forma el exoesqueleto de los artrópodos.

Existen glúcidos no energéticos muy importantes. Entre los monosacáridos se destaca la ribosa y la desoxirribosa, componentes de las moléculas genéticas ADN y ARN. Entre los polisacáridos destacamos la celulosa y la quitina.

6.2. Lípidos

Son compuestos de C, H y O. Se clasifican en dos grandes grupos:

- Grasas.
- Lipoides.

Características de las grasas

- Las grasas se forman por unión de diferentes ácidos grasos + glicerina.
- Son insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos (alcohol).
- Son desde líquidas hasta sólidas, clasificándose en aceites (líquidas), mantecas (sólidas) y sebos (sólidas).

Características de los lipoides

- Son principios inmediatos de características físicas muy parecidas a las grasas.
- Los principales lipoides son las ceras y los esteroides (como el colesterol).

6.2.1. Funciones de los lípidos

- **Función energética:** las grasas representan para los seres vivos una fuente de energía cuando no hay suficiente cantidad de glúcidos.
- **Función protectora** y aislante: en los animales, las grasas se depositan debajo de la piel, constituyendo un aislante térmico. Por su parte, las ceras producidas por las glándulas sebáceas protege la piel y el conducto auditivo.

6.3. Proteínas

También llamadas **prótidos**, son compuestos macromoleculares de C, H, O, N. Están formadas por un gran número de sustancias sencillas denominadas **aminoácidos**. Son sustancias específicas: cada especie animal o vegetal sintetiza sus propias proteínas.

Entre las proteínas más importantes se encuentran:

- Las albúminas: presentes en la clara de huevo y en la leche.
- Las globulinas: asociadas a los alimentos anteriores.
- La hemoglobina: presente en la sangre de los vertebrados. Realiza el transporte del oxígeno en la sangre.
- La hemocianina: presente en la sangre de los invertebrados. Tiene la misma función que la hemoglobina en los vertebrados.
- La clorofila: presente en los cloroplastos de los vegetales. Realiza un importante papel en la fotosíntesis.

6.3.1. Funciones de las proteínas

- **Función plástica:** Las proteínas forman parte de la gran mayoría de las estructuras de los seres vivos, proporcionándoles cualidades como rigidez (colágeno en el tejido óseo), fluidez (saliva, bilis), contractibilidad (actina y miosina en el tejido muscular).
- **Actividad catalítica:** Todas las enzimas reguladoras de las reacciones químicas de nuestro organismo son proteínas.
- **Función de transporte:** Realizan el transporte del oxígeno en la sangre proteínas como la hemoglobina. La lipoproteínas transportan lípidos, unos para quemarlos en las fibras musculares y otros al hígado (HDL, LDL).
- **Nutrientes** (de reserva): Ovoalbúmina (en el huevo) se rompen las cadenas de las proteínas para obtener aminoácidos para poder sintetizar proteínas; lactoalbúmina (en la leche) que almacena el hierro, y caseína.

6.4. Ácidos nucleicos

Están formados por la unión de numerosísimas unidades elementales llamadas nucleótidos. Su composición es: C, H, O, N y P. Cada nucleótido está formado por tres sustancias:

Ácido fosfórico + Pentosa + Base orgánica nitrogenada

La Pentosa sólo puede ser la ribosa o la desoxirribosa, dando lugar a ácido desoxirribonucleico, ADN (la pentosa es la desoxirribosa) y a ácido ribonucleico, ARN (la pentosa es la ribosa).

Las bases orgánicas nitrogenadas son:

Adenina (A) Guanina (G) Citosina (C) Timina (T) Uracilo (U).

En el ADN nunca aparece el uracilo. Además tiene 2 cadenas de nucleótidos (bicatenario), entre las que se establecen conexiones por sus bases nitrogenadas. Las dos cadenas se disponen enrolladas para formar una estructura de doble hélice.

En el ARN nunca aparece la timina. Además, es monocatenario.

6.4.1. Importancia de los ciclos nucleicos

- Son las sustancias de mayor importancia biológica, ya que son los portadores y ejecutores de la información genética de cada ser vivo.
- El ADN ejerce la función portadora de la información genética de un ser vivo. El ADN se localiza en el núcleo de la célula, concretamente en sus cromosomas. Todas las células de un organismo pluricelular almacenan la misma información.
- El ARN ejerce la función de transferencia de la información genética.



La célula



Tema 2. La célula

1. Células autótrofas y heterótrofas

Los organismos que presentan nutrición autótrofa toman energía libre y sustancias inorgánicas (agua, sales minerales y anhídrido carbónico) con las que sintetizan sustancias orgánicas. Existen dos tipos de nutrición autótrofa:

- La de los vegetales (nutrición fotosintética): gracias a la clorofila, utilizan la energía luminosa.
- La de algunas bacterias (nutrición quimiosintética): su nutrición se basa en las reacciones de oxidación que se producen en el medio.

Los organismos que presentan nutrición heterótrofa no son capaces de sintetizar materia orgánica a través de sustancias minerales o captar energía libre.

Necesitan tomar materia orgánica. Tienen una nutrición heterótrofa todos los animales, los vegetales sin clorofila y la mayoría de las bacterias.

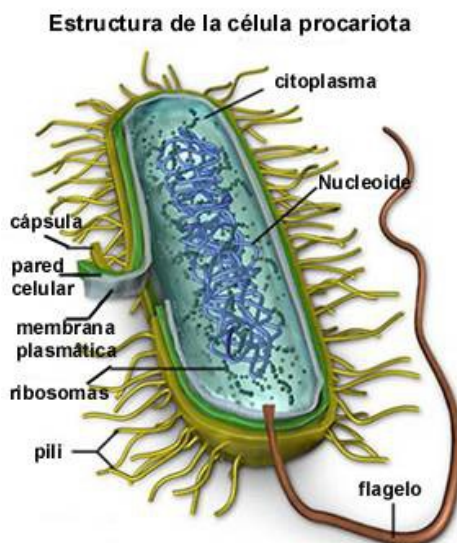
2. Células procariotas y eucariotas

La **célula eucariota**. Características:

- Presenta estructuras internas bien diferenciadas.
- Su núcleo está delimitado por una membrana nuclear.
- Generalmente es mucho más grande que la procariota.
- Pertenecen a este nivel de organización todos los seres pluricelulares y la mayoría de los unicelulares.

La **célula procariota**. Características:

- Carece de determinados orgánulos.
- Su núcleo no tiene membrana nuclear.
- Pertenecen a este nivel de organización las bacterias.



Estructura de la célula procariota

3. Estructura de las células. Forma y tamaño

3.1. Orgánulos

- **Retículo endoplasmático liso:** es una red de tubos y vesículas que se disponen concéntricamente alrededor de la membrana nuclear. Su función es la de almacenamiento y transporte de proteínas y lípidos.
- **Retículo endoplasmático rugoso:** son aquellas zonas que llevan adosado un gran número de ribosomas. Su función es la misma que la del liso.
- **Ribosomas:** son gránulos formados por proteínas asociadas a ARN. Pueden encontrarse dispersos por el hialoplasma o adosados al retículo endoplasmático rugoso. Intervienen en la síntesis de proteínas traduciendo la secuencia de nucleótidos (ARN) en una secuencia de aminoácidos (proteínas).
- **Complejo de Golgi:** está constituido por una serie de apilamientos llamados *Cisterna de Golgi*, envueltos por una membrana en cuyo interior se almacenan determinadas sustancias. Desempeña en la célula una función secretora (procesa y empaqueta los productos secretorios de la célula).
- **Lisosomas:** se encuentran dispersos por el hialoplasma. Su función es albergar las enzimas digestivas.
- **Mitocondrias:** se encuentran en un gran número en el hialoplasma. Llevan a cabo la respiración celular, es decir, en su interior se produce la oxidación de la glucosa, liberando energía para ser utilizada por la célula.
- **Plastos:** son exclusivos de las células vegetales. Los más importantes son los cloroplastos, pues en ellos se realiza la fotosíntesis. Son de color verde debido a la clorofila que contienen.
- **Citocentro o centrosoma:** es exclusivo de las células animales. Desempeña un importante papel en la división celular y dirige el movimiento de los cromosomas mediante el “huso acromático” que forma.
- **Vacuolas:** son características de las células vegetales. Son vesículas muy grandes que contienen principalmente agua aunque también otras sustancias (azúcares, proteínas,...).
- **Citofibrillas:** tienen una función de sostén, constituyendo el citoesqueleto (esqueleto interno) de la célula.
- **Membrana plasmática:** delimita la célula de su medio externo. Está constituida fundamentalmente por proteínas y lípidos. Son las proteínas de la membrana las que facilitan el intercambio de sustancias a través de la membrana.
- **Pared celular:** es la membrana de secreción de las células vegetales. Es muy gruesa y con gran contenido en celulosa. La pared celular es atravesada por un gran número de conductos que permiten la comunicación de la célula con el exterior.

3.2. El citoplasma

Es la parte de la célula comprendida entre la membrana plasmática y el núcleo. Está constituido por el hialoplasma y los orgánulos.

3.2.1. El hialoplasma o citosol

Está constituido por una disolución formada por un gran número de principios inmediatos diversos.

Su viscosidad es muy variable.

En el hialoplasma se llevan a cabo muchas reacciones metabólicas.

Las variaciones en su viscosidad facilitan el transporte de sustancias gracias a la formación de unas corrientes denominadas ciclosis.

3.2.2. El núcleo

Membrana nuclear

Es una envoltura nuclear, que lo limita y separa del citoplasma, formada por dos membranas concéntricas perforadas por poros nucleares. A través de estos se produce el transporte de moléculas entre el núcleo y el citoplasma. La membrana más externa es continua y unida al retículo endoplásmico rugoso.

Nucleosol

Se conoce también como nucleoplasma o carioplasma. Es el medio interno del núcleo donde se encuentran suspendidos el resto de los componentes nucleares, como la cromatina y los nucléolos.

Nucléolo

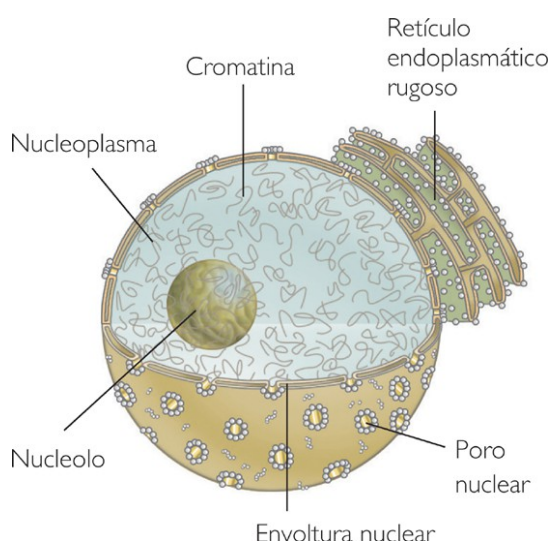
Son masas densas y esféricas en las cuales se sintetiza el ARN ribosómico y en donde se producen las primeras fases de ensamblaje de los ribosomas.

Poros nucleares

Son los lugares donde la membrana interior y exterior del núcleo se unen. Estos son capaces de transportar sustancias al interior del núcleo.

Cromatina

Constituida por ADN y proteínas, aparece durante la interfase. Es una estructura altamente condensada durante la mitosis, pero cuando la célula entra en división, la cromatina se organiza en estructuras individuales, que son los cromosomas.



4. Movimiento de las células

Las respuestas celulares pueden ser respuestas **dinámicas**, cuando en la célula se produce movimiento, o respuestas **estáticas**, en caso de que la célula permanezca inmóvil.

Las respuestas dinámicas se denominan taxias o tactismos, y pueden ser debidas a un estímulo térmico, químico, eléctrico, luminoso, mecánico,... Las respuestas dinámicas implican movimiento celular.

Las distintas células tienen diversos mecanismos para moverse, como, por ejemplo:

- **Cilios.** Son conjuntos de hilos muy cortos, muy numerosos, que vibran sincronizadamente y así permiten el movimiento de las células ciliadas.
- **Flagelos.** Son hilos muy largos, poco numerosos, uno o dos generalmente en cada célula cuyo movimiento ondulatorio y giratorio permite el avance de las células flageladas.
- **Seudópodos o falsos pies.** Son prolongaciones citoplasmáticas que permiten el movimiento de las células. Este movimiento por pseudópodos se llama también movimiento ameboide. La palabra ameboide proviene de una célula o un protozoo con pseudópodos denominada ameba.

Las respuestas estáticas son todas aquellas respuestas en las que no se produce movimiento alguno.

5. Citoesqueleto

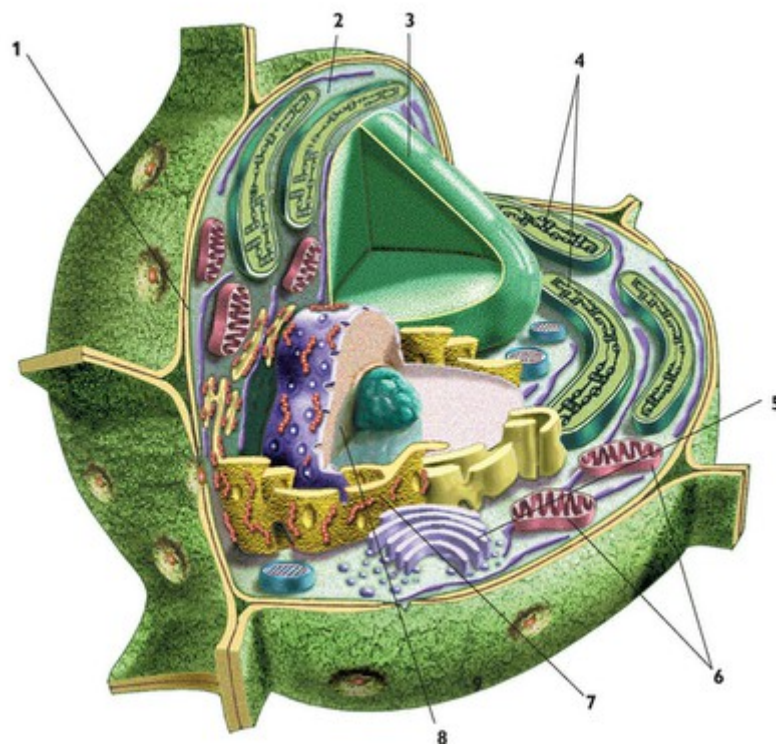
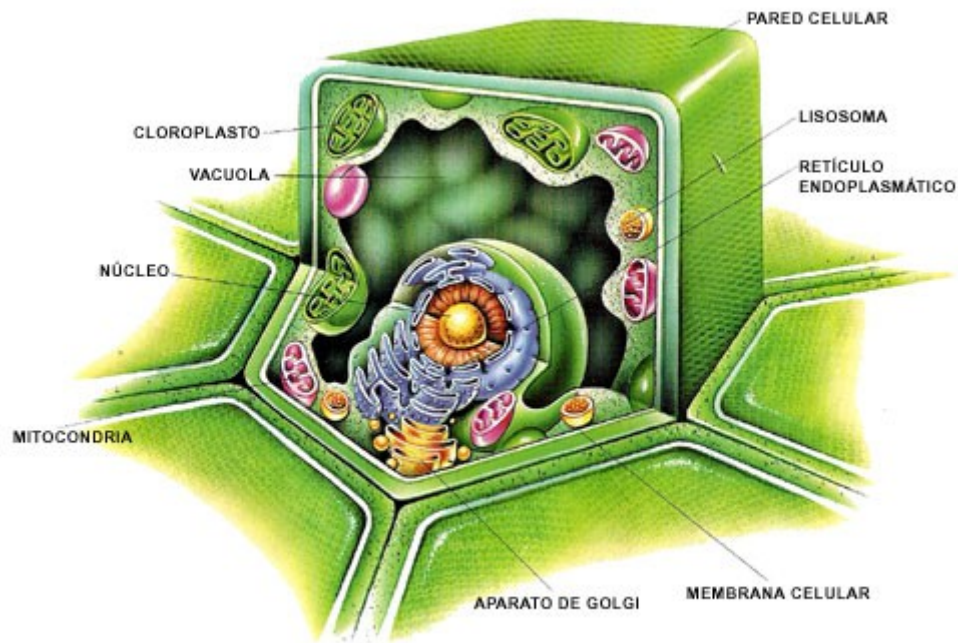
El citoesqueleto es una red de filamentos proteicos del citosol que ocupa el interior de todas las células animales y vegetales.

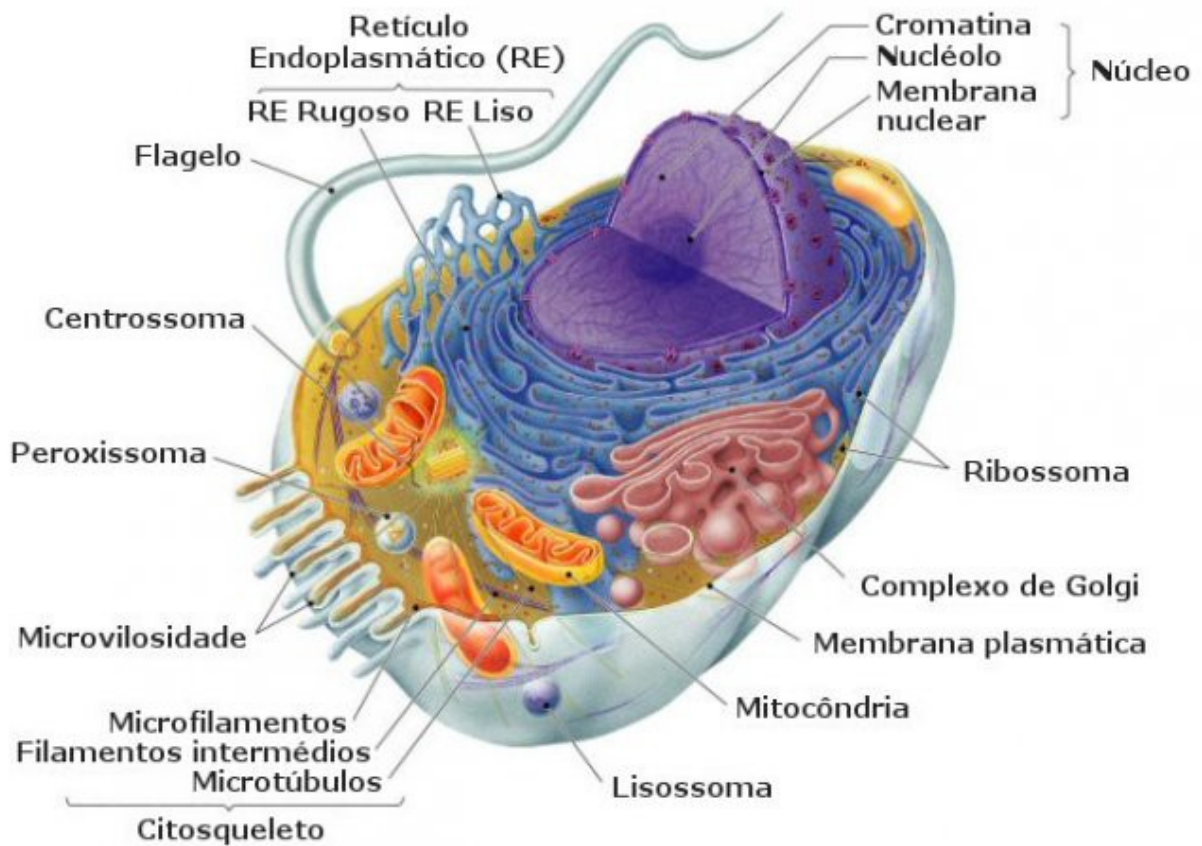
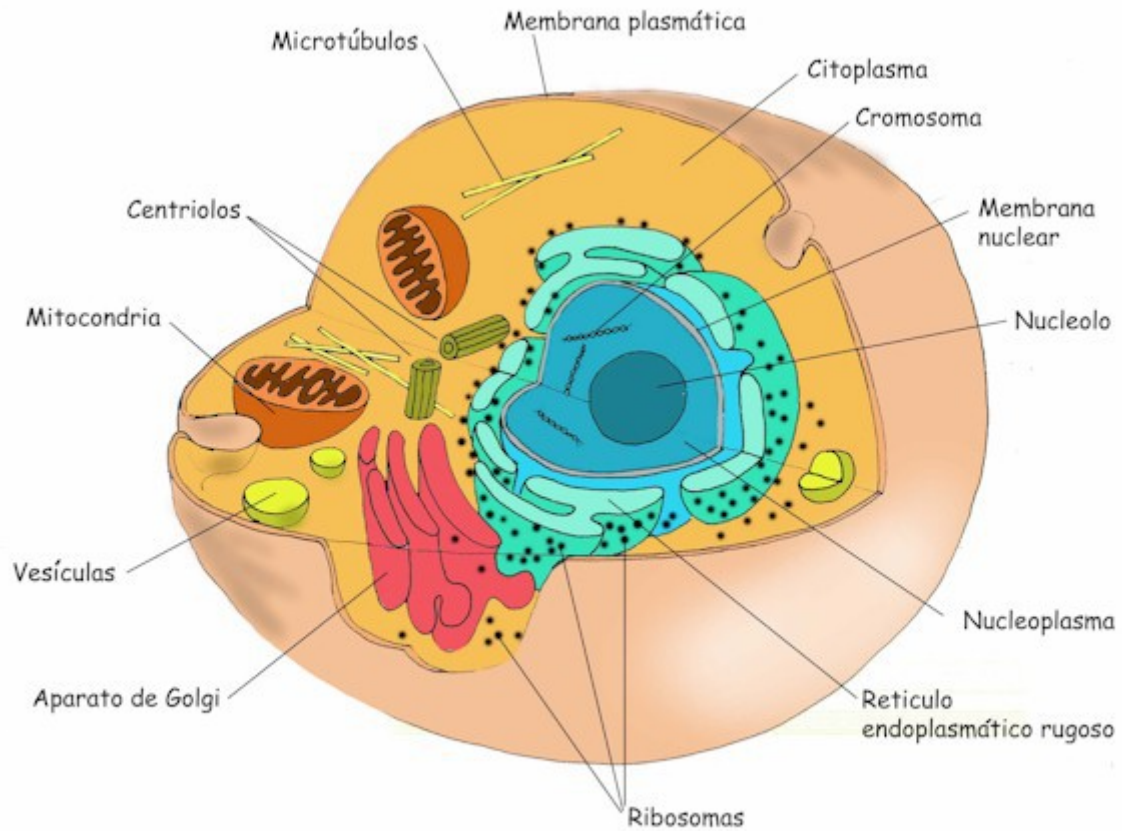
Adquiere una relevancia especial en las células animales, que carecen de pared celular rígida, pues el citoesqueleto mantiene la estructura y la forma de la célula.

