

# Cátedra de Biología general

## TRANSFERENCIA DE ENERGÍA

Lic. Gestión Ambiental

2016

Dr. Eric D. Speranza



### Contenidos:

1. Principios de termodinámica: Leyes de la termodinámica. Entalpía y energía libre. Concepto de entropía.
2. Enzimas: Bases termodinámicas de la catálisis. Diversidad enzimática. Especificidad. Factores reguladores de la actividad enzimática.
3. Estructura del ATP. Producción y consumo de ATP. Estructura y función de otras “monedas” energéticas.
4. Concepto de metabolismo. Anabolismo y catabolismo. Mapa metabólico. Organismos autótrofos y heterótrofos.
5. Obtención de la energía:
  1. Fotosíntesis: reacciones dependientes de la luz y fijación del carbono. Ciclo de Calvin.
  2. Quimiosíntesis.
6. Consumo de la energía:
  1. Carbohidratos y lípidos como fuentes de energía. Glucólisis. Degradación de grasas.
  2. Ciclo de Krebs. Fosforilación oxidativa y respiración aeróbica.
  3. Respiración anaeróbica y fermentación.

## Termodinámica

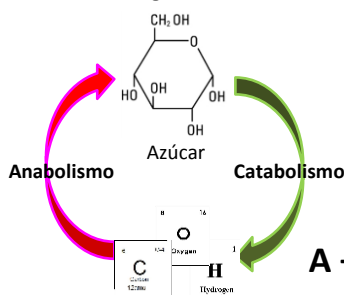
Estudio del calor y su relación con otras formas de energía y el trabajo.

Energía = capacidad para hacer trabajo (variar movimiento o estado de la materia)

**1era ley:** La energía puede ser transferida o convertida de una forma a otra (calor-trabajo), pero no puede ser creada ni destruida (conservación de la energía)

**2da ley:** Cada vez que la energía es convertida de una forma a otra, parte de la energía útil para hacer trabajo (energía libre de Gibbs, G) se “desperdicia” como calor. La entropía es una medida del desorden del sistema (el calor es “energía desordenada”). “La entropía del universo siempre aumenta” El fin del universo? No existe la máquina perfecta.

Metabolismo = suma de todas las reacciones que ocurren en un organismo.



Energía de activación es la energía necesaria para iniciar una reacción

Reacción **exergónica** disminuye G porque libera calor, es espontánea

Reacción **endergónica** aumenta G. Necesita una fuente de energía (= calor) para que ocurra.

Una reacción endergónica suele acoplarse a una exergónica!



## ATP

Adenosin trifosfato. Es la moneda energética de los organismos (CONCEPTO CLAVE)

Los enlaces entre los grupos fosfatos tienen mucha energía.

La hidrólisis (= rotura) de estos enlaces es muy exergónica, libera mucha energía

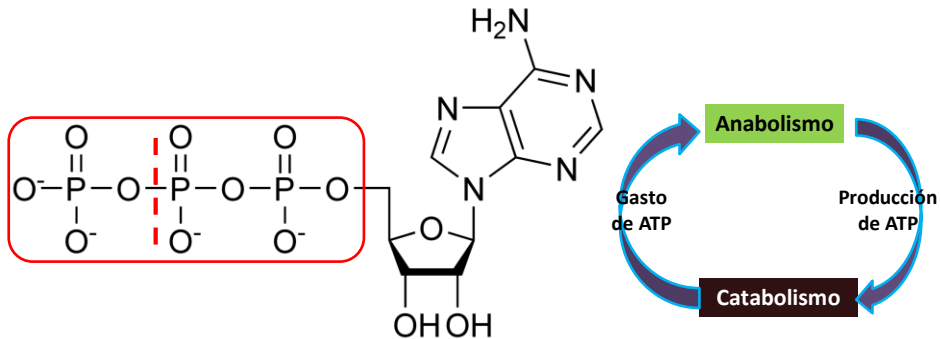
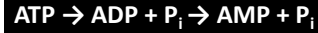
La fosforilación es una de las reacciones más importantes de la vida



$$\Delta G = -7.6 \text{ kcal/mol}$$

El ATP es el intermediario energético del metabolismo

La célula convierte constantemente AMP y ADP en ATP, pero nunca se acumula mucho ATP.

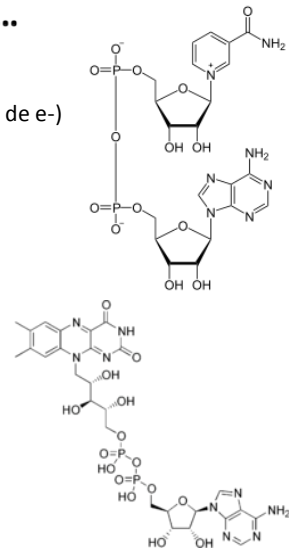