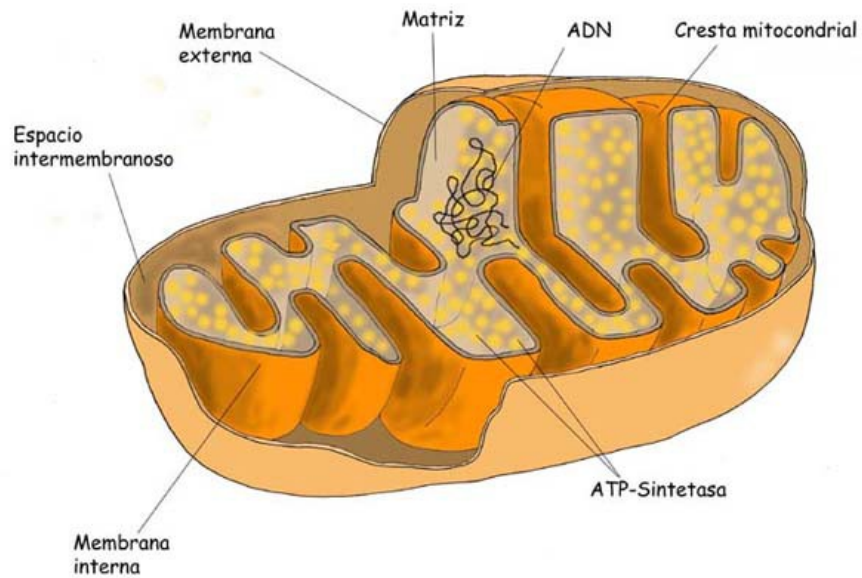
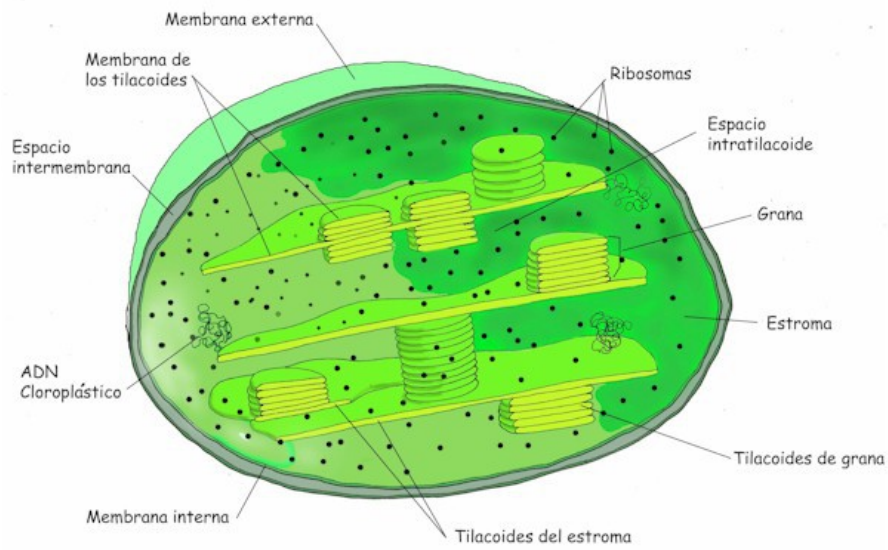
Actúa como bastidor para la organización de la célula y la fijación de orgánulos y enzimas.

También es responsable de muchos de los movimientos celulares.

Se forma a partir de tres tipos principales de filamentos proteicos: microtúbulos, filamentos de actina y filamentos intermedios, unidos entre sí y a otras estructuras celulares por diversas proteínas.







3

Membranas de transporte de moléculas y comunicación celular

Tema 3. Membranas de transporte de moléculas y comunicación celular

La membrana plasmática delimita la célula de su medio externo permitiendo el paso de sustancias a través de ella. Este intercambio de materia puede llevarse a cabo mediante dos mecanismos:

1. Transporte activo

El transporte activo de moléculas a través de la membrana celular se realiza en dirección ascendente o en contra de un gradiente de concentración, debido a este hecho estas sustancias necesitan unirse a proteínas transportadoras que les ayuden a atravesar la membrana.

Para desplazar estas sustancias contra gradiente, además, es necesario el aporte de energía procedente del ATP.

Las proteínas portadoras del transporte activo poseen actividad ATPasa, que significa que pueden descomponer el ATP (Adenosín Tri Fosfato) para formar ADP (dos Fosfatos) o AMP (un Fosfato) con liberación de energía de los enlaces fosfato. Comúnmente se observan tres tipos de transportadores:

- Uniportadores: son proteínas que transportan una molécula en un solo sentido a través de la membrana.
- Antiportadores: incluyen proteínas que transportan una sustancia en un sentido mientras que simultáneamente transportan otra en sentido opuesto.
- Simportadores: son proteínas que transportan una sustancia junto con otra, frecuentemente un protón (H^+).

2. Transporte pasivo o facilitado

Se basa en el fenómeno de la difusión: consiste en el movimiento de las moléculas a favor del gradiente de concentración.

Las moléculas se mueven espontáneamente de las zonas que se encuentran en mayor concentración a las zonas donde la concentración es menor. **Difusión simple.**

Tomando como referencia la célula, cuando la concentración de sustancias sea mayor en el espacio extracelular que en su interior, estas tenderán a entrar de forma natural y viceversa.

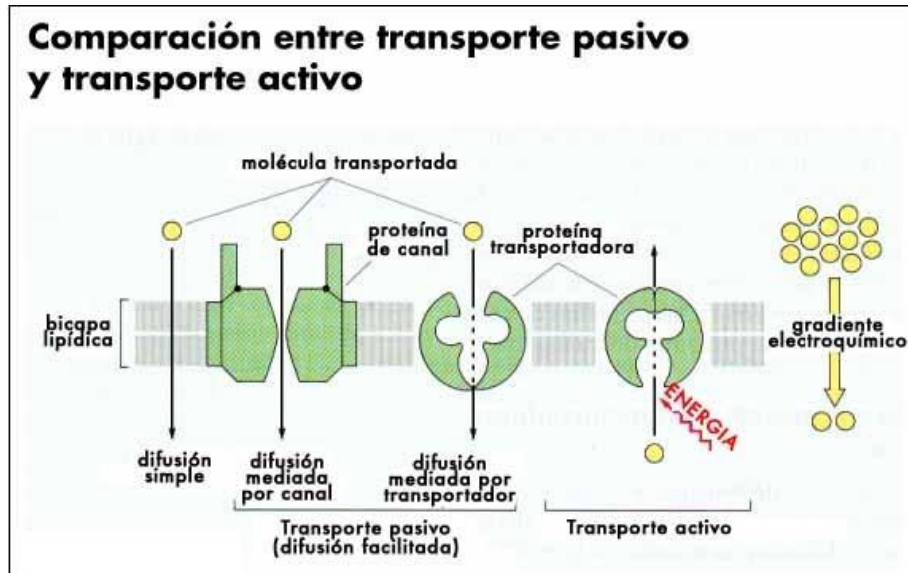
La velocidad con la que una sustancia se difunde a través de la membrana plasmática dependerá de la diferencia de concentración y de sus propias características.

En el transporte pasivo la célula NO consume energía.

Dentro del transporte pasivo encontramos la **difusión facilitada**. Como hemos señalado, en el transporte pasivo la velocidad con la que una sustancia se difunde a través de la membrana plasmática varía en función de algunos aspectos.

Sin embargo, algunas sustancias como los monosacáridos, aminoácidos,... se difunden a través de la membrana con mayor velocidad. Ello es debido a que estas moléculas son ayudadas por proteínas transportadoras.

En el transporte pasivo podemos ver tanto difusión como difusión facilitada.

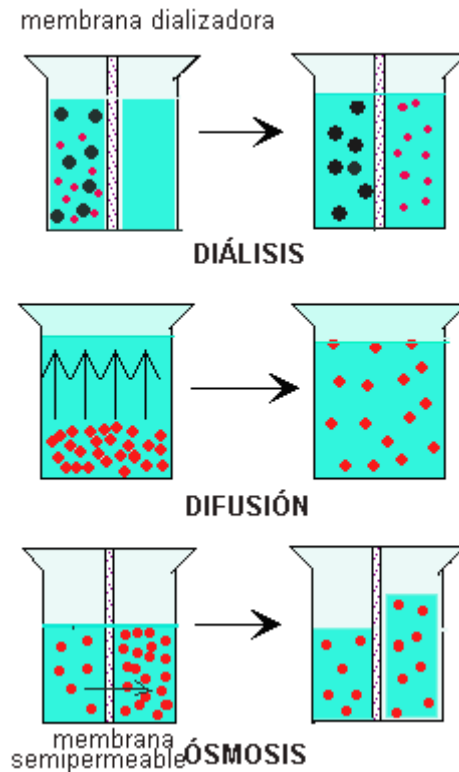


3. Movimiento del agua y de solutos

La membrana celular actúa como barrera semipermeable impidiendo la entrada de la mayor parte de las moléculas, dejando pasar selectivamente a otras. Para entender los sucesos que acontecen es necesario conocer los conceptos de potencial de agua, difusión y ósmosis.

El **potencial de agua** es la tendencia del agua a moverse de un área de mayor concentración a una de menor concentración. Las moléculas de agua se mueven de acuerdo a la diferencia de energía potencial entre el punto donde se encuentran y el lugar hacia donde se dirigen. La presión y la gravedad son dos de los orígenes de este movimiento.

La **difusión** es el movimiento neto de sustancia (líquida o gaseosa) de un área de alta concentración a una de baja concentración. Dado que las moléculas de cualquier sustancia se encuentran en movimiento cuando su temperatura está por encima de cero absoluto, existe una disponibilidad de energía para que las mismas se muevan desde un estado de potencial alto a uno de potencial bajo. Eventualmente, si no se agrega energía al sistema, las moléculas llegan a un estado de equilibrio en el cual se encuentran distribuidas homogéneamente en el sistema.

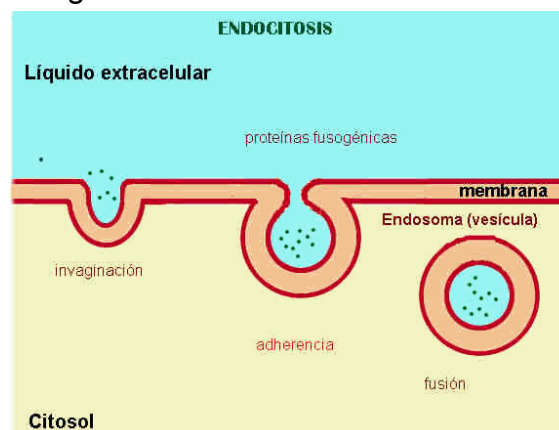


4. Transporte de macromoléculas mediante vesículas

El cruce a través de la membrana celular es uno de los principales modos en que las sustancias entran y salen de la célula, pero no es el único. Hay otro tipo de proceso de transporte que involucra vesículas o vacuolas que se forman a partir de la membrana celular o se fusionan con ella. Este proceso consta de dos etapas:

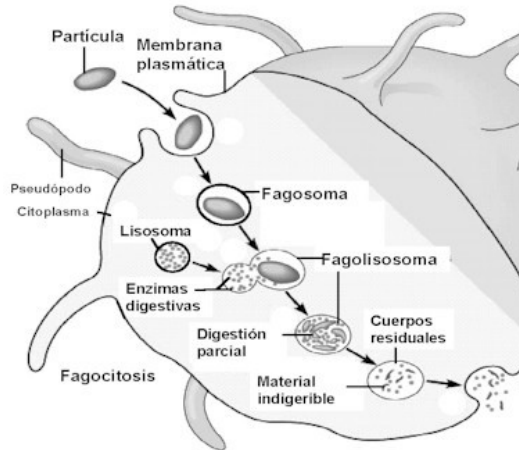
- La **endocitosis**. El material que se incorporará a la célula induce una invaginación (se dobla hacia el interior de la membrana), produciéndose una vesícula que encierra a la sustancia.

La vesícula liberada en el citoplasma llamada endosoma se une a un lisosoma para realizar la digestión de las sustancias.

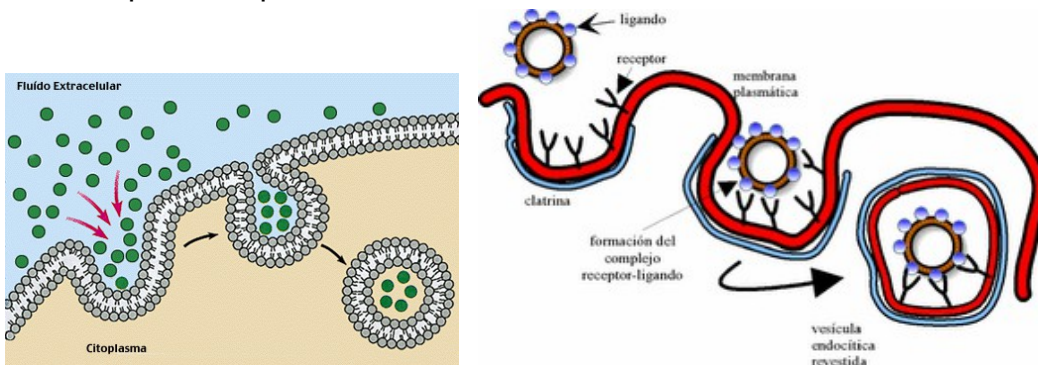


Se conocen tres formas distintas de endocitosis: la fagocitosis ("células comiendo"), la pinocitosis ("células bebiendo") y la endocitosis mediada por receptor; todas ellas requieren aporte de energía.

1. En la fagocitosis, el contacto entre la membrana plasmática y una partícula sólida induce la formación de prolongaciones celulares que envuelven la partícula, englobándola en una vacuola. Luego, uno o varios lisosomas se fusionan con la vacuola y vacían sus enzimas hidrolíticas en el interior de la vacuola.



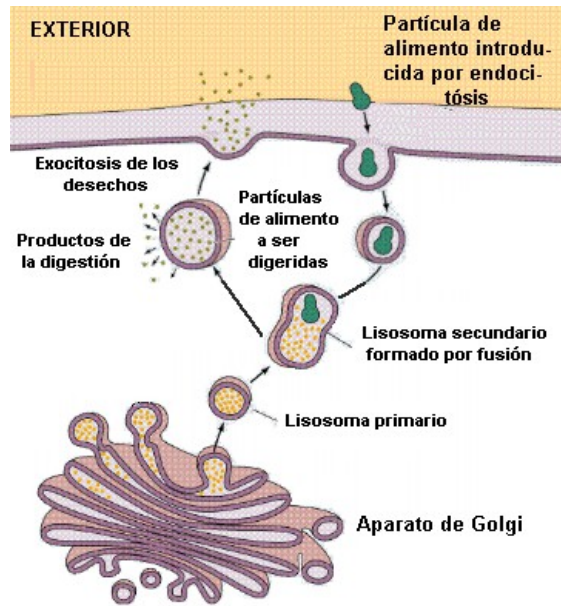
2. En la pinocitosis, la membrana celular se invagina, formando una vesícula alrededor del líquido del medio externo que será incorporado a la célula.
3. En la endocitosis mediada por receptor, las sustancias que serán transportadas al interior de la célula deben primero acoplarse a moléculas receptoras específicas.



- La **Exocitosis**. Es el mecanismo por el cual las macromoléculas contenidas en vesículas citoplasmáticas son transportadas desde el interior celular hasta la membrana plasmática, para ser vertidas al medio extracelular.

Esto requiere que la membrana de la vesícula y la membrana plasmática se fusionen para que pueda ser vertido el contenido de la vesícula al medio. Mediante este mecanismo, las células son capaces de eliminar sustancias sintetizadas por la célula, o bien sustancias de desecho.

En toda célula existe un equilibrio entre la exocitosis y la endocitosis, para mantener la membrana plasmática y que quede asegurado el mantenimiento del volumen celular.



5. Comunicación celular

Las células individuales no se encuentran aisladas o sólo rodeadas por un medio acuoso. En muchos casos, como en los organismos pluricelulares, las células están organizadas en tejidos, los tejidos, a su vez, están organizados en órganos, por ello, en estos organismos pluricelulares es esencial que las células individuales se comuniquen entre sí, de modo que puedan "colaborar" para crear un órgano o un tejido que funcione armoniosamente.

Las comunicaciones entre células se cumplen por medio de señales químicas, o sea, por medio de sustancias transportadas. Así, por ejemplo, los impulsos nerviosos se transmiten de neurona a neurona, o de neurona a músculo, a través de moléculas llamadas neurotransmisores.

Sin embargo, a menudo las células dentro de un tejido o un órgano se comprimen fuertemente y permiten que se produzcan distintos tipos de contactos íntimos y directos.

Un ejemplo son las células vegetales, que están separadas unas de otras por paredes celulares, hay canales llamados plasmodesmos, que atraviesan las paredes y conectan directamente los citoplasmas de células contiguas.

En los tejidos animales, las estructuras conocidas como uniones nexus permiten el pasaje de sustancias por debajo de un determinado tamaño entre las células. Estas uniones aparecen como enjambres fijos de canales muy pequeños rodeados por una formación ordenada de proteínas.

6. La membrana plasmática. Modelo de mosaico fluido

La membrana plasmática es una delgada lámina que envuelve la célula, separando el citoplasma del medio externo. Su función principal es la de regular el paso de sustancias, manteniendo las diferencias esenciales entre el citoplasma y el medio extracelular.

Su estructura consiste en una bicapa de lípidos en la que se asocian moléculas proteicas. El término *fluido* se debe a que los lípidos e incluso las proteínas pueden moverse lateralmente en esta bicapa.

6.1. La bicapa lipídica

Está compuesta básicamente por fosfolípidos, colesterol y glucolípidos, que constituyen el 40% de la membrana.

- **Fosfolípidos:** son los componentes más abundantes y tienen básicamente función estructural. Debido a su carácter anfipático se autoensamblan, formando dos capas. Presentan una alta movilidad lateral y de giro sobre sí mismos, produciendo una gran fluidez en la membrana.
- **Glucolípidos:** son mucho menos abundantes. Tienen también un carácter anfipático. Su componente glucídico, siempre orientado en la cara externa de la membrana, interviene en procesos de reconocimiento y señales entre células.
- **Colesterol:** disminuyen la fluidez de la monocapa y mantienen la estabilidad de la bicapa.

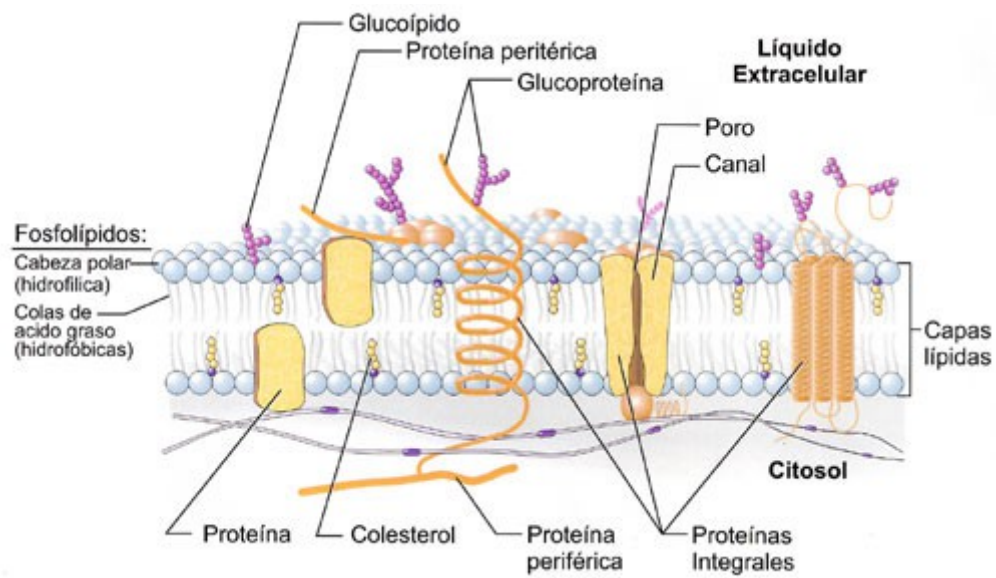
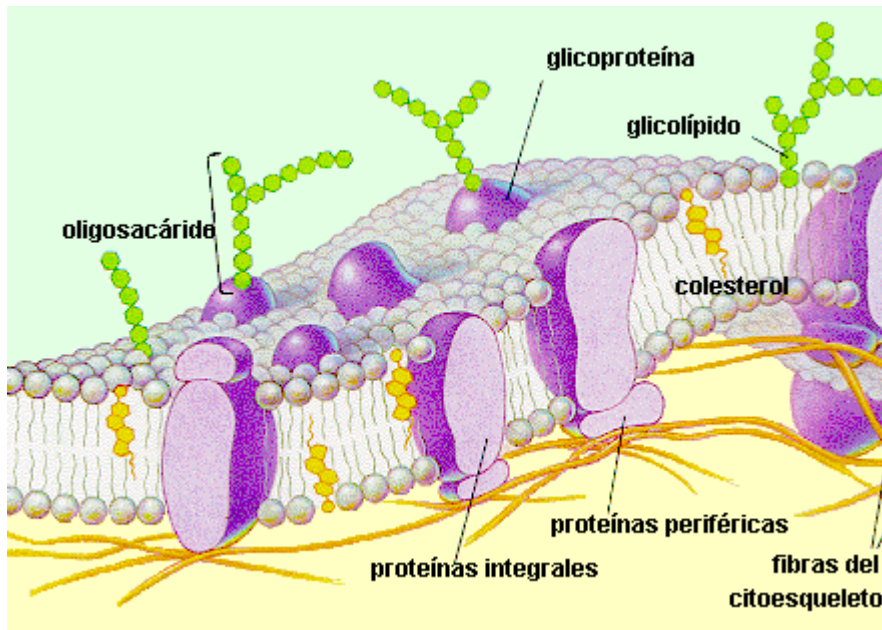
6.2. Las proteínas de membrana

Son aquellas en las que se desarrollan la mayoría de las actividades de la membrana. Se clasifican según su disposición en:

- **Proteínas integrales o intrínsecas:** Cuando atraviesan totalmente la membrana se denominan proteínas transmembranosas.
- **Proteínas periféricas o extrínsecas:** son solubles y se asocian mediante interacciones débiles a otras proteínas integrales o a lípidos de la membrana.

6.3. El glucocálix

Es el conjunto de cadenas de oligosacáridos pertenecientes a los glucolípidos y a las glucoproteínas de la membrana. Sólo aparecen en la cara externa de la membrana, lo que proporciona a esta una estructura asimétrica. Su función es actuar como señales que deben ser reconocidas por las células.



4

Introducción al metabolismo

Tema 4. Introducción al metabolismo

1. Consideraciones generales sobre el metabolismo

En cualquier sistema vivo, el intercambio de energía ocurre a través de miles de reacciones químicas diferentes, muchas de las cuales se producen simultáneamente. La suma de todas estas reacciones se conoce como **metabolismo** o **vía metabólica**. La mayor parte del metabolismo es notablemente similar aun en los organismos más diversos; las diferencias en muchas de las vías metabólicas de los seres humanos, los robles, los hongos y las medusas son muy leves.

Para entender el flujo de energía a través de una célula hay algunos principios que nos pueden guiar:

Primero. Todas las reacciones químicas que tienen lugar en una célula involucran enzimas, grandes moléculas de proteínas que desempeñan papeles muy específicos.

Segundo. Estas reacciones pueden ser ordenadas en pasos, que comúnmente se llaman vía; una vía puede tener una docena o más de reacciones o pasos secuenciales. En el metabolismo se puede diferenciar entre:

- El **anabolismo** es el metabolismo de construcción de sustancias complejas con necesidad de energía en el proceso.
- El **catabolismo** es el metabolismo de degradación de sustancias con liberación de energía. El catabolismo cumple con dos propósitos:
 1. Liberar la energía que será usada por el anabolismo y otros trabajos de la célula.
 2. Suministrar la materia prima que será usada en los procesos anabólicos.

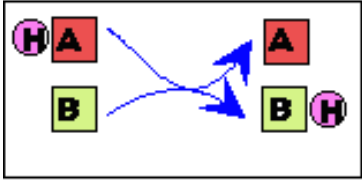
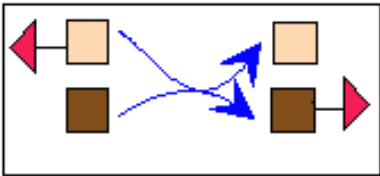
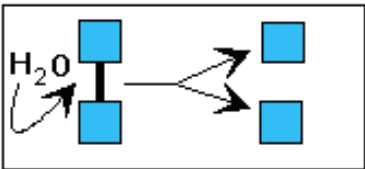
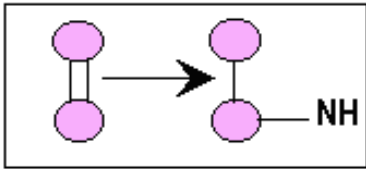
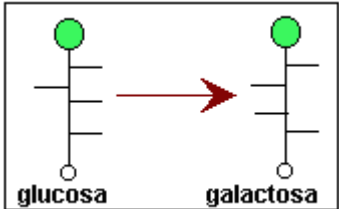
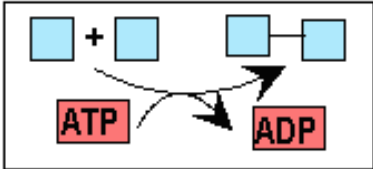
Como hemos señalado, en las rutas metabólicas se necesitan numerosas y específicas enzimas que van conformando los pasos y productos intermedios de las rutas. Pero, además, son necesarios varios tipos de moléculas indispensables para su desarrollo final:

1. **metabolitos** (moléculas que ingresan en la ruta para su degradación o para participar en la síntesis de otras sustancias más complejas),
2. **nucleótidos** (moléculas que permiten la oxidación y reducción de los metabolitos),
3. **moléculas energéticas** (ATP y GTP o la **Coenzima A** que, al almacenar o desprender fosfato de sus moléculas, liberan o almacenan energía),
4. **moléculas ambientales** (oxígeno, agua, dióxido de carbono, etc. que se encuentran al comienzo o final de algún proceso metabólico).

2. Las enzimas (clasificación)

Son moléculas estrictamente proteicas, es decir, son proteínas globulares que regulan la mayor parte de las reacciones metabólicas de los seres vivos.

Las sintetizan tanto los seres autótrofos como heterótrofos. Además, pueden actuar a nivel intracelular o extracelular.

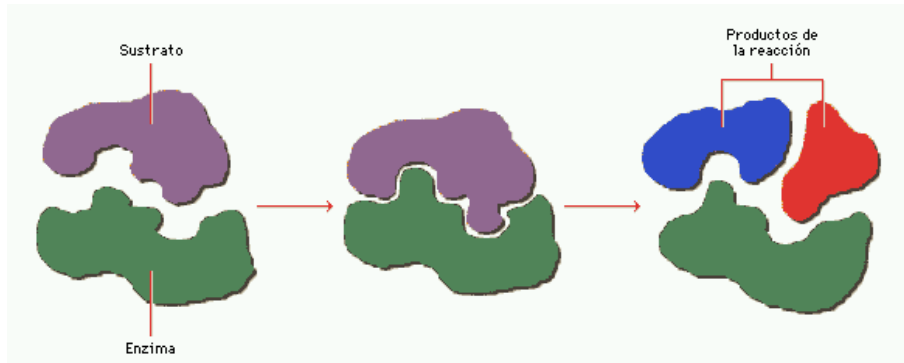
Óxido-reductasas Reacciones de oxido-reducción. Si una molécula se reduce, tiene que haber otra que se oxide. 	Transferasas Transferencia de grupos funcionales. Grupos aldehídos, acilos, glucósidos y fosfatos. 
Hidrolasas Reacciones de hidrólisis. Transforman polímeros en monómeros. Actúan sobre enlaces éster, glucosídico, peptídico y enlace C-N. 	Liasas Adición a los dobles enlaces. Entre C=O, C=C y C=N. 
Isomerasas Reacciones de isomerización. 	Ligasas Formación de enlaces, con aporte de ATP. Entre C-C, C-S, C-N, C-C. 
Clasificación	

2.1. Estructura y función

Para reaccionar, las moléculas deben poseer suficiente energía, la llamada **energía de activación**, a fin de chocar con suficiente fuerza para debilitar los enlaces químicos existentes.

El sustrato es la molécula sobre la que el enzima ejerce su acción catalítica.

Dicho sustrato se une a la enzima a través de numerosas interacciones débiles, como puentes de hidrógeno, en un lugar específico, el **centro activo**. Este centro es una pequeña porción de la enzima, constituido por una serie de aminoácidos que interaccionan con el sustrato.



Las enzimas son catalizadores de gran especificidad. **Disminuyen** la energía de activación incrementando enormemente la velocidad a la que se producen las reacciones químicas en las células.

Otros factores que afectan a la velocidad de las reacciones enzimáticas son la temperatura y el pH.

2.1.1. Principal característica de la acción enzimática

La característica más sobresaliente de las enzimas es su elevada **especificidad de acción**. Cada reacción está catalizada por una enzima específica.



Las reacciones con energía de activación proceden lentamente a temperaturas bajas, en las que la mayoría de las moléculas se mueve en forma lenta. Los catalizadores, las enzimas, disminuyen la energía de activación haciendo que una gran porción de moléculas se mueva más rápido creando una reacción mucho más veloz.

3. Cofactores y coenzimas

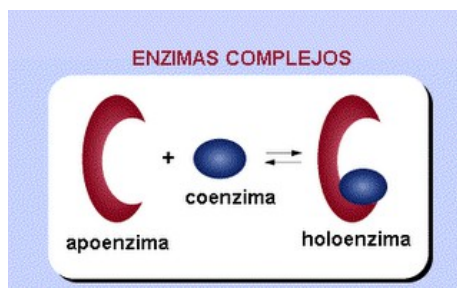
Existen enzimas cuya función catalítica se debe exclusivamente a su naturaleza proteica, pero hay otras que dependen para su actividad óptima de la presencia de una estructura no proteica y termoestable llamada **cofactor**.

Los cofactores pueden ser:

- **Inorgánico.** Simples iones como Mg^{2+} o Ca^{2+} , o sustancias orgánicas más o menos complejas.
- **Orgánico.** Cuando los cofactores orgánicos están fuertemente unidos a la proteína enzimática (por enlace covalente) y son específicos para esa enzima, se denominan *grupos prostéticos* (citocromos).

Si los cofactores orgánicos están más débilmente unidos a la proteína y por ello no se asocian a ella permanentemente (generalmente se unen sólo en el curso de la reacción), se denominan *coenzimas* (ATP, vitaminas).

El componente proteico se denomina *apoenzima* y el complejo completo de proteína y cofactor se llama *holoenzima*.



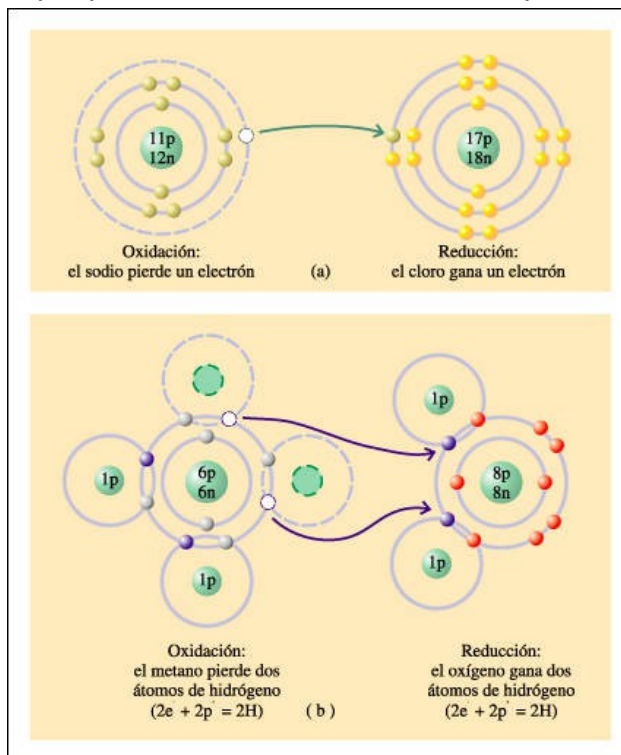
4. Reacciones de oxidación-reducción

Las reacciones químicas son, esencialmente, transformaciones de energía en virtud de las cuales la energía almacenada en los enlaces químicos se transfiere a otros enlaces químicos recién formados. En estas transferencias, los electrones se desplazan de un nivel de energía a otro.

En muchas reacciones, los electrones pasan de un átomo o molécula a otro. Estas reacciones, que son de gran importancia en los sistemas vivos, se conocen como de oxidación-reducción o redox.

La pérdida de un electrón se denomina oxidación y el átomo o molécula que pierde el electrón se dice que se ha oxidado.

La reducción es, por el contrario, la ganancia de un electrón. La oxidación y la reducción siempre ocurren simultáneamente, porque el electrón que pierde el átomo oxidado es aceptado por otro átomo que se reduce en el proceso. En las reacciones de oxidación-reducción se produce un movimiento de electrones de un átomo a otro. Un átomo o molécula que pierde electrones se oxida; el que los gana se reduce.



Una reacción de oxidación-reducción

La oxidación completa de un mol de glucosa libera 686 kilocalorías de energía libre. Si esta energía fuera liberada de una sola vez, la mayor parte se disiparía

como calor. Esto no solamente no sería útil para la célula, sino que la alta temperatura resultante sería letal.

Sin embargo, la vida ha evolucionado adquiriendo mecanismos que regulan la marcha de estas reacciones químicas de modo tal que la energía se almacena en enlaces químicos particulares de los que puede ser liberada en pequeñas cantidades cuando la célula lo necesite.

5. Introducción al ATP

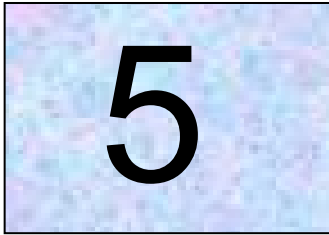
La energía adquirida por las células se conserva en ellas para ser utilizada principalmente cuando se requiera en forma de Adenosín TriFosfato (ATP). Tanto si proviene de la luz solar o de la oxidación de compuestos orgánicos, se invierte en la formación de ATP, en una proporción muy alta. El ATP es entonces el “fluido energético” que pondrá en marcha las demás funciones de la célula.

Todos los seres vivos necesitan un aporte continuo de materia y energía, aunque existen grandes diferencias en la forma de obtenerlas y de su utilización.

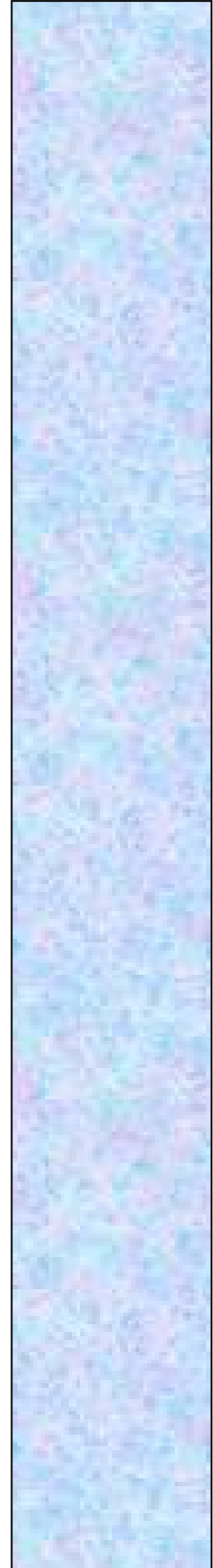
Los vegetales son seres autótrofos, utilizan la energía solar como fuente de energía y como materia usan el agua, el dióxido de carbono (CO_2) y los iones orgánicos. En la fotosíntesis los cloroplastos captan la energía solar y tienen la maquinaria para convertirla en energía química (ATP).

El hombre y los animales, seres heterótrofos, utilizan como fuente de energía y materia las biomoléculas ingeridas en los alimentos directamente. Las biomoléculas ingeridas por el hombre se degradan metabólicamente hasta convertirse en CO_2 y H_2O , y derivados nitrogenados, que liberan energía química (ATP). Esta energía se utiliza para la realización de trabajo y la síntesis proteica.

Los alimentos ingeridos en la dieta son macromoléculas de almidón, proteínas y triglicéridos que en la digestión se hidrolizan a monómeros, como monosacáridos, aminoácidos, ácidos grasos y glicerol. Estos monómeros en las células se absorben y se incorporan o entran para ser oxidados con producción de energía o se derivan a la biosíntesis de nuevo material celular con consumo de energía.



EI ATP



Tema 5: El ATP

1. El ATP. Usos comunes

Pertenece al grupo de los nucleótidos al estar compuesto por una base nitrogenada (adenina), una pentosa (ribosa) y un grupo fosfato (tres radicales fosfato con enlaces de alta energía).

El ATP, además de servir para el almacenamiento “a cortísimo plazo” de la energía, es utilizado por el organismo para los siguientes procesos:

- Transporte activo en las membranas celulares, para el movimiento de solutos en contra del gradiente de concentración. De toda la utilización de ATP por las células, se le atribuye a este proceso un 30% de participación.
- Síntesis de compuestos químicos (anabolismo). Recuerda que muchos de los procesos bioquímicos requieren energía para ejecutarse. El ATP provee la energía para la ejecución de dichas reacciones. Se atribuye a estos procesos un 70% de participación en el uso global de ATP a niveles celulares.
- Trabajo mecánico, específicamente movimiento muscular, de cilios - flagelos y movimientos ameboides.

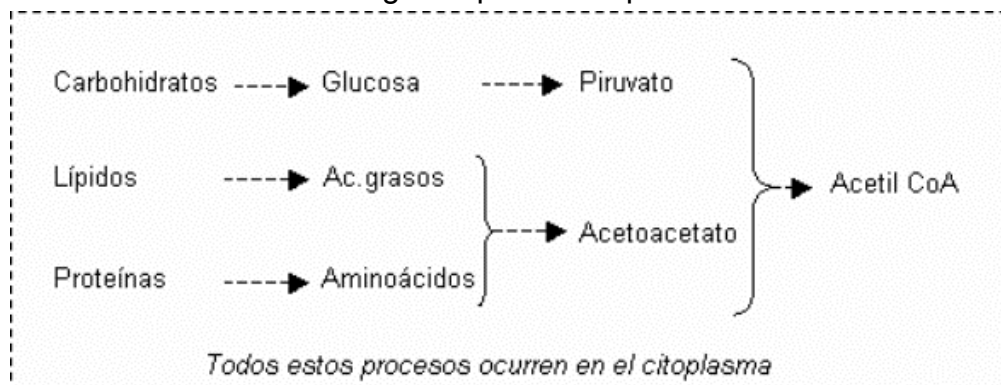
2. Metabolismo energético: Síntesis o producción de ATP

2.1. Lugar de síntesis

El lugar donde se sintetiza el ATP radica en las crestas mitocondriales.

2.2. La energía de los alimentos y su transformación en ATP

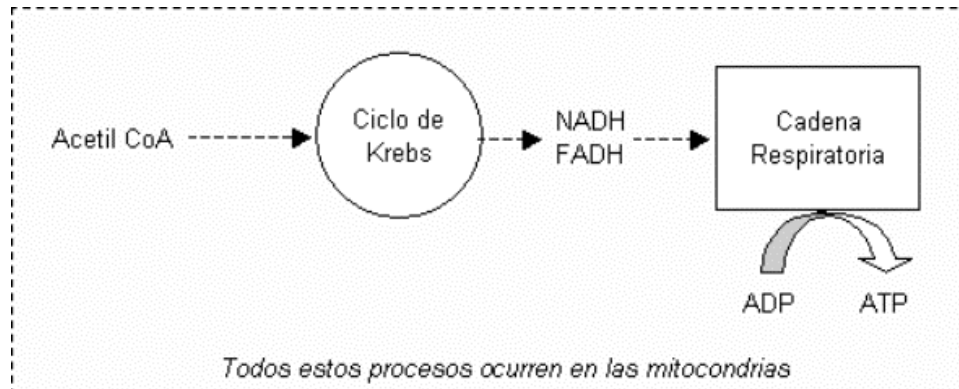
Todos los grupos alimenticios (carbohidratos, lípidos y proteínas) pueden transformarse en ATP. Sin embargo los procesos que atraviesan son diferentes.



En un primer paso, todos los grupos alimenticios se simplifican al dividirse en sus compuestos más sencillos; tal es el caso de los diversos carbohidratos que acaban simplificándose en glucosa, o las proteínas en aminoácidos.

Posteriormente, estas “unidades menores” o simplificadas sufren transformaciones para convertirse en piruvato (o ácido pirúvico) para el caso de los carbohidratos o en acetoacetato para el caso de los lípidos y las proteínas.

Al final de este proceso, que ocurre en el citoplasma celular, tanto el piruvato como el acetoacetato se transforman en acetil CoA, compuesto que ingresa a las mitocondrias para participar en la síntesis de ATP.



En un segundo paso, que ocurre en las mitocondrias, el acetil CoA es utilizado en un proceso denominado "Ciclo de Krebs", del cual resultan principalmente dos tipos de compuestos denominados NADH y FADH. Posteriormente el NADH y FADH ingresan a un proceso denominado "cadena respiratoria" del cual ya resulta la síntesis de ATP.

2.3. Glucólisis. El metabolismo de los carbohidratos

Conceptualmente, podemos definirla como "la conversión metabólica de los azúcares en compuestos más sencillos". Para este caso en ácido pirúvico o piruvato.

Recuerda que todos los carbohidratos que se consumen se transforman en glucosa, la cual es almacenada en los animales en forma de glucógeno.

Es importante recordar que este proceso se aplica exclusivamente a los carbohidratos, **no a las proteínas y lípidos**.

El proceso de transformación de la molécula de glucosa (6C) a dos moléculas de piruvato (3C) se puede dividir en las siguientes tres fases:

- Activación e isomerización.
- Fraccionamiento.
- Recuperación de energía.

Primera fase: Activación e isomerización

La glucosa es una molécula bastante estable, por lo cual lo primero que busca el proceso es desestabilizarla a través de un proceso de activación durante el cual se incrementa la energía contenida en la glucosa mediante un enlace fosfato transformándola en Fosfato-Glucosa.

Posteriormente es transformada en un isómero, el Fosfato-Fructosa, el cual es otra vez activado al incrementar nuevamente su energía con otro enlace fosfato, formando así la DiFosfato-Fructosa, producto final de esta primera etapa.



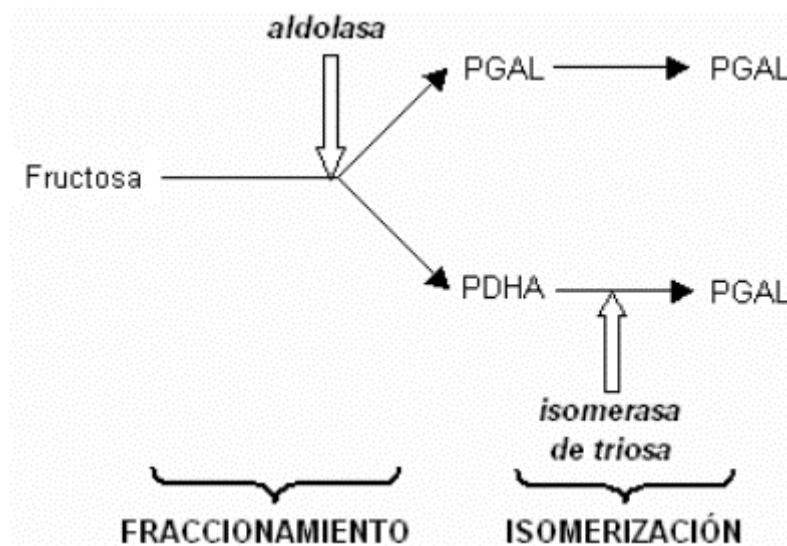
Segunda fase: Fraccionamiento

La DiFosfato-Fructosa es un compuesto más inestable que la glucosa y se encuentra cargado de energía (a raíz de los enlaces fosfato), por lo cual se encuentra listo para fraccionarse.

La DiFosfato-Fructosa se fracciona por acción de la enzima *aldolasa* quedando como producto de esta ruptura dos compuestos cargados con un fósforo cada uno: el FosfatoGlicerAldehído o PGAL y la FosfatoDiHidroxiAcetona o PDHA.

De estos dos compuestos el único que puede pasar a la siguiente etapa es el PGAL, sin embargo por acción de la enzima *Triosa*, el PDHA se isomeriza en PGAL.

En resumen: Durante este proceso de fraccionamiento de un DiFosfato-Fructosa se producen dos PGAL que ingresan a la siguiente fase.



Tercera fase: Recuperación de energía

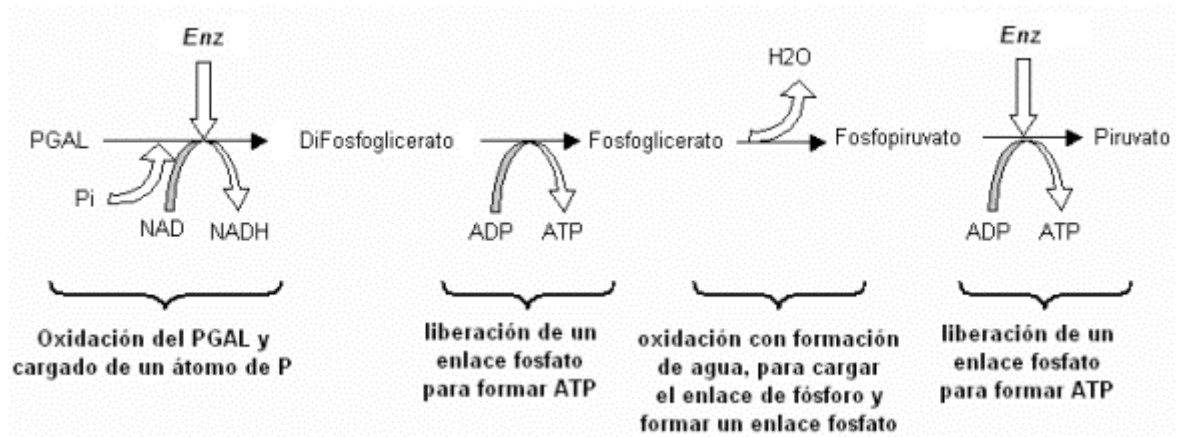
Hasta este momento, el proceso de glucólisis ha sido un "gasto" de energía proveniente del ATP. Sin embargo a partir de ahora se recupera.

Los PGAL resultantes ingresan a un nuevo ciclo en el cual son oxidados (o sea, liberan electrones). De esta forma se transforman en DiFosfoGlicerato (recuerde que el PGAL tenía ya un átomo de P).

El DiFosfoGlicerato libera un P, transformando una molécula de ADP en ATP, transformándose en FosfoGlicerato.

Entonces este FosfoGlicerato sufre un proceso de oxidación, produciendo agua; gracias a esta oxidación se transforma en FosfoPiruvato.

Este FosfoPiruvato libera su P, para convertir una molécula de ADP en ATP.



En esta tercera fase de "recuperación de energía", cada uno de los PGAL se acaba transformando en piruvato, por lo cual se concluye que **de una glucosa se forman dos piruvatos**.

Es importante hacer notar que el piruvato es el producto más importante de este proceso.

2.3.1. Glucólisis: Vía aerobia

Para el caso de la formación de ATP como producto final nos interesa la "vía aerobia".

Durante la vía aerobia, el piruvato que contiene un grupo carboxilo ($-\text{COOH}$) libera carbono y oxígeno para formar CO_2 . De esta forma el piruvato se transforma en acetaldehído, el cual sufre un proceso de oxidación y se junta con el grupo CoA (**Coenzima A**) para formar la Acetil CoA.



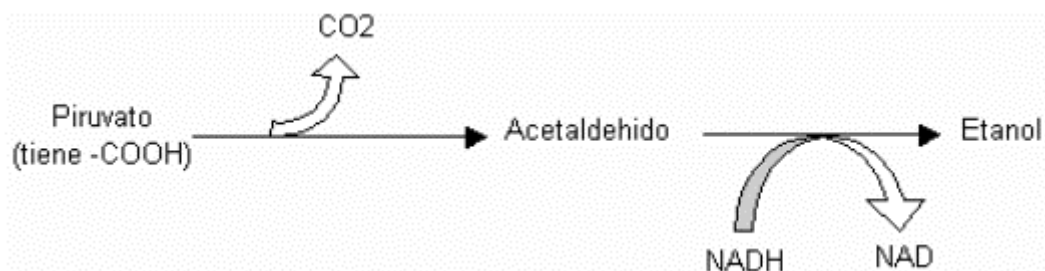
Y este Acetil CoA es el que ingresa a las crestas mitocondriales para iniciar el Ciclo de Krebs.

2.3.2. Glucólisis: Vías anaerobias (de fermentación)

Cuando existe escasez de oxígeno, el NADH deja de oxidarse y por lo tanto se acumula.

Contamos con dos casos para exponer: la fermentación alcohólica producida por levaduras y la fermentación acidoláctica que ocurre en los músculos.

Para el primer caso, la fermentación alcohólica, esta es producida por levaduras las cuales transforman el piruvato en acetaldehído (al igual que en la vía aerobia) y posteriormente este se reduce para formar etanol. Recuerda que esto ocurre por el exceso de NADH presente en el organismo.



Durante el segundo caso de fermentación acidoláctica, esta ocurre en los tejidos musculares y es producto del trabajo excesivo, por lo cual la demanda de oxígeno para reducir el NADH a NAD es superior al abastecimiento de oxígeno de la respiración. Ante esta circunstancia, el NADH se oxida a NAD reduciendo el piruvato a ácido láctico.



Este ácido láctico se acumula en los tejidos musculares produciendo fatiga o cansancio y dolor.

2.4. Metabolismo energético: Transporte de electrones.

Fosforilación oxidativa

Es la transferencia de electrones de los equivalentes reducidos NADH y FADH obtenidos en la glucólisis y en el ciclo de Krebs hasta el O_2 molecular para formar agua.

Durante este transporte de electrones se libera una gran cantidad de energía que va siendo captada por moléculas de ADP que incorporan ácido fosfórico y se transforman en ATP. Este proceso se conoce como **fosforilación oxidativa**.

2.4.1. Desglose de los procesos

Primer nivel. El NADH llega a las crestas mitocondriales, donde se oxida con una "flavoproteína", reduciéndola (o sea cargándola de electrones).

Segundo nivel. Posteriormente la flavoproteína se oxida y reduce a una coenzima denominada "Q". Durante este proceso se libera energía que ejecuta una primera fosforilación oxidativa de ATP.

Tercer nivel. Es en este nivel donde empieza a ingresar el FADH. La **coenzima Q**, que se encuentra reducida, se oxida reduciendo así a un compuesto denominado *citocromo b*. Durante esta oxidación se libera energía para ejecutar la segunda fosforilación oxidativa de ATP.

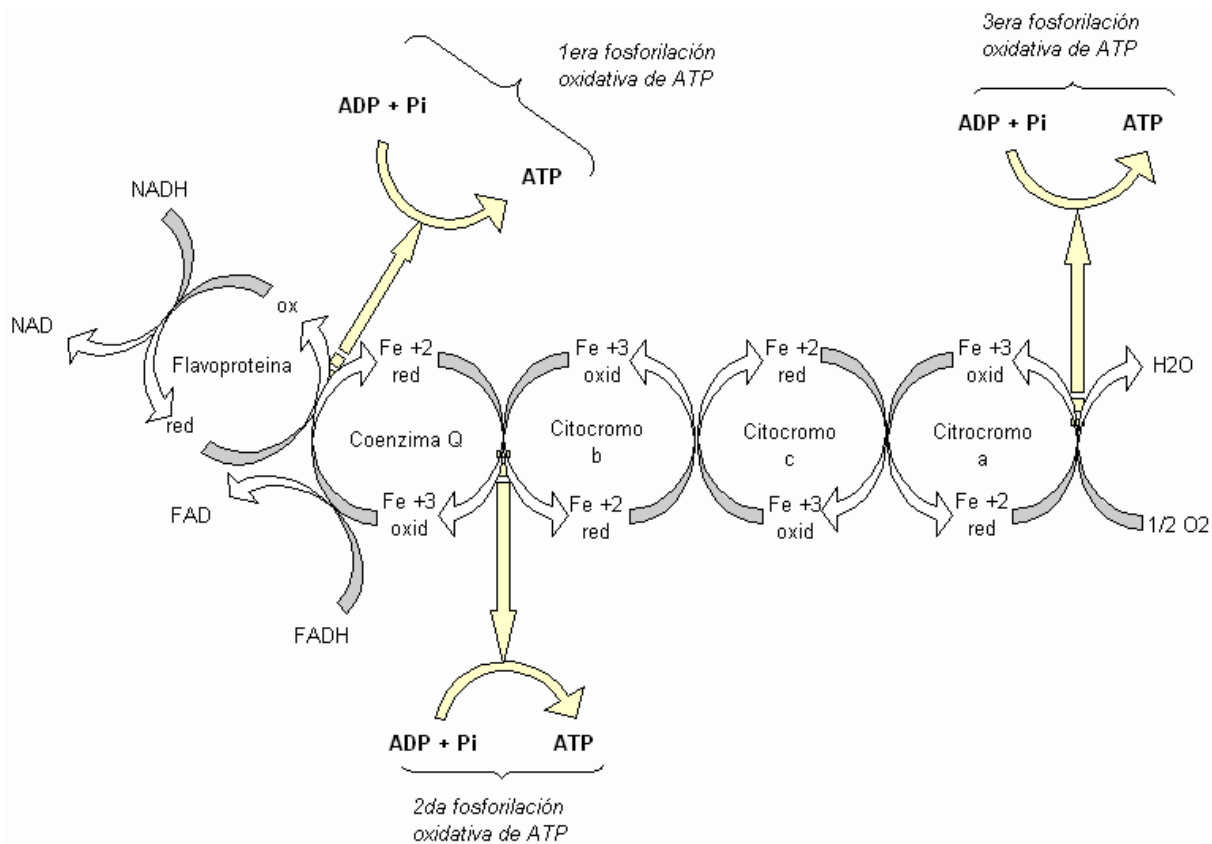
Como concepto, un citocromo es una proteína rica en Fe (por lo cual se oxida y reduce fácilmente).

Cuarto nivel: El **citocromo b** se oxida, reduciendo así al **citocromo c**.

Quinto nivel: El **citocromo c** se oxida, reduciendo así al **citocromo a**.

Sexto nivel: El **citocromo a** se oxida con oxígeno, reduciéndolo de esta forma a agua. Durante esta última oxidación se libera la energía para ejecutar la tercera y última fosforilación oxidativa de ATP.

Como conclusión se puede decir que por cada NADH que ingresa a la "cadena respiratoria" se consiguen 3 ATP, mientras que por cada FADH que ingresa a la "cadena respiratoria" (a la altura de la **coenzima A**) se obtienen 2 ATP.



2.4.2. Rendimientos energéticos. Balance final de ATPs

Hasta antes de ingresar a la "cadena respiratoria" teníamos un total de 4 ATPs, 10 NADHs y 2 FADHs.

Si tomamos en cuenta que cada NADH equivale a 3 ATPs y cada FADH equivale a 2 ATPs, tendríamos la siguiente sumatoria: 4 ATPs (de la glucólisis y formación de acetil CoA) + 30 ATPs (provenientes de los NADHs) + 4 ATPs (provenientes de los FADHs), con un total de 38 ATPs como producto del metabolismo energético de una molécula de glucosa.

3. Metabolismo energético: El Ciclo de Krebs

Hasta este momento hemos desglosado los procesos anteriores al Ciclo de Krebs. El producto final de estos procesos -que ocurren en el citoplasma de cada célula- bajo condiciones aerobias es el acetil CoA.

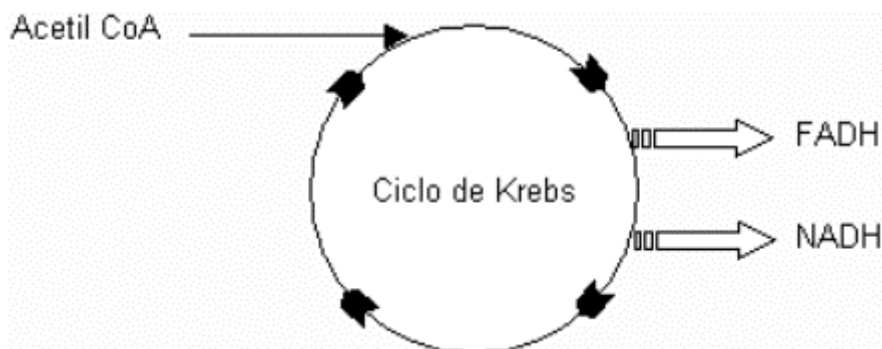
El acetil CoA ingresa entonces en las mitocondrias para participar en una serie de reacciones bioquímicas de oxidación, cuya finalidad es producir coenzimas reducidas de NADH y FADH. Esta serie de reacciones es el Ciclo de Krebs.

El Ciclo de Krebs es una cadena de oxidaciones.

Este proceso también es conocido como el "ciclo del ácido cítrico".

También se lo podría definir como una "cadena de oxidaciones", debido a que recibe acetil CoA para "impulsar" una serie de cuatro oxidaciones cuyo producto final son las coenzimas NADH y FADH, reducidas al ser cargadas de electrones.

Para entenderlo mejor en forma global vea el siguiente grafico:



Y estas coenzimas reducidas por el ciclo de Krebs (FADH y NADH) son las que irán a participar del ultimo eslabón de la cadena del metabolismo energético: el transporte de electrones.

3.1. Ciclo de Krebs: Desglose de procesos

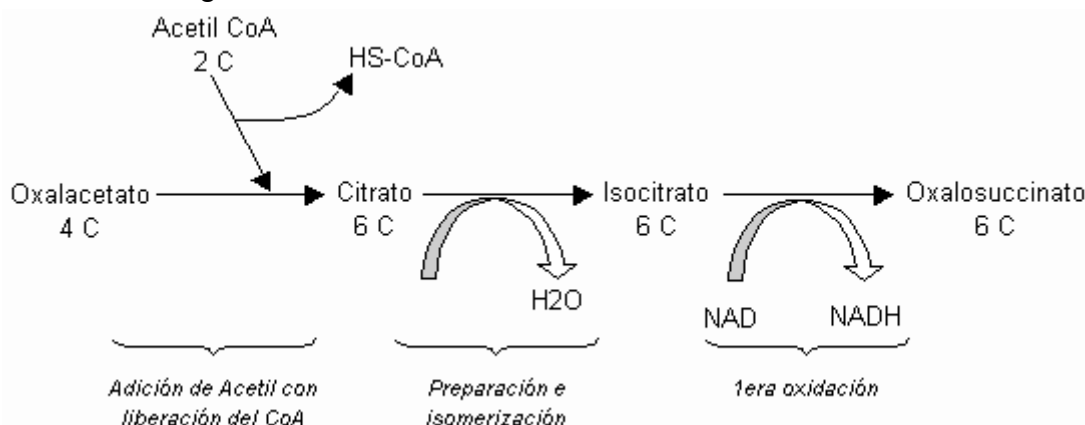
Para fines didácticos vamos a ir paso por paso, partiendo y finalizando en el compuesto OxalAcetato, a través de las cuatro oxidaciones que ocurren en el proceso.

3.1.1. Del OxalAcetato hasta la primera oxidación

El OxalAcetato es un compuesto de 4 carbonos. Este se combina con el acetil CoA de 2 carbonos (el cual libera su grupo **coenzima A**) para formar el citrato que tiene 6 carbonos.

Recuerda que la principal función del Ciclo de Krebs es producir oxidaciones. Sin embargo, el citrato no puede oxidarse, debido a que carece de la configuración molecular para hacerlo, por tal motivo sufre una etapa de "preparación" al combinarse y separarse con una molécula de agua formando un isómero de citrato denominado isocitrato (6 carbonos). Este compuesto sí cuenta con la configuración adecuada para oxidarse y por lo tanto se oxida (reduciendo al NAD en NADH) para formar OxaloSuccinato (6 carbonos).

Observa el gráfico:

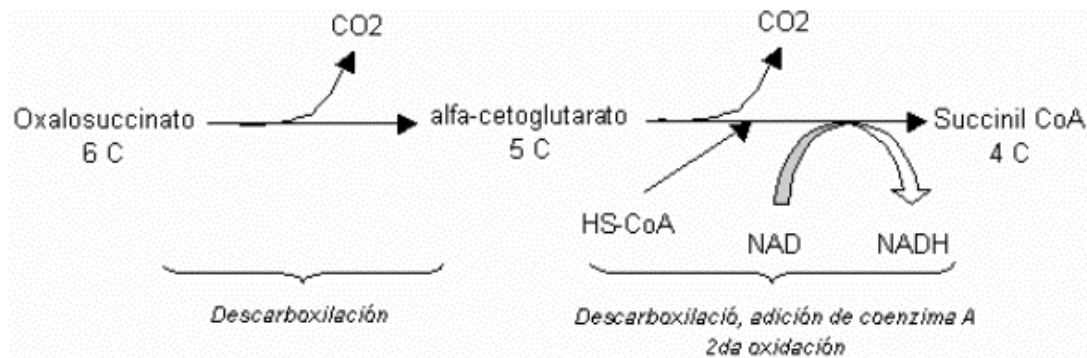


3.1.2. Del OxaloSuccinato a la segunda oxidación

El OxaloSuccinato (6 carbonos) cuenta con el grupo carboxilo en su estructura molecular, por lo cual sufre un proceso de descarboxilación liberando CO_2 y formando A-cetoglutarato (5 carbonos). Este compuesto también cuenta con el

grupo carboxilo y por lo tanto libera CO_2 , produciendo también una segunda oxidación. Posteriormente se une a un grupo **coenzima A** para formar Succinil CoA (4 carbonos).

Observa el gráfico:

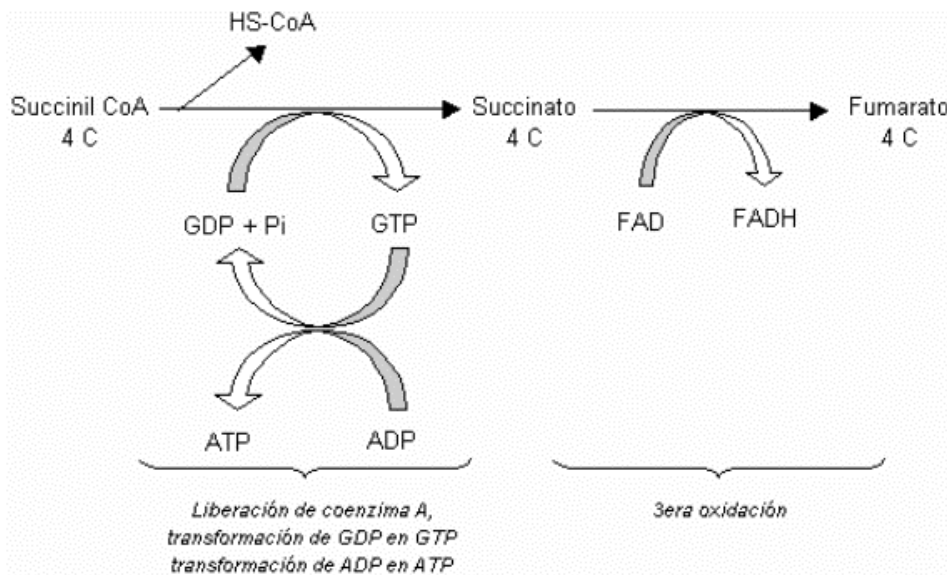


3.1.3. Del Succinil-CoA a la tercera oxidación

El Succinil CoA libera el grupo **coenzima A** que anteriormente se adicionó, liberando también la energía necesaria para combinar un GDP (Guanina Di Fosfato) con un P_i (Fósforo inorgánico) formando así GTP (Guanina Tri Fosfato). Este "primo hermano" del ATP produce una segunda reacción para transformar un ADP en ATP al transferirle su grupo fosfato.

El producto de la reacción del Succinil CoA es el succinato (4 carbonos), el cual cuenta con la configuración molecular adecuada para oxidarse formando así fumarato (4 carbonos).

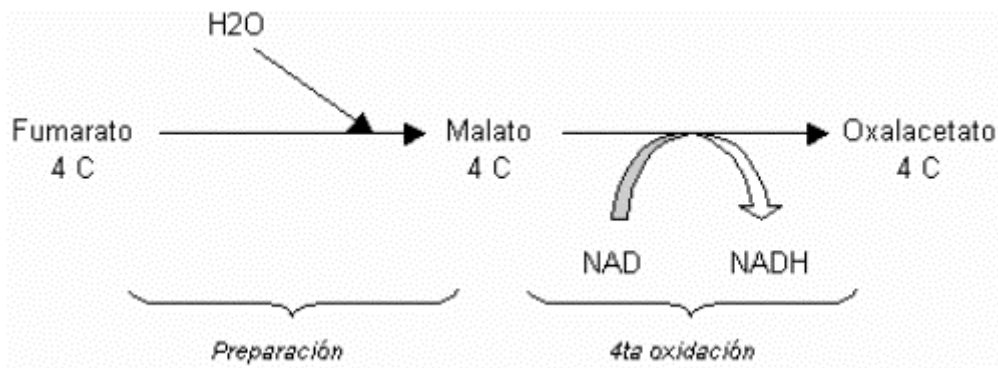
Observa el siguiente gráfico:



3.1.4. Del fumarato a la cuarta oxidación

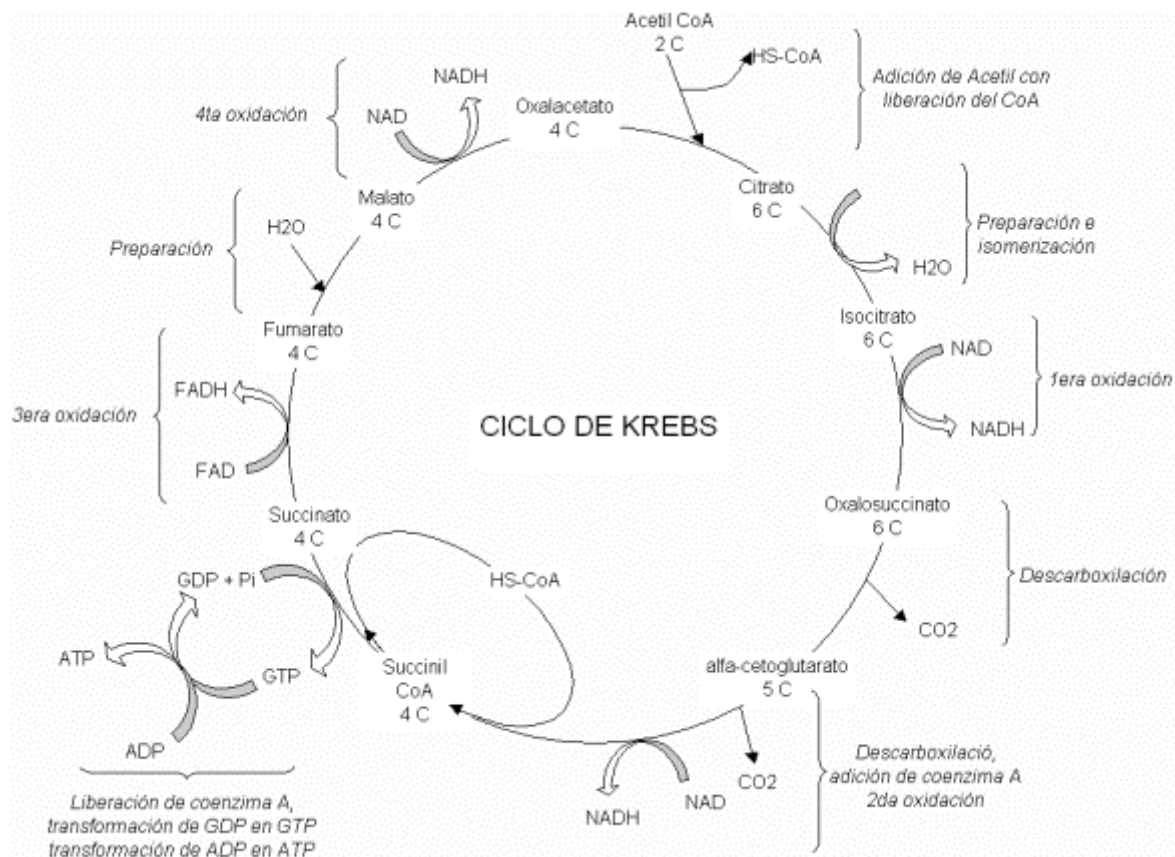
Finalmente, el fumarato (4 carbonos) que no cuenta con la configuración molecular adecuada para oxidarse, sufre un proceso de "preparación", durante el cual es adicionada una molécula de agua. Entonces el fumarato se transforma en malato (4 carbonos), el cual sí está listo para oxidarse transformándose en oxalacetato (4 carbonos), el cual fue el compuesto con el cual comenzamos esta descripción.

Observa el siguiente gráfico:



3.1.5. Ciclo de Krebs: Esquema resumen de todos los procesos y balance final

Una vez desglosadas cada una de las reacciones de oxidación que componen el Ciclo de Krebs, resumiremos todo el ciclo en el siguiente gráfico.



Para el balance final del ciclo de Krebs, en cuanto a las entradas y salidas, veamos la siguiente tabla:

Ciclo de Krebs: balance de entradas y salidas	
Entradas	Acetil CoA + 3 NAD + FAD + ADP + Pi + H ₂ O
Salidas	HS-CoA + 2 CO ₂ + 3 NADH + FADH + ATP

Recuerda que por cada glucosa que entra al metabolismo energético salen dos Acetil CoA, por lo tanto se concluye que por cada glucosa se obtienen dos Ciclos de Krebs.

6

La fotosíntesis

Tema 6. La fotosíntesis

1. Definición

Se define principalmente como el proceso por el cual los organismos que contienen clorofila absorben la luz solar para así crear su alimento y tener un crecimiento.

Una de las características esenciales de la vida es el consumo de energía, ya que todos los procesos vitales sólo se producen si disponen de ella. Todos los vegetales obtienen esa energía de la luz solar. En ellos, el proceso de captación y transformación de dicha energía en compuestos biológicamente aprovechables ("alimento-energía") se denomina fotosíntesis.

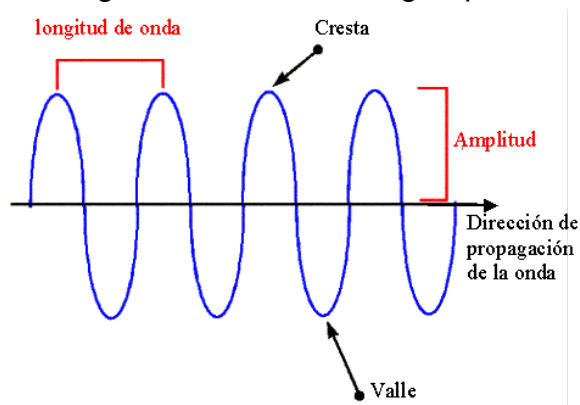
Las plantas poseen un compuesto de color verde llamado clorofila (pigmento fotosintético) que tiene la capacidad de absorber energía de la luz solar y cederla para la elaboración (síntesis) de hidratos de carbono (almidón) a partir de dos compuestos disponibles en el medio: agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2).

Este proceso fotoquímico produce además, oxígeno (O_2) que es liberado a la atmósfera y tiene fundamental importancia para la vida en general, ya que permite cumplir el proceso respiratorio.

El almidón producido representa una materia prima fundamental para la vida de los vegetales ya que, conjuntamente con los nutrientes obtenidos del suelo, permiten cumplir los complejos procesos químicos y biológicos que permiten su existencia. Dado que los vegetales (productores) representan el primer eslabón de las cadenas alimentarias, los animales (consumidores) dependen inevitablemente de la fotosíntesis, de manera que prácticamente toda la energía que circula por los ecosistemas tiene su origen en la fotosíntesis.

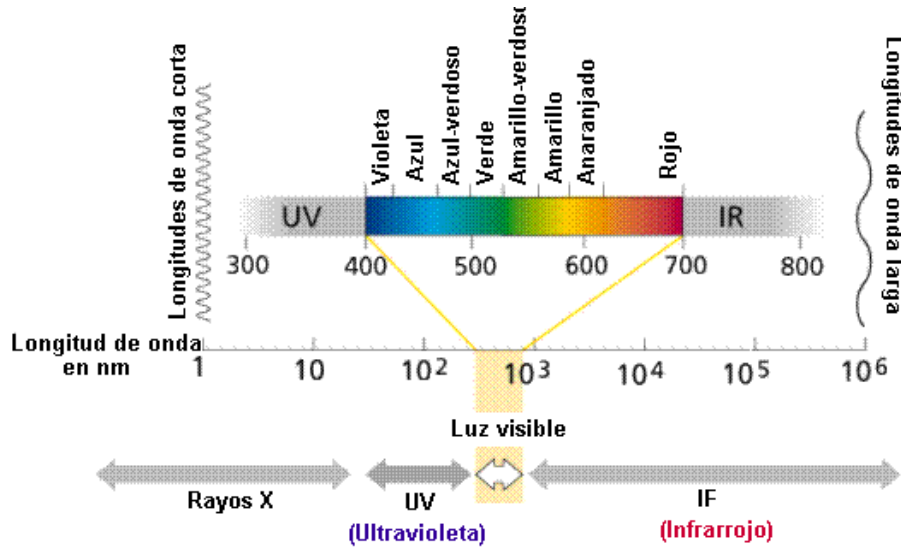
2. Naturaleza de la luz

La luz blanca se descompone en diferentes colores (color = longitud de onda) cuando pasa por un prisma. La longitud de onda se define como la distancia de pico a pico (o de valle a valle). La energía es inversamente proporcional a la longitud de onda: longitudes de onda larga tienen menor energía que las cortas.



La distribución de los colores en el espectro está determinada por la longitud de onda de cada uno de ellos. La luz visible es una pequeña parte del espectro electromagnético. Cuanto más larga es la longitud de onda de la luz visible, tanto

más rojo es el color. Asimismo las longitudes de onda corta están en la zona violeta del espectro. Las longitudes de onda más largas que las del rojo se denominan infrarrojas, y aquellas más cortas que el violeta, ultravioletas.



La luz tiene una naturaleza dual: se comporta como onda y partícula. Entre las propiedades de la onda luminosa se incluye la refracción de la onda cuando pasa de un material a otro.

Albert Einstein desarrolló en 1905 la teoría de que la luz estaba compuesta de unas partículas denominadas fotones, cuya energía era inversamente proporcional a la longitud de onda de la luz. La luz, por lo tanto, tiene propiedades explicables tanto por el modelo ondulatorio como por el corpuscular.

3. Clorofila y otros pigmentos

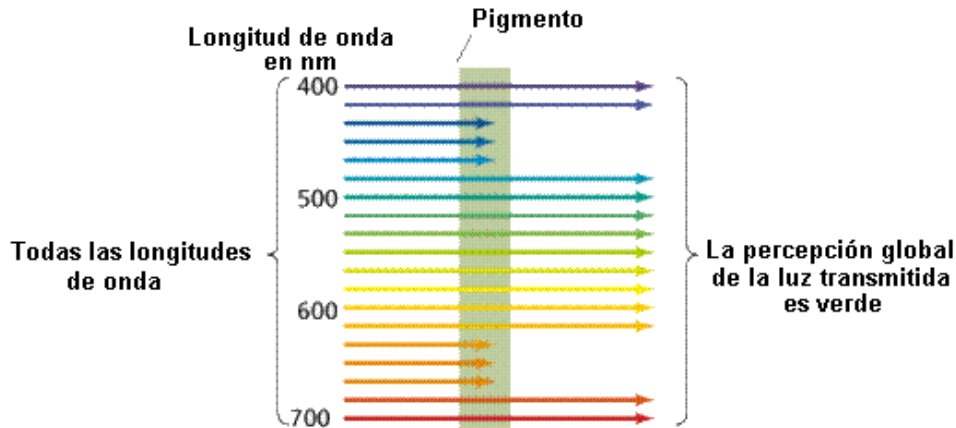
Un pigmento es cualquier sustancia que absorba la luz. El color del pigmento está dado por la longitud de onda no absorbida (y por lo tanto reflejada).

La clorofila es el pigmento verde común a todas las células fotosintéticas. Absorbe todas las longitudes de onda del espectro visible, excepto las de la percepción global del verde, detectado por nuestros ojos.

Los otros pigmentos incluyen a la **clorofila b** y los **carotenoides**, como el beta caroteno y las xantofilas (carotenoide de color amarillo), y absorben la energía que no es absorbida por la clorofila.

La **clorofila a** absorbe la energía de longitudes de onda correspondientes a los colores que van del violeta azulado al anaranjado-rojizo y rojo.

Los **carotenoides** y la **clorofila b** absorben en la longitud de onda del verde. Ambas clorofilas también absorben en la región final del espectro (anaranjado - rojo); o sea, a longitudes de onda larga y menor cantidad de energía.



Si un pigmento absorbe luz puede ocurrir una de estas tres cosas:

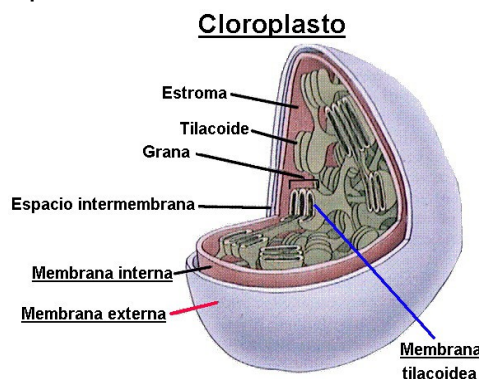
- la energía se disipa como calor.
- la energía se emite inmediatamente como una de longitud de onda más larga, fenómeno conocido como fluorescencia.
- la energía puede dar lugar a una reacción química como en la fotosíntesis. La clorofila sólo desencadena una reacción química cuando se asocia con una proteína embebida en una membrana (como en el cloroplasto) o los repliegues de membrana.

4. Cloroplastos

Los cloroplastos son orgánulos exclusivos de las células vegetales. En ellos tiene lugar la fotosíntesis, proceso en el que se transforma la energía lumínica en energía química.

Un cloroplasto tiene tres membranas y presenta tres compartimentos:

- La **membrana externa** es muy permeable.
- La **membrana interna** es menos permeable, no presenta pliegues (la de la mitocondria sí los presenta). Entre ambas membranas queda un primer compartimento que es el espacio intermembrana. La membrana interna delimita un espacio que es el estroma, donde se encuentran ribosomas y gránulos de almidón
- La **membrana tilacoidal** es el tercer tipo de membrana, aparece formando unos sacos aplanados denominados tilacoides, y forman unas agrupaciones llamadas grana. Los tilacoides están interconectados y delimitan una tercera cavidad que es el espacio tilacoidal.



Esta membrana tilacoidal es la responsable de la captación de la energía solar, gracias a la presencia de clorofilas y de otros pigmentos asociados con proteínas en unas estructuras funcionales que son los fotosistemas.

5. Fotosistemas

Los fotosistemas son las unidades de la membrana tilacoidal. Cada fotosistema está formado por dos partes:

- Un **complejo antena**. Formado por varios centenares de moléculas de clorofila y carotenos.
- Un **centro reactivo**. Tiene unas moléculas de **clorofila a** que actúan como una verdadera *trampa energética*, puesto que los electrones que liberan son *catapultados* hacia la cadena de transporte electrónico de la membrana tilacoidal.

El **complejo antena** funciona así: Cuando una de sus moléculas se excita al captar un fotón (unidad de energía lumínica) transfiere esa energía de excitación a otra molécula cercana por un proceso de resonancia y, en una reacción en cadena, esa energía llega hasta el centro reactivo.



Existen dos fotosistemas:

- El **fotosistema I**, cuya molécula reactiva de *clorofila a* se conoce como **P700**.
- El **fotosistema II**, que contiene una molécula de *clorofila a* reactiva denominada **P680**.

Ambas formas "activas" de la **clorofila a** funcionan en la fotosíntesis debido a su relación con las proteínas de la membrana tilacoide. Durante las reacciones de la **fase lumínica** los dos fotosistemas actúan coordinadamente.

La **foto fosforilación** es el proceso de conversión de la energía del electrón excitado por la luz, en un enlace de una molécula de ADP. Esto ocurre cuando los electrones del agua son excitados por la luz en presencia de P680.

La energía de la luz causa la eliminación de un electrón de una molécula de P680 que es parte del Fotosistema II. El electrón es transferido a una molécula aceptora (aceptor primario), y pasa luego cuesta abajo al Fotosistema I a través de la cadena transportadora de electrones.

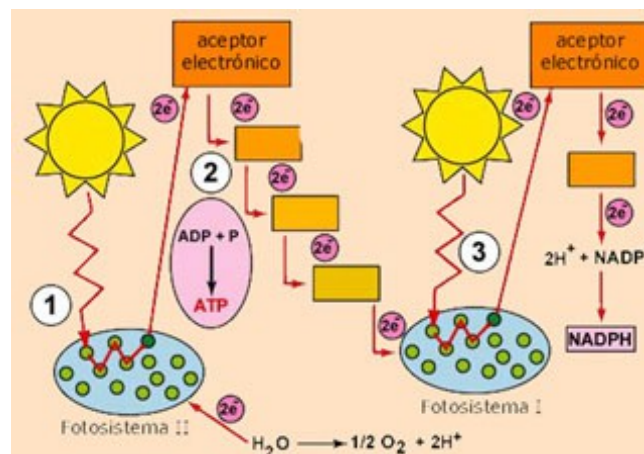
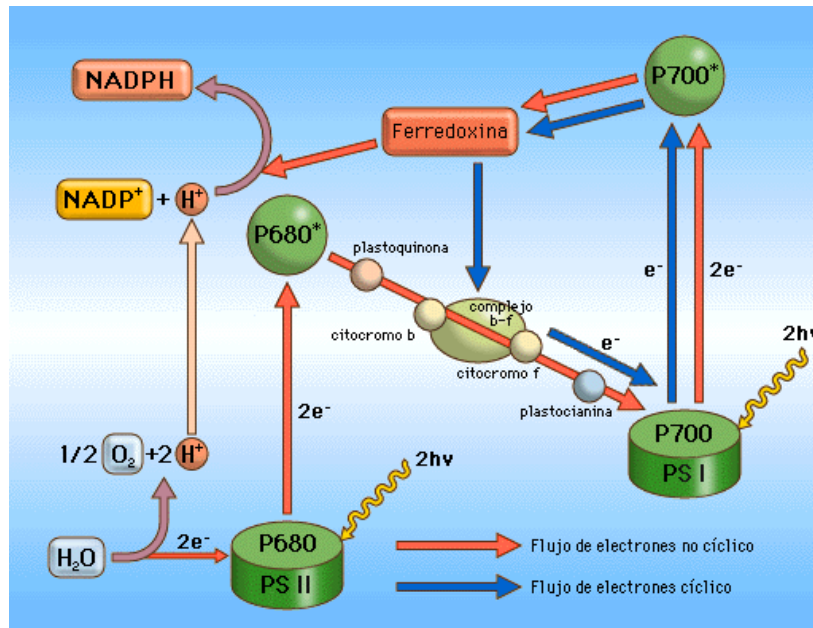
La P680 requiere un electrón, que es tomado del agua, rompiéndola en iones H^+ y O^{2-} . Estos iones O^{2-} se combinan para formar O_2 , que se libera a la atmósfera.

La luz actúa sobre la molécula de P700 del Fotosistema I, produciendo que un electrón sea elevado a un potencial más alto. Este electrón es aceptado por un aceptor primario (diferente del asociado al Fotosistema II).

El electrón pasa nuevamente por una serie de reacciones redox, y finalmente se combina con $NADP^+$ e H^+ para formar NADPH.

Existe, por lo tanto, un continuo flujo de electrones desde el agua al NADPH, el cual es usado para la fijación del carbono.

En el Fotosistema II, el "bombeo" de iones H dentro de los tilacoides y la conversión de $ADP + P$ en ATP es motorizado por un gradiente de electrones establecido en la membrana tilacoidea.



6. Etapas de la fotosíntesis

La fotosíntesis es un proceso que se desarrolla en dos etapas.

6.1. La etapa clara

Es un proceso dependiente de la luz. Requiere de energía de la luz para fabricar moléculas portadoras de energía. La etapa clara ocurre en la grana.

En esta etapa, la luz que "golpea" a la clorofila excita a un electrón a un nivel energético superior. En una serie de reacciones, la energía se convierte (a lo largo de un proceso de transporte de electrones) en ATP y NADPH. El agua se descompone en el proceso, liberando oxígeno como producto secundario de la reacción.

El ATP y el NADPH se utilizan para fabricar los enlaces C-C en la siguiente etapa.

6.2. La etapa oscura

Es un proceso independiente de la luz. Los productos de la primera etapa son utilizados para formar los enlaces de los carbohidratos. La etapa oscura ocurre en el estroma de los cloroplastos.

En la etapa oscura, el anhídrido carbónico de la atmósfera (o del agua en los organismos acuáticos) es capturado y modificado por la adición de **hidrógeno** para formar carbohidratos. La transformación del anhídrido carbónico en un compuesto orgánico se conoce como **fijación del Carbono**. La energía para ello proviene de la primera fase de la fotosíntesis. Los sistemas vivientes no pueden utilizar directamente la energía de la luz, pero pueden, a través de una complicada serie de reacciones, convertirla en enlaces C-C, y esta energía puede ser luego liberada por la glicólisis y otros procesos metabólicos.

7. Ciclo de Calvin

El ciclo de Calvin es un conjunto de reacciones enzimáticas que tienen lugar en las plantas y que, en líneas generales, transforman el dióxido de carbono (CO_2) en sacarosa (un azúcar) y almidón (una sustancia de reserva).

Todo este proceso, conocido con el nombre de ciclo de fijación del carbono o ciclo de Calvin, tiene lugar en el estroma de los cloroplastos, ubicados en las hojas verdes de las plantas.

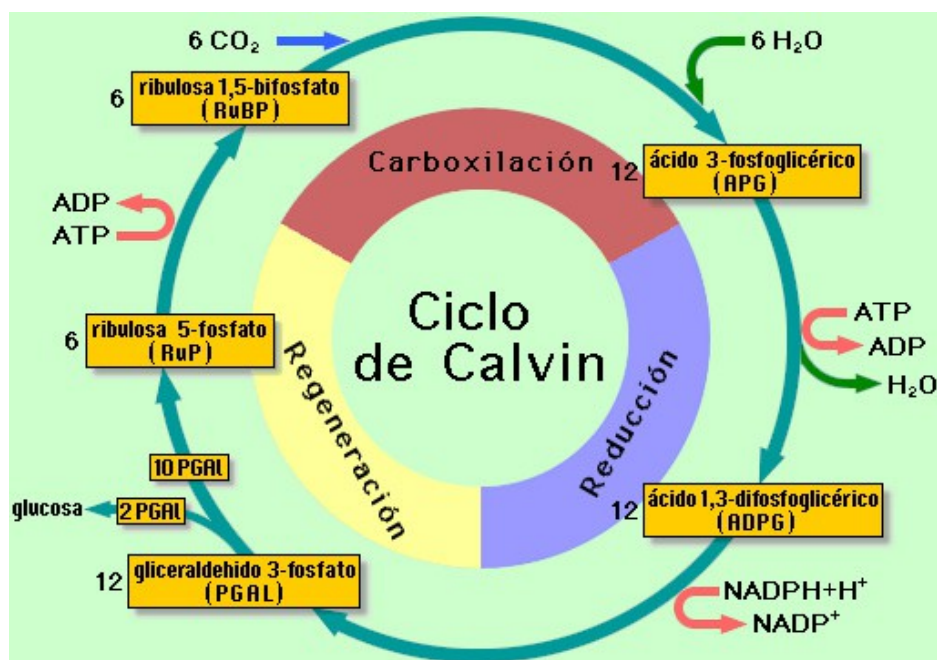
El mecanismo de síntesis de los azúcares es catalizado por la enzima ribulosa carboxilasa, la proteína más abundante en el cloroplasto.

En una primera etapa, esta enzima utiliza el CO_2 para desencadenar la reacción de producción de fosfoglicerato.

Después de una serie de reacciones, este compuesto se transforma en gliceraldehído fosfato. Una parte de este azúcar es utilizada para regenerar más ribulosa difosfato; otra parte se convertirá en aminoácidos, grasas y almidón. Pero la parte más importante del gliceraldehído fosfato es transportada desde el cloroplasto hasta el citoplasma de la célula donde se integra, como un producto intermediario, en el ciclo de la glucosa, proceso durante el cual se transformará en fructosa fosfato y glucosa fosfato.

Estos azúcares se unirán más tarde para dar lugar al producto final, un disacárido llamado sacarosa fosfato. De esta manera la planta va almacenando sacarosa en las células de las hojas hasta que, en función de los requerimientos de

hidratos de carbono, es exportada al resto de la planta a través de los haces vasculares.



8. Fotorrespiración

En la luz, las plantas presentan un tipo de respiración que depende del oxígeno. El proceso se denomina fotorrespiración y consume, además de oxígeno, energía fotosintética, para producir CO_2 . La fotorrespiración es, pues, un sistema contrario a la fotosíntesis y negativo para las plantas.

Recuerda: En la fotosíntesis las plantas toman CO_2 del aire y liberan oxígeno.

Dicho proceso sucede en presencia de luz y además se incrementa conforme aumenta la temperatura ambiente, lo cual sucede especialmente en días claros y soleados. A mayor temperatura, más tasa de fotorrespiración, llegando a igualar en ocasiones la tasa de fotosíntesis. En esos momentos, el ritmo de crecimiento de las plantas se detiene.

Las plantas realizan la fotosíntesis con el objeto de almacenar la energía solar en compuestos orgánicos altamente energéticos; por el contrario **la fotorrespiración consume esa energía.**

La causa de este proceso de fotorrespiración es la acción de una enzima que poseen las plantas. Esta enzima, denominada *rubisco* se comporta como fijadora de carbono en la fotosíntesis, pero a determinada temperatura empieza a comportarse como oxigenasa, es decir, capturadora de oxígeno. Esto implica que una parte significativa del carbono fijado por fotosíntesis en el Ciclo de Calvin se oxida por fotorrespiración (formando CO_2) y no incrementa la reserva de carbohidratos.

9. Vía 4C

Muchas plantas han desarrollado mecanismos consistentes en aumentar la concentración de CO_2 disponible para la rubisco y así disminuir la actividad oxigenasa y la pérdida de C por fotorrespiración.

Algas y cianobacterias tienen mecanismos de bombeo de CO_2 dentro de las células. Estas bombas utilizan ATP obtenido por las reacciones lumínicas de la fotosíntesis.

En algunas plantas, el mecanismo de acumulación de CO_2 se basa en la síntesis y acumulación de moléculas de cuatro carbonos (malato o aspartato), antes de la fijación sobre la rubisco. Estas moléculas de cuatro carbonos son después descarboxiladas y el CO_2 es fijado mediante el ciclo de Calvin.

Las plantas C_4 son anatómicamente distintas de las plantas C_3 . Las plantas C_4 tienen hojas con dos tipos de células con cloroplastos:

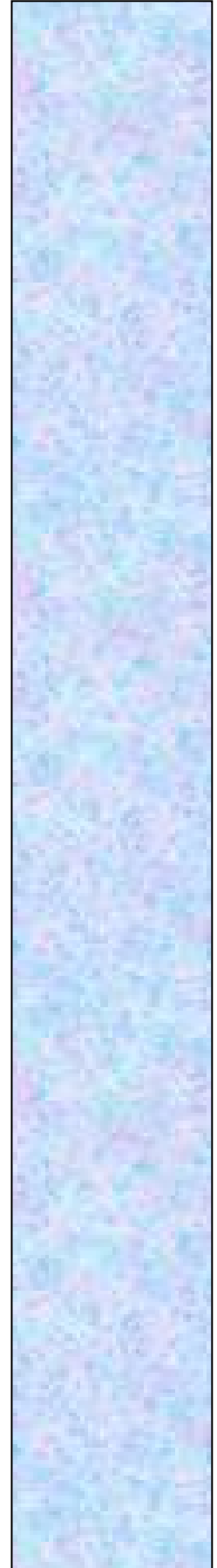
- Las células del mesófilo (interior de la hoja), que llevan a cabo la fijación de CO_2 para sintetizar ácidos de cuatro carbonos
- Las células de la vaina, en las que se descarboxilan los ácidos C_4 y se asimila el CO_2 vía ciclo de Calvin. Plantas como el maíz o la caña de azúcar son ejemplos típicos.

El metabolismo C_4 implica:

1. Carboxilación en las células del mesófilo para formar la molécula de 4 carbonos
2. Transporte del ácido de 4 carbonos de las células del mesófilo.
3. Descarboxilación de los ácidos de cuatro carbonos y liberación del CO_2 que será fijado por la rubisco y el ciclo de Calvin.
4. Regreso del ácido de 3 carbonos a las células del mesófilo.



El núcleo y la división celular



Tema 7. El núcleo y la división celular

1. Introducción

El núcleo es la estructura más destacada de la célula eucariota, tanto por su morfología como por sus funciones. Su tamaño es variable, al igual que su ubicación, siendo, en la mayoría de los tipos, central.

El núcleo tiene tres funciones primarias, todas ellas relacionadas con su contenido de ADN:

- Almacenar la información genética en el ADN.
- Recuperar la información almacenada en el ADN en la forma de ARN.
- Ejecutar, dirigir y regular las actividades citoplasmáticas, a través del producto de la expresión de los genes: las proteínas.

2. Reproducción celular

La supervivencia de una especie requiere que los individuos que la forman produzcan otros, para reemplazar a los que van desapareciendo, lo cual se consigue mediante el proceso reproductor.

La reproducción celular es por tanto un fenómeno imprescindible para que las células se perpetúen. Una vez han llegado a cierto momento de su vida, las células adquieren aptitud para multiplicarse, generando otras semejantes a sus progenitoras.

La reproducción celular se reduce siempre a un proceso de división, mediante el cual la célula se parte en varios trozos (generalmente dos) cada uno de los cuales aumenta de tamaño hasta alcanzar el propio de la que le ha dado origen.

En los organismos unicelulares: la célula que se divide, llamada célula madre, desaparece como individuo y en su lugar aparecen dos o más células hijas.

En los pluricelulares: el proceso reproductor no supone su desaparición como tales individuos.

2.1. La división en procariotas

Los procariotas tienen una organización mucho más simple que la de los eucariotas.

El cromosoma procariota es una sola molécula circular de ADN contenida en una región definida del citoplasma, denominada **nucleoide**, sin estar separada del mismo por una membrana. Este cromosoma es el elemento obligatorio del genoma.

El método usual de duplicación de las células eucariotas se denomina **fisión binaria**. La duplicación de la célula va precedida por la replicación del cromosoma bacteriano.

Primero se replica y luego pega cada copia a una parte diferente de la membrana celular.

Cuando las células que se originan comienzan a separarse, también se separa el cromosoma original del replicado. Después de la separación, queda como resultado dos células de idéntica composición genética.

Una consecuencia de este método asexual de reproducción es que todos los organismos de una colonia son genéticamente iguales.

2.2. La división en eucariotas

La **mitosis** es la forma más común de la división celular en las células eucariotas. Una célula que ha adquirido determinados parámetros o condiciones de tamaño puede replicar totalmente su dotación de ADN y dividirse en dos células hijas, normalmente iguales.

Existen numerosos puntos en común entre la división celular de ambos tipos de células, son:

1. Crecimiento
2. Debe ocurrir la duplicación del ADN.
3. Debe separarse el ADN "original" de su "réplica" (para ello se empaqueta en forma de unidades discretas o cromosomas)
4. Deben separarse las dos células "hijas" con lo que finaliza la división celular.

3. El ciclo celular

Es la secuencia cíclica de procesos en la vida de una célula eucariota que conserva la capacidad de dividirse.

Consiste en **interfase**, **mitosis** y **citocinesis**.

3.1. Interfase

Antes de que una célula eucariótica pueda comenzar la mitosis y dividirse efectivamente, debe duplicar su ADN, sintetizar proteínas asociadas con el ADN de los cromosomas, producir una reserva adecuada de organelas para las dos células hijas y ensamblar las estructuras necesarias para que se lleven a cabo la mitosis y la citocinesis.

Estos procesos preparatorios ocurren durante la interfase, en la cual, a su vez, se distinguen tres etapas: las fases G1, S y G2.

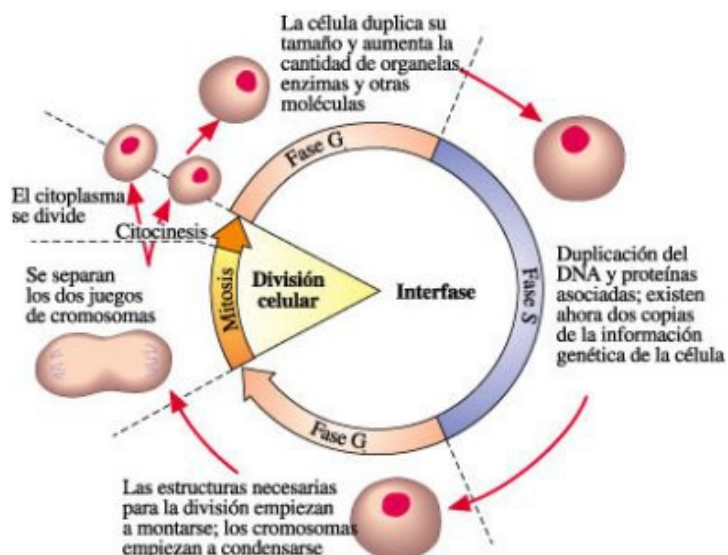
En la fase G1, las moléculas y estructuras citoplasmáticas aumentan en número.

En la fase S, los cromosomas se duplican.

En la fase G2, comienza la condensación de los cromosomas y el ensamblado de las estructuras especiales requeridas para la mitosis y la citocinesis.

Durante la mitosis, los cromosomas duplicados son distribuidos entre los dos núcleos hijos.

En la citocinesis, el citoplasma se divide, separando a la célula materna en dos células hijas.



3.2. Mitosis

El hecho fundamental de la mitosis es que las células hijas reciben el mismo número de cromosomas que poseía la célula madre que las ha originado.

La mitosis cumple la función de distribuir los cromosomas duplicados de modo tal que cada nueva célula obtenga una dotación completa de cromosomas.

En los estadios tempranos de la mitosis, cada uno de los cromosomas consiste en dos copias idénticas, llamadas cromátidas, que se mantienen juntas por sus centrómeros. Simultáneamente se organiza el huso, cuya formación se inicia a partir de los centrosomas.

Tanto en las células animales como en las vegetales, el entramado del huso está formado por fibras que se extienden desde los polos al ecuador de la célula. Otras fibras están unidas a las cromátidas al nivel de los cinetocoros, estructuras proteicas asociadas con los centrómeros. La profase finaliza con la desintegración de la envoltura nuclear y la desaparición de los nucleolos.

Durante la metafase, los pares de cromátidas, dirigidos por las fibras del huso, se mueven hacia el centro de la célula. Al final de la metafase se disponen en el plano ecuatorial. Durante la anafase se separan las cromátidas hermanas, y cada cromátida -ahora un cromosoma independiente- se mueve a un polo opuesto. Durante la telofase se forma una envoltura nuclear alrededor de cada grupo de cromosomas. El huso comienza a desintegrarse, los cromosomas se desenrollan y una vez más se extienden y aparecen difusos.

- Interfase.** La cromatina ya está duplicada pero todavía no se ha condensado. Dos pares de centriolos se encuentran justo al lado de la envoltura nuclear.
- Profase.** Los centriolos empiezan a moverse en dirección a los polos opuestos de la célula, los cromosomas condensados son ya visibles, la envoltura nuclear se rompe y comienza la formación del huso mitótico.
- Metafase temprana.** Las fibras polares y cinetocóricas del huso tiran de cada par de cromátidas hacia un lado y otro.
- Metafase tardía.** Los pares de cromátidas se alinean en el ecuador de la célula.

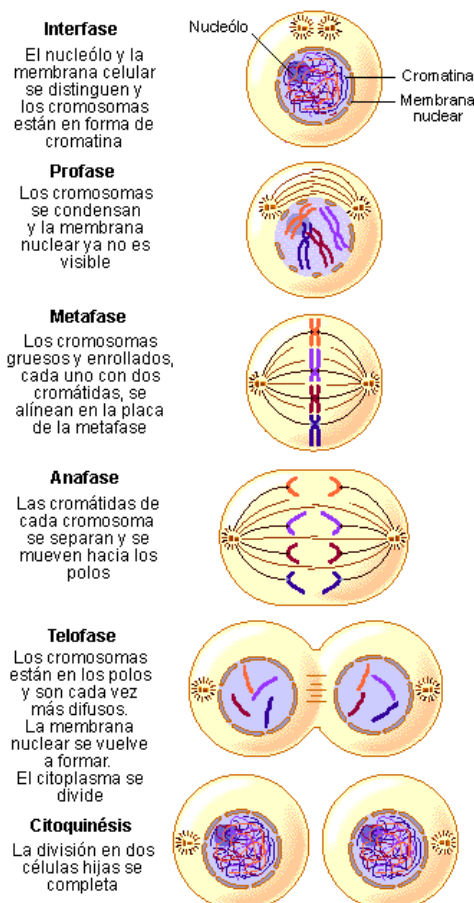
- e. **Anafase.** Las cromátidas se separan. Las dos dotaciones de cromosomas recién formados son empujadas hacia polos opuestos de la célula.
- f. **Telofase.** La envoltura nuclear se forma alrededor de cada dotación cromosómica y los cromosomas se descondensan y adquieren, nuevamente, un aspecto difuso. Los nucleolos reaparecen. El huso mitótico se desorganiza y la membrana plasmática se secciona en un proceso que hace separar las dos células hijas.

3.3. Citocinesis

Es la etapa de la división celular que consiste en la división del citoplasma. El proceso visible de la citocinesis suele empezar en la telofase de la mitosis y por lo general divide la célula en dos partes más o menos iguales.

En las **células animales**, durante la telofase, la membrana celular empieza a estrecharse en la zona donde estaba el ecuador del huso. Al principio se forma en la superficie una depresión, que poco a poco se va profundizando para convertirse en un surco hasta que la conexión entre las células hijas queda reducida a un hilo fino, que no tarda en romperse para así separar las dos células hijas.

En las **células vegetales**, este proceso es un tanto diferente, puesto que estas células presentan externamente a la membrana plasmática, una pared bastante rígida. En este caso, la citocinesis se produce por la formación de un tabique entre los dos nuevos núcleos. Este tabique va creciendo desde el centro hacia la periferia de la célula, hasta que sus membranas hacen contacto con la membrana plasmática, con la que posteriormente se fusionan completándose la división celular.



¿Por qué las células hijas son idénticas a la célula madre en esta división (mitosis)?

La **mitosis** interviene en la reproducción asexual de los organismos y también en el crecimiento de los seres pluricelulares.

Es un proceso de división celular mediante el cual, a partir de una célula madre, aparecen dos células hijas con idéntica dotación cromosómica que su progenitora.

Son idénticas porque una de las principales características que tiene este fenómeno reproductivo es que la partición del material genético es idéntica, no existe cabida para cambios en los descendientes a no ser que sea por una mutación, o algún factor que intervenga en el proceso mientras este ocurre.

No así con la meiosis, la cual deja a las células hijas con la mitad del material genético necesario para que sean idénticas.

4. Meiosis

La reproducción sexual requiere de dos progenitores y siempre involucra dos hechos: la fecundación y la meiosis.

La fecundación es el medio por el cual las dotaciones genéticas de ambos progenitores se reúnen y forman una nueva identidad genética, la de la progenie.

La meiosis es un tipo especial de división nuclear en el que se redistribuyen los cromosomas y se producen células que tienen un número haploide de cromosomas (n). Posteriormente la fecundación restablece el número diploide ($2n$).

4.1. Las fases de la meiosis

La meiosis es un tipo especial de división nuclear. Consiste en dos divisiones nucleares sucesivas, designadas convencionalmente meiosis I y meiosis II.

Durante la interfase que precede a la meiosis, los cromosomas se duplican.

En la profase I de la meiosis, los cromosomas homólogos se aparean.

Un homólogo de cada par proviene de un progenitor, y el otro homólogo, del otro progenitor. Cada homólogo consta de dos cromátidas hermanas idénticas, que se mantienen unidas por el centrómero.

Mientras los homólogos están apareados, ocurre entre ellos el entrecruzamiento, dando como resultado el intercambio de material cromosómico.

Al finalizar la meiosis I, los cromosomas homólogos se separan. Se producen dos núcleos, cada uno con un número haploide de cromosomas. Cada cromosoma, a su vez, está formado por dos cromátidas.

Esta primera división es reduccional y el resultado es la formación de dos células hijas cada una con " n " cromosomas.

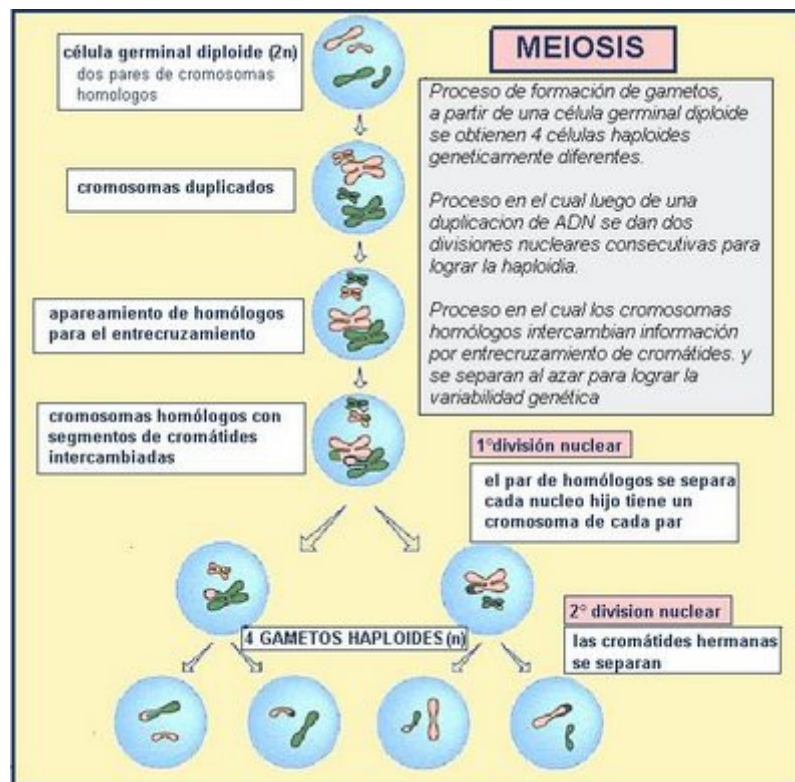
Los núcleos pasan por un nuevo periodo de interfase, pero el material cromosómico no se duplica.

En la segunda etapa de la meiosis, **la meiosis II**, las cromátidas hermanas de cada cromosoma se separan, como si fuese una mitosis. Cuando los dos núcleos se dividen, se forman cuatro células haploides.

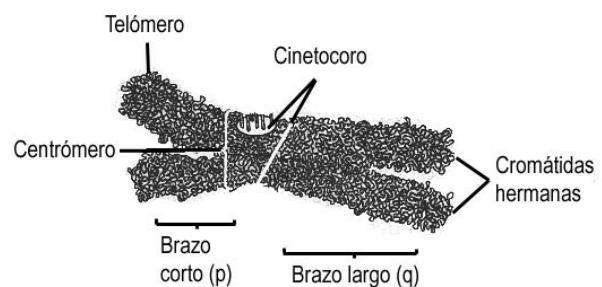
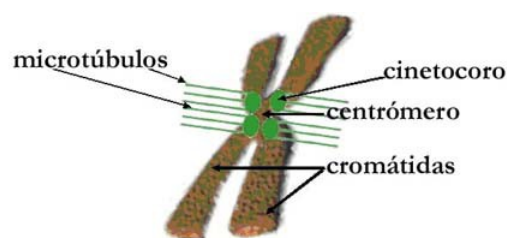
Esta segunda división es una división mitótica normal y el resultado final de la segunda división meiótica es la formación de cuatro células hijas cada una de las cuales tiene un núcleo con "n" cromátidas.

4.2. Consecuencias de la meiosis

1. Es el proceso mediante el cual se obtienen células especializadas para intervenir en la reproducción sexual.
2. Reduce a la mitad el número de cromosomas, y así al unirse las dos células sexuales, vuelve a restablecerse el número cromosómico de la especie.
3. Se produce una recombinación de la información genética.
4. Cada una de las células haploides producidas por meiosis contiene un complejo único de cromosomas, debido al entrecruzamiento y a la segregación al azar de los cromosomas. De esta manera, la meiosis es una fuente de variabilidad en la descendencia.



5. Conceptos básicos



Estructura del cromosoma

El **cinetocoro** es un disco localizado en la parte externa de los cromosomas, en los centrómeros, compuesto por unas proteínas donde anclan los microtúbulos del huso mitótico, durante los procesos de división celular (meiosis y mitosis). El cinetocoro es una estructura proteica que permite que cada cromátida se mueva por separado y se distribuya adecuadamente a los nuevos núcleos.

El **huso acromático** también denominado huso mitótico, es una estructura fusiforme formada por una serie de microtúbulos contráctiles de naturaleza proteica.

La **cromátida** es una de las unidades longitudinales de un cromosoma duplicado, unida a su cromátida hermana por el centrómero.

El **centrómero** une a los dos filamentos paralelos idénticos que son las cromátidas en un estrechamiento. Es el sitio en donde las cromátidas hermanas se unen durante la mitosis y meiosis.

Haploide y diploide. Una célula haploide es aquella que contiene la mitad (n) del número normal de cromosomas ($2n$). Las células reproductoras, como los óvulos y los espermatozoides de los mamíferos contienen un solo juego de cromosomas, mientras que el resto de las células de un organismo superior suele tener dos juegos de ellos.

Cuando los gametos se unen durante la fecundación, el huevo fecundado contiene un número normal de cromosomas ($2n$): es una célula diploide.

Las células diploides son las que tienen un número doble de cromosomas que un gameto, es decir, que poseen dos series de cromosomas.

Las células del hombre tienen 46 cromosomas, ese es su número diploide, los gametos (originados en las gónadas, por medio de meiosis de las células germinales) tienen solamente la mitad, 23, lo cual constituye su número haploide.

6. Recombinación

Es el intercambio genético que se produce entre segmentos de dos hélices de ácido desoxirribonucleico (ADN). La recombinación se produce, normalmente, entre secuencias homólogas del ADN, es decir, entre regiones con secuencias idénticas de nucleótidos o casi idénticas. Por eso, habitualmente, el proceso se denomina recombinación general u homóloga.

El proceso de recombinación es un mecanismo natural que existe no sólo en animales y vegetales, sino también en bacterias y virus.

En los organismos diploides, la recombinación se produce durante la meiosis, ya que normalmente se origina entre dos copias del mismo cromosoma (cromosomas homólogos). De hecho, cuando la célula entra en meiosis cuenta con dos juegos haploides de cromosomas ($2n$), de los cuales n cromosomas son de origen materno y n de origen paterno.

Los cromosomas homólogos maternos y paternos se aproximan en un proceso denominado **sinapsis** o apareamiento de cromosomas homólogos, produciéndose entonces la recombinación.

El proceso comienza con el apareamiento de ambas regiones homólogas, produciéndose la rotura y el intercambio de las regiones de ADN (proceso denominado sobrecruzamiento). El resultado final es que se rompen dos dobles hélices de ADN y los extremos rotos se unen a los extremos opuestos para formar dos dobles hélices intactas, cada una de las cuales contiene partes de las dos moléculas originales.

7. Mutaciones

El término **mutación** designa un cambio genético cuya consecuencia es la aparición de un rasgo nuevo que no se había presentado en ninguna de las generaciones precedentes.

La existencia de variabilidad genética se consigue en los individuos con reproducción sexual mediante las mutaciones y, en mayor grado, mediante la recombinación genética que tiene lugar durante in meiosis.

Gran parte de las mutaciones se producen de manera espontánea; sin embargo, otras son causadas por la presencia en el medio de agentes físicos o químicos que pueden afectar a la estructura del ADN. Estas mutaciones se denominan inducidas y los agentes que las desencadenan son los agentes mutágenos. Por ejemplo, un agente físico sería la radiación ultravioleta y un agente químico, la nicotina.

7.1. Mutaciones y errores en la meiosis. Consecuencias genéticas

En la **meiosis** debe ocurrir una correcta separación de las cromátidas hacia los polos durante la anafase.

Cuando esto no ocurre o hay un retraso en la primera o segunda división meiótica, conlleva problemas en la configuración de los cromosomas, alterando el número correcto de estos, es decir, dejan de ser múltiplos básicos del número haploide original de la especie, lo que se conoce como aneuploidía (hace referencia a cambios en el número de cromosomas, que pueden dar lugar a enfermedades genéticas).

Entre los problemas en el material genético encontramos:

- Nulisomía en la que faltan un par de cromosomas homólogos ($2n-2$ cromosomas).
- Monosomía ($2n-1$ cromosomas).
- Trisomía ($2n+1$ cromosomas).

En los animales sólo son viables monosomías y trisomías. Los individuos nulisómicos no suelen manifestarse, puesto que es una condición letal en diploides.

7.1.1. Monosomía

- Monosomía autosómica: produce la muerte en el útero.
- Síndrome de Turner: solamente un cromosoma X presente en las mujeres. Los afectados son hembras estériles.

7.1.2. Trisomía

- **Síndrome de Down**. Trisomía del cromosoma 21: es la aneuploidía más viable. Es una trisomía del cromosoma 21, que incluye retraso mental.
- **Síndrome de Patau**. Trisomía del cromosoma 13: es una enfermedad genética que resulta de la presencia de un cromosoma 13 suplementario. Se suele asociar con un problema meiótico materno, más que paterno y como el síndrome de Down, el riesgo aumenta con la edad de la mujer.

- **Síndrome de Edwards.** Trisomía del cromosoma 18: se trata de una enfermedad rara, cromosómica, caracterizada por la presencia de un cromosoma adicional en el par 18.
- **Síndrome de Klinefelter.** Un cromosoma X adicional en varones. Tienen una mezcla de ambos sexos.

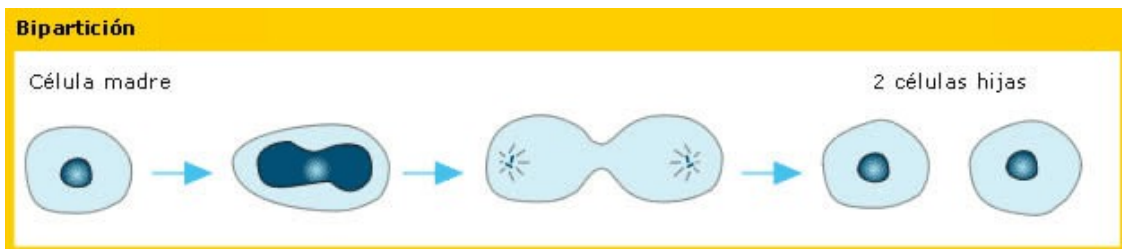
8. División celular y reproducción asexual

La multiplicación asexual sólo se presenta en aquellos animales cuyas células conservan aún la **totipotencia embrionaria**, es decir, la capacidad no sólo de multiplicarse, sino también de diferenciarse en distintos tipos celulares para lograr la reconstrucción de las partes del organismo que pudieran faltar.

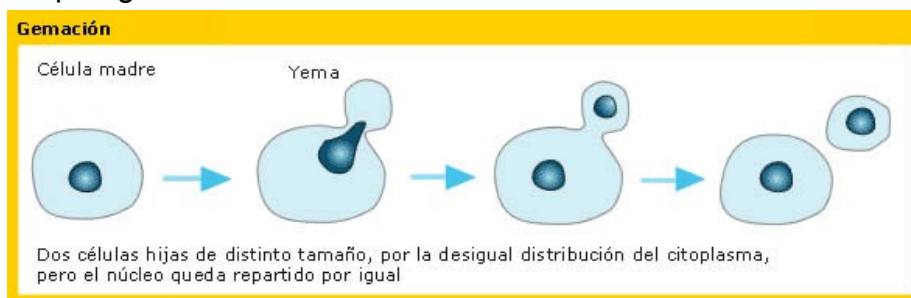
Como la totipotencia embrionaria es tanto más común cuanto más sencilla es la organización animal, esta tiene lugar en esponjas, celentéreos, anélidos, equinodermos y también en los estados larvarios y embrionarios de todos los animales.

Según la forma de llevarse a cabo la división celular se distinguen tres modalidades:

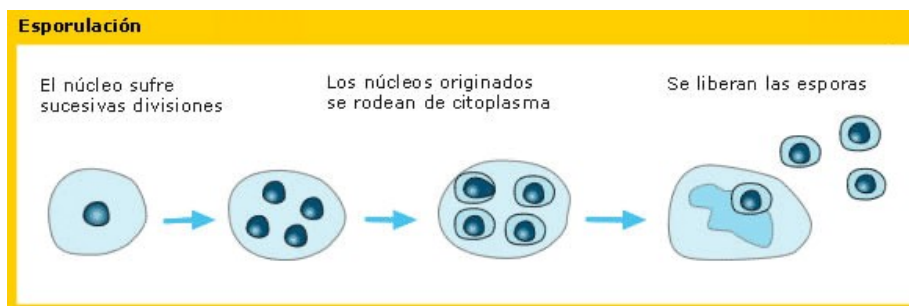
- La **bipartición** se caracteriza porque la célula madre da lugar a dos células hijas aproximadamente del mismo tamaño porque reciben cada una de ellas la misma cantidad de materia nuclear y citoplasmática. Es el procedimiento más corriente de división celular.



- La **gemación** se presenta cuando sobre la célula madre aparece una prominencia o "yema" que se desprende por estrangulación. Se originan así también dos células hijas, pero de diferente tamaño, si bien tal diferencia obedece a la desigual distribución del citoplasma, pero no del núcleo que queda por igual en ambas.



- La **esporulación** se presenta con bastante frecuencia en algunos organismos unicelulares (levaduras). La división múltiple tiene lugar cuando una célula divide repetidamente su núcleo. Cada trozo nuclear se rodea de una porción de citoplasma que se aísla del resto por formación de una membrana, quedando así formadas dentro de la célula madre una serie de células hijas que son liberadas al romperse la membrana de aquella.



Estos diferentes tipos de multiplicación no son más que aspectos accesorios del proceso íntimo de la reproducción de la célula, que en el fondo es semejante para todas y que tiene como denominador común, de una parte, la división del núcleo y de otra la del citoplasma.

Ejercicios

Indica las diferencias entre mitosis y meiosis con relación:

1. **Tipos de células de un organismo en las que ocurren estos procesos.**
2. **Diferencias entre las células hijas y las células madre en uno y otro caso.**

1. Uno de los puntos básicos de la teoría celular es el que afirma que toda célula procede de otra célula. En efecto, las células se dividen, dando origen a nuevas células de características similares a las que les preceden.

El crecimiento, desarrollo y reproducción de los organismos unicelulares y pluricelulares vienen condicionados por el proceso de división celular. Esta supone la división del material hereditario contenido en el núcleo y la división del citoplasma. Existen dos tipos de división celular:

- La **mitosis** interviene en la reproducción asexual de los organismos y también en el crecimiento de los seres pluricelulares.

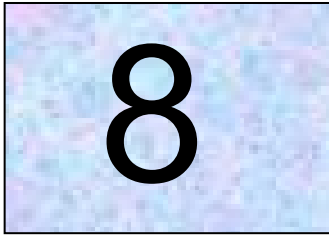
Es un proceso de división celular mediante el cual, a partir de una célula madre, aparecen dos células hijas con idéntica dotación cromosómica que su progenitora.

- La **meiosis** tiene lugar en todos los ciclos biológicos en los que se da un proceso de reproducción sexual. Es un tipo de división celular cuyo objetivo es la formación de células haploides (n), denominadas gametos (óvulos o espermatozoides), a partir de una célula diploide ($2n$).

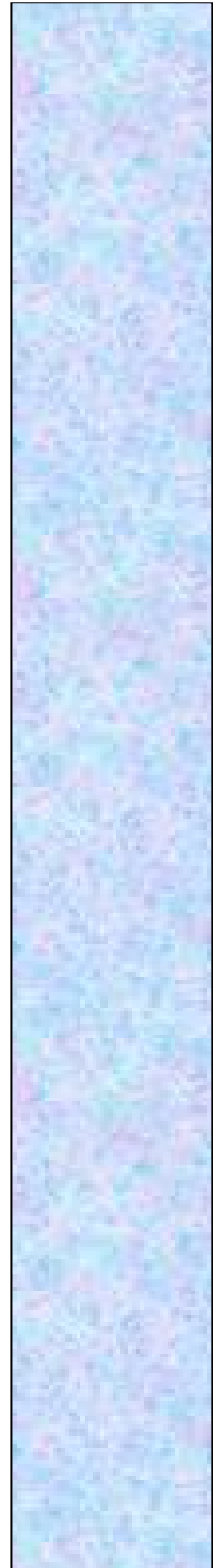
Si consideramos al ser humano como ejemplo de organismo, todas las células se dividirán por mitosis, a excepción de las células sexuales que lo harán por meiosis.

2. En la mitosis, las células madre pueden ser haploides o diploides. Estas al dividirse darán lugar a dos células con idéntica dotación cromosómica que ellas.

En la meiosis, las células madre son diploides. La división por meiosis de una de estas células da lugar a la formación de cuatro células haploides con la mitad de la información genética y genéticamente distintas entre sí y a la célula madre.



Genética molecular



Tema 8. Genética molecular

1. El descubrimiento del ADN

El ADN fue identificado inicialmente en 1868 por Friedrich Miescher en los núcleos de las células de pus obtenidas de los vendajes quirúrgicos desechados.

Llamó a la sustancia **nucleína**, observó la presencia de fósforo, y separó la sustancia en una parte básica (que ahora se denomina ADN) y una parte ácida (una clase de proteína ácida que se unen al ADN básico).

Robert Feulgen, en 1914, describió un método para revelar por tinción el ADN, basado en un colorante, la fucsina. Encontró, utilizando este método, la presencia de ADN en el núcleo de todas las células eucariotas, específicamente en los cromosomas.

En la década de 1920, el bioquímico Levene analizó los componentes del ADN y encontró que contenía cuatro bases nitrogenadas: citosina y timina (pirimidinas), adenina y guanina (purinas); el azúcar desoxirribosa; y un grupo fosfato.

2. Estructura química del ADN. La doble hélice

Cada molécula de ADN está constituida por dos cadenas o bandas unidas entre sí formando una doble hélice. Estas cadenas forman una especie de escalera retorcida que se llama doble hélice.

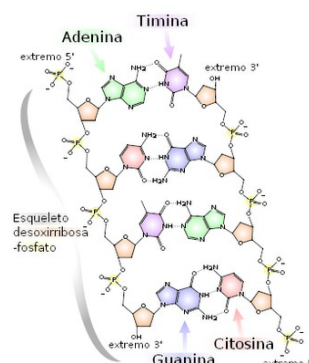
Las dos cadenas de nucleótidos que constituyen una molécula de ADN, se mantienen unidas a consecuencia de los enlaces (puentes de hidrógeno) entre las bases nitrogenadas de ambas cadenas.

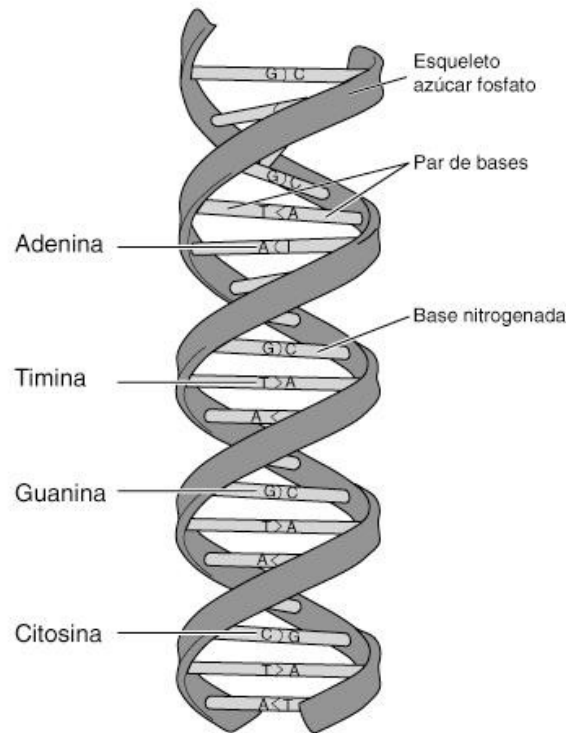
Cada nucleótido está formado por tres unidades:

- una molécula de azúcar llamada desoxirribosa,
- un grupo fosfato,
- uno de cuatro posibles compuestos nitrogenados llamados bases: adenina (A), guanina (G), timina (T) y citosina (C).

Estas subunidades se organizan de la siguiente forma:

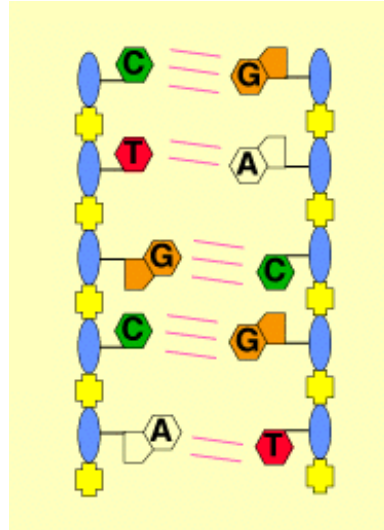
- Enlazadas la desoxirribosa-fosfato formando los laterales de la hélice.
- Las bases están enfrentadas por parejas, mirando hacia el interior y forman el interior.





La estructura en doble hélice del ADN, posee un apareamiento químico de bases limitado, de forma que la adenina (A) sólo se puede unir con la timina (T) y la guanina (G) con la citosina (C).

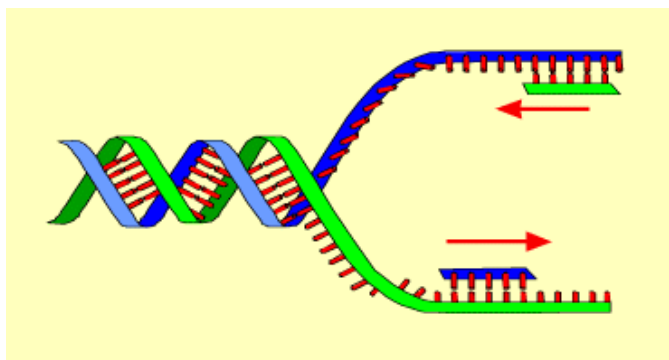
(A-T; G-C)



Ello implica que el orden o secuencia de bases de una de las cadenas delimita automáticamente el orden de la otra. Por eso se dice que las cadenas son complementarias. Una vez conocida la secuencia de las bases de una cadena, se deduce inmediatamente la secuencia de bases de la complementaria.

3. Replicación del ADN

El ADN se replica de manera **semiconservativa**. Cada hebra de ADN forma una hebra complementaria y cada célula hija recibe una molécula de ADN que consta de una hebra original y de su complementaria sintetizada de nuevo.



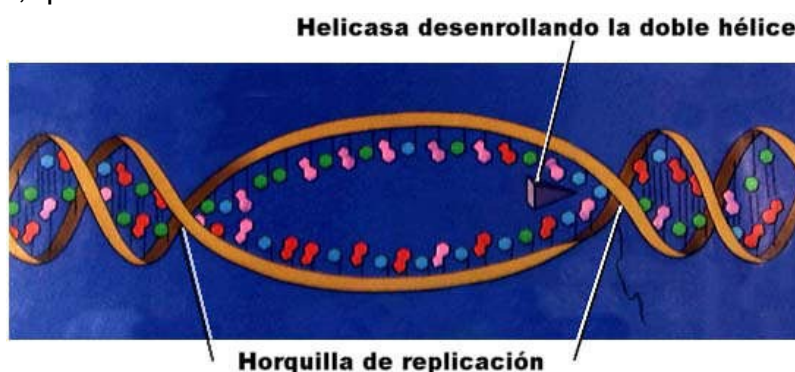
Para que se lleve a cabo la replicación del ADN en las células, se requieren los siguientes elementos:

- ADN original que servirá de molde para ser copiado.
- Helicasas: enzimas responsables de separar las hebras de la doble hélice.
- ADN-polimerasa III: responsable de la síntesis del ADN.
- ARN-polimerasa: fabrica los cebadores. Son pequeños fragmentos de ARN que sirven para iniciar la síntesis de ADN.
- ADN-ligasa: une fragmentos de ADN.
- Desoxirribonucleótidos trifosfato, que se utilizan como fuente de nucleótidos y además aportan energía.
- Ribonucleótidos trifosfato para la fabricación de los cebadores

3.1. Proceso

El ADN se desenrolla y se separan las dos hebras de la doble hélice, deshaciéndose los puentes de hidrógeno entre bases complementarias, por la acción de helicasas.

Se producen muchos desenrollamientos a lo largo de la molécula, formándose zonas de ADN abierto. Estas zonas reciben el nombre de HORQUILLAS DE REPLICACIÓN, que es donde comenzará la síntesis.



La ARN-polimerasa fabrica pequeños fragmentos de ARN complementarios del ADN original. Son los llamados "primers" o cebadores de unos 10 nucleótidos, a los cuales se añadirán desoxirribonucleótidos, ya que la ADN-polimerasa sólo puede añadir nucleótidos a un extremo 3' libre, no puede empezar una síntesis por sí misma.

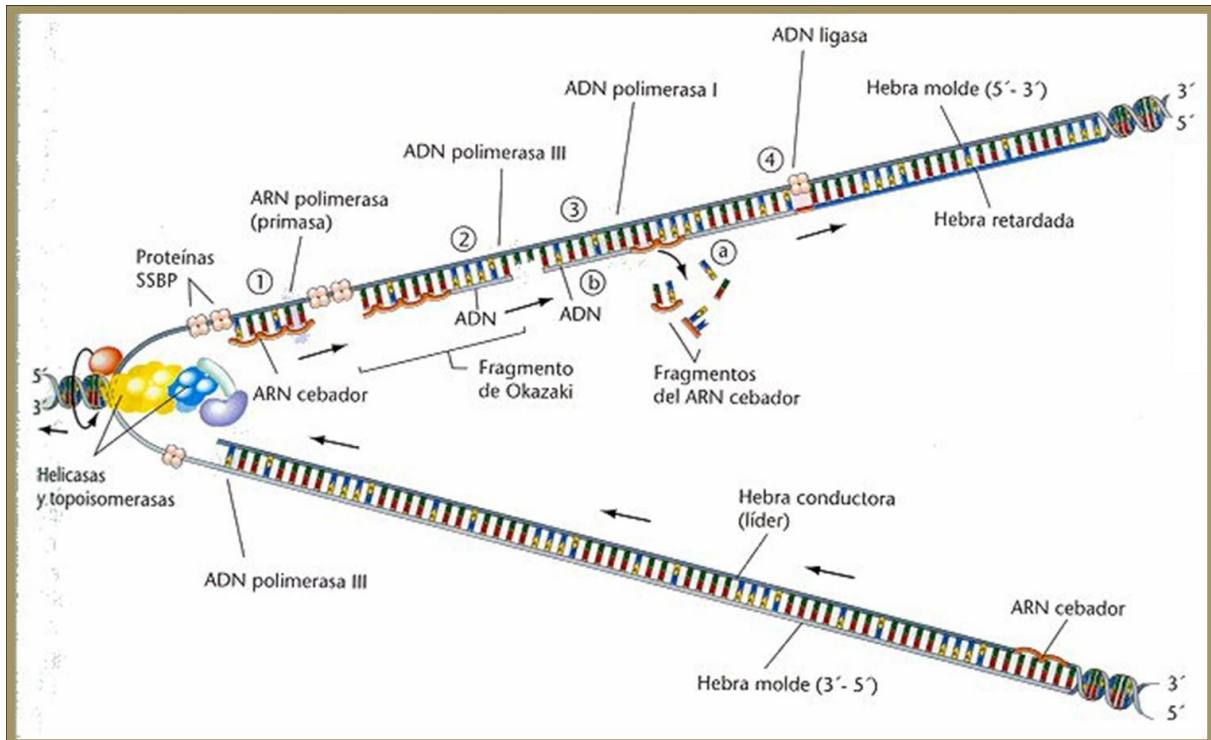
La ADN-polimerasa III añade los desoxirribonucleótidos al extremo 3' (sentido 5'-3'), tomando como molde la cadena de ADN preexistente, alargándose la hebra.

En las horquillas de replicación siempre hay una hebra que se sintetiza de forma continua en el mismo sentido en que se abre la horquilla de replicación, la llamada **HEBRA CONDUCTORA**.

La otra que se sintetiza en varios fragmentos, los denominados **FRAGMENTOS DE OKAZAKI**, y que se conoce como **HEBRA SEGUIDORA** o **RETARDADA**, ya que se sintetiza en sentido contrario al de apertura de la horquilla.

La ADN-ligasa va uniendo todos los fragmentos de ADN a la vez que elimina los ribonucleótidos de los cebadores.

A medida que se van sintetizando las hebras y uniendo los fragmentos se origina la doble hélice, de forma que al finalizar el proceso se liberan dos moléculas idénticas de ADN, con una hebra antigua y otra nueva.



3.2. Reparación de errores

La enzima principal, el ADN-polimerasa III, que cataliza la polimerización de los nucleótidos va escoltada por una serie de enzimas que detectan y corrigen las secuencias erróneas en la nueva cadena de ADN y son las responsables de la fidelidad de la replicación.

3.2.1. Actividad autocorrectora del ADN-polimerasa: corrección de pruebas

La selección de los nucleótidos por las ADN-polimerasa I y II y su actividad autocorrectora constituyen los principales mecanismos de prevención de errores.

3.2.2. Corrección postreplicativa

Para aumentar más la precisión de la replicación, existe una maquinaria enzimática que corrige los posibles errores cometidos por las ADN-polimerasa en el ADN recién sintetizado, que se denomina corrección postreplicativa.

Esta corrección se realiza por medio de unas enzimas correctoras, agrupadas en el replisoma, que detectan el nucleótido mal emparejado, lo eliminan y regeneran la secuencia correcta del siguiente modo:

NOTA: el replisoma no existe como una unidad independiente (como el ribosoma por ejemplo), sólo aparece como complejo asociado a la horquilla de replicación. Es un conjunto de proteínas.

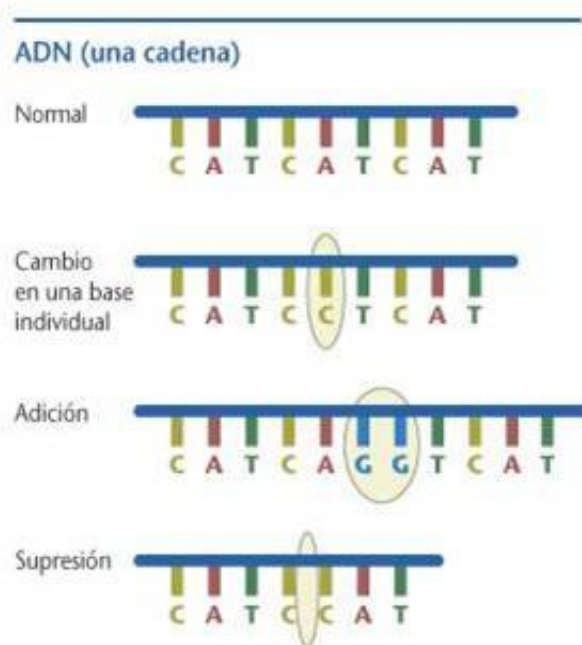
1. Para detectar el nucleótido mal emparejado, debe reconocer la cadena recién sintetizada, en la que se encuentra el error, y diferenciarla de la cadena molde.
2. La eliminación se realiza mediante una endonucleasa que corta el segmento en el lugar donde se encuentra el nucleótido mal emparejado.
3. Por ultimo, la secuencia correcta se regenera cuando el ADN-polimerasa I rellena el hueco, utilizando como molde la cadena parental complementaria; entonces el extremo 3' del nuevo segmento se empalma con el extremo 5' de la hebra réplica por acción de una enzima ADN-ligasa.

A pesar de que estos sistemas de corrección subsanan gran cantidad de errores, siempre puede ocurrir alguno. Por otra parte, el ADN puede sufrir lesiones posteriores a la replicación. Estas son las causas de las alteraciones de la información genética llamadas mutaciones.

4. Mutaciones génicas

Son aquellas que sólo afectan a nucleótidos aislados, bien porque se cambia uno por otro, porque se añade o se pierde un nucleótido.

El cambio de un nucleótido por otro puede dar lugar a que la proteína siga siendo funcional y la mutación pase desapercibida, pero si se añade o elimina algún nucleótido, la alteración puede ser tan grande que la proteína no sea funcional, provocando una enfermedad genética o, incluso, la muerte.

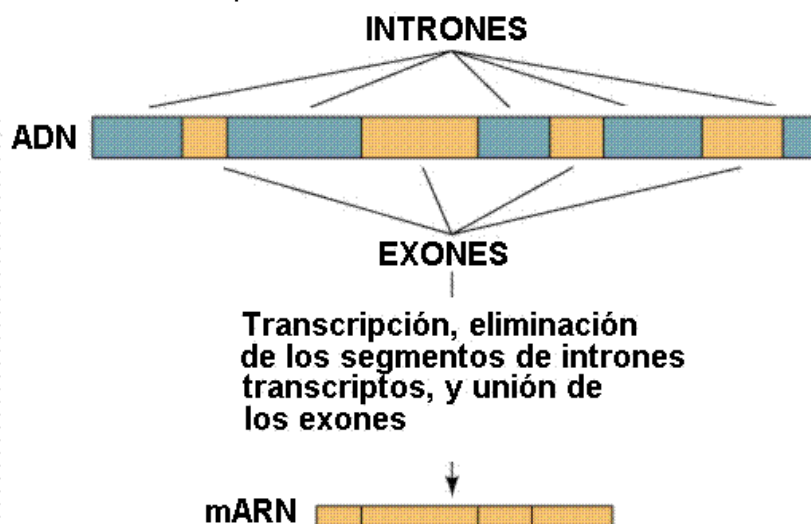


5. Concepto de gen

Un GEN se define como la unidad mínima de información genética. Dicho de otro modo: un GEN es el fragmento más pequeño de una molécula de ADN que posee información completa para un carácter determinado

El gen, en eucariotas, es frecuente que esté constituido por varios fragmentos de ADN separados por secuencias sin sentido que no codifican ninguna proteína.

A las partes con sentido que sirven para fabricar la proteína se les llama EXONES, y a las partes sin sentido intercaladas en el gen, INTRONES, que deben ser eliminados tras la transcripción.



Para que los genes se puedan transmitir de padres a hijos, deben poder copiarse antes de la reproducción, de manera que los padres mantienen su información a la vez que se la pasan a sus hijos a través de los gametos, durante la reproducción sexual.

6. El código genético y su traducción

El código genético es un sistema que establece una equivalencia entre las bases nitrogenadas del ARN y el lenguaje de las proteínas, establecido por los aminoácidos.

El código genético asocia a cada triplete de bases del ADN, llamado **codón**, un aminoácido concreto (ver tabla).

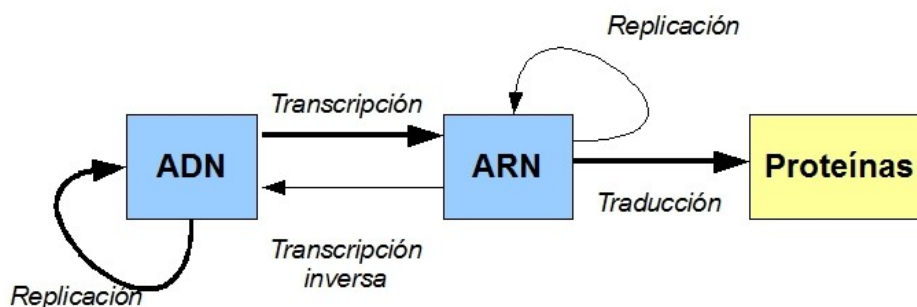
Con los cuatro tipos de bases (U, uracilo; A, adenina; G, guanina; y C, citosina) que forman la molécula de ARN (sintetizada de manera complementaria a partir de la de ADN), se pueden formar 64 tripletes distintos: (4 elementos combinados en grupos de 3) ($4^3 = 64$)

Cada codón se atribuye a un aminoácido concreto de los veinte posibles sin ninguna ambigüedad. Como hay menos aminoácidos que codones, algunos quedan designados por varios de estos. Así, los seis tripletes UUA, UUG, CUU, CUC, CUA y CUG designan el aminoácido **leucina**.

Como hemos señalado, hay 64 tripletes -o codones- que codifican aminoácidos, muchos de los cuales son codificados por más de un codón, por lo que se dice que el código está **degenerado**.

		2ª base			
		U	C	A	G
1ª base	U	UUU <u>Fenilalanina</u>	UCU <u>Serina</u>	UAU <u>Tirosina</u>	UGU <u>Cisteína</u>
		UUC <u>Fenilalanina</u>	UCC <u>Serina</u>	UAC <u>Tirosina</u>	UGC <u>Cisteína</u>
		UUA <u>Leucina</u>	UCA <u>Serina</u>	UAA <u>Ocre Stop</u>	UGA <u>Ópalo Stop</u>
		UUG <u>Leucina</u>	UCG <u>Serina</u>	UAG <u>Ámbar Stop</u>	UGG <u>Triptófano</u>
	C	CUU <u>Leucina</u>	CCU <u>Prolina</u>	CAU <u>Histidina</u>	CGU <u>Arginina</u>
		CUC <u>Leucina</u>	CCC <u>Prolina</u>	CAC <u>Histidina</u>	CGC <u>Arginina</u>
		CUA <u>Leucina</u>	CCA <u>Prolina</u>	CAA <u>Glutamina</u>	CGA <u>Arginina</u>
		CUG <u>Leucina</u>	CCG <u>Prolina</u>	CAG <u>Glutamina</u>	CGG <u>Arginina</u>
	A	AUU <u>Isoleucina</u>	ACU <u>Treonina</u>	AAU <u>Asparagina</u>	AGU <u>Serina</u>
		AAU <u>Isoleucina</u>	ACC <u>Treonina</u>	AAC <u>Asparagina</u>	AGC <u>Serina</u>
		AUA <u>Isoleucina</u>	ACA <u>Treonina</u>	AAA <u>Lisina</u>	AGA <u>Arginina</u>
		AUG <u>Metionina</u>	ACG <u>Treonina</u>	AAG <u>Lisina</u>	AGG <u>Arginina</u>
	G	GUU <u>Valina</u>	GCU <u>Alanina</u>	GAU <u>Ácido aspártico</u>	GGU <u>Glicina</u>
		GUC <u>Valina</u>	GCC <u>Alanina</u>	GAC <u>Ácido aspártico</u>	GGC <u>Glicina</u>
		GUA <u>Valina</u>	GCA <u>Alanina</u>	GAA <u>Ácido glutámico</u>	GGA <u>Glicina</u>
		GUG <u>Valina</u>	GCG <u>Alanina</u>	GAG <u>Ácido glutámico</u>	GGG <u>Glicina</u>

7. Introducción al proceso de transcripción



El ADN de un organismo podría dividirse conceptualmente en dos:

- El que codifica las proteínas.
- El que no codifica.

Dentro de las moléculas de ADN, existe información para sintetizar las proteínas que utiliza el organismo; pero el proceso es bastante complicado ya que el ADN no se traduce directamente en proteínas.

El ADN, por tanto, es la "copia maestra" de la información genética, que permanece en "reserva" dentro del núcleo. El ARN, en cambio, es la "copia de trabajo" de la información genética.

El dogma central de la genética es que el flujo de actividad y de información es:

ADN → ARN → proteína

7.1. EL ARN. Características

1. Como el ADN, está formado también por la repetición de 4 nucleótidos, los mismos que forman el ADN, excepto que en lugar de la base timina (T), el ARN tiene uracilo (U).
2. La molécula de ARN es una única cadena -en lugar de dos como el ADN- y contiene el azúcar ribosa en lugar de la desoxirribosa que forma el ADN.
3. Estas características hacen la molécula de ARN más frágil que la molécula de ADN.

7.2. Transcripción

Cada tipo de célula se especializa en realizar una función determinada. Así, las células de la piel realizan funciones distintas que las células del hígado. Esta diferencia reside en el tipo de proteínas.

Cuando una célula necesita una proteína debe buscar la información para fabricarla en su ADN.

En el caso de las células eucariotas:

1. El ADN se encuentra en el núcleo de la célula.
2. En cambio las proteínas se producen en otra parte de la célula llamada citoplasma.

Por ello, es preciso que la célula copie la información contenida en el ADN a una molécula que actúa como mensajero y que es capaz de viajar del núcleo al citoplasma. Esta molécula recibe el nombre de ARN mensajero (ARNm).

El proceso de fabricar una molécula de ARNm a partir de las instrucciones de una molécula de ADN, se denomina transcripción.

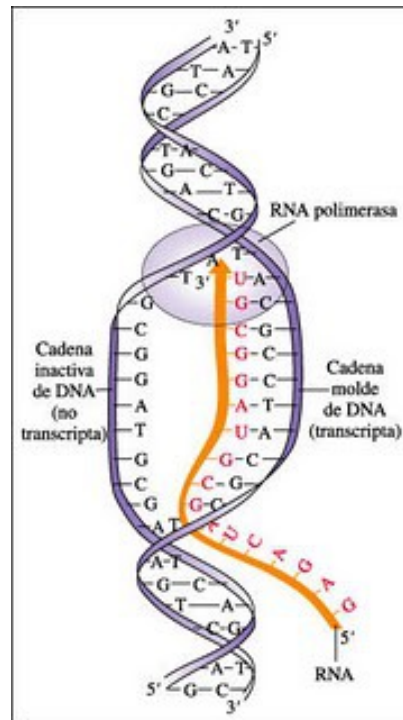
Para que se lleve a cabo la transcripción del ADN en las células se requieren los siguientes elementos:

- ADN original que servirá de molde para ser copiado.
- ARN-polimerasa: sintetiza el ARN a partir del molde del ADN.
- Ribonucleótidos trifosfato para llevar a cabo la copia.
- Poli-A polimerasa, ribonucleoproteína pequeña nuclear, ARN-ligasa.

7.3. Proceso

7.3.1. Iniciación

1. La ARN-polimerasa se une a una zona del ADN que se quiere transcribir.
2. A continuación se corta la hebra de ADN y se separan las dos cadenas, iniciándose el proceso de copia del ADN a transcribir; esta copia no requiere ningún cebador.
3. Los ribonucleótidos se añaden en sentido 5'-3'.



7.3.2. Elongación

1. La ARN-polimerasa continúa añadiendo ribonucleótidos complementarios (bases complementarias que tendrán uracilo, pero no timina) al ADN hasta que se llega a una determinada secuencia que indica a la polimerasa el final de la zona a transcribir.
2. Cuando ya se han añadido unos 30 ribonucleótidos, en el extremo 3' se une un nucleótido modificado de 7-metil guanosina, que forma lo que se denomina la "caperuza".

7.3.3. Terminación

1. La transcripción finaliza, y al ARN recién formado se le añade una cola de unos 200 nucleótidos de adenina, la cola de poli-A, agregada por la enzima poli-A polimerasa, que sirve para que el ARN no sea destruido por las nucleasas celulares.

7.3.4. Maduración de los productos de la transcripción

1. Se da en el núcleo de eucariotas y la realiza la enzima ribonucleoproteína pequeña nuclear (RNPpn), eliminando los intrones del ARN y quedando los exones libres para ser unidos por una ARN-ligasa.

Tras estos procesos se habrá formado el ARNm que sale del núcleo y se lee en los ribosomas donde se fabrica la proteína que la célula quería obtener.

8. El ARN mensajero. Características

El ARN mensajero es:

1. El ácido ribonucleico que contiene la información genética procedente del ADN para la síntesis de proteínas.
2. Es un ácido nucleico monocatenario, al contrario que el ADN que es bicatenario.

El proceso de fabricar una proteína siguiendo las instrucciones almacenadas en el ARNm se llama **TRADUCCIÓN**.

Se denomina así porque se pasa de un lenguaje de 4 letras (los 4 nucleótidos) en que están "escritos" el ADN y el ARN, al lenguaje de 20 letras (los 20 aminoácidos) en que están "escritas" las proteínas.

9. La síntesis proteica

La síntesis de proteínas o traducción del ARNm es el proceso anabólico mediante el cual se forman las proteínas a partir de los aminoácidos. Es el paso siguiente a la transcripción del ADN a ARNm.

La síntesis de proteínas o traducción tiene lugar en los ribosomas del citoplasma celular. Los aminoácidos formados son transportados por el ARN de transferencia (ARNt), específico para cada uno de ellos, y llevados hasta el ARN mensajero (ARNm), donde se aparean el codón de este y el anticodón del ARN de transferencia, por complementariedad de bases, y de esta forma, se sitúan en la posición que les corresponde.

Una vez finalizada la síntesis de una proteína, el ARN mensajero queda libre y puede ser leído de nuevo. De hecho, es muy frecuente que antes de que finalice una proteína, comienza otra, por lo que una misma molécula de ARN mensajero puede utilizarse por varios ribosomas simultáneamente.

Y así hasta que llega un codón que dice que la proteína finaliza: es el codón de *Stop*.

9.1. El ribosoma

Su función es ensamblar proteínas a partir de la información genética que le llega del ADN, transcrita en forma de ARN mensajero (ARNm).

El ribosoma consta de dos sub-unidades que trabajan juntas para la traducción del ARNm en proteínas en el proceso de síntesis proteica. Cada sub-unidad está formada por dos moléculas muy grandes de ARN (llamado ARN ribosómico) y algunas proteínas más pequeñas.

El proceso es el siguiente:

- El ribosoma lee tres letras del código genético que se ha transportado en el ARNm (**recuerda que tres letras codifican un aminoácido y se llama codón**).
- Escoge el aminoácido correspondiente a esas tres letras.
- Lee las siguientes tres letras (el siguiente codón) y ensambla el aminoácido correspondiente al lado del anterior...

9.2. El ARN de transferencia

El ARN de transferencia o ARNt es un tipo de ácido ribonucleico:

1. Encargado de transportar los aminoácidos a los ribosomas para determinar el proceso de síntesis proteica.
2. Los ARNt reconocen los ARNm y transfieren un aminoácido determinado a la cadena de proteína que se está sintetizando.

3. El triplete de ARNm llamado codón es reconocido por el ARNt, este le transfiere el triplete complementario llamado anticodón.
4. Una vez que el ribosoma ha utilizado el aminoácido que estaba pegado al ARNt, este se desplaza por el citoplasma para buscar nuevos aminoácidos.

EN RESUMEN:

- La proteína está codificada en un gen de ADN en el núcleo celular. El ADN nunca sale del núcleo.
- La fabricación de proteínas son los ribosomas que están fuera del núcleo, en el citoplasma. Para llevar el mensaje del gen, desde el núcleo al citoplasma, se utiliza el ARN mensajero.
- El ribosoma construye lo que le dice el ARN mensajero, utilizando los aminoácidos que le suministra el ARN de transferencia.
- El ribosoma es un complejo molecular compuesto en parte por proteínas y también por moléculas de ARN que se llama ARN ribosómico.

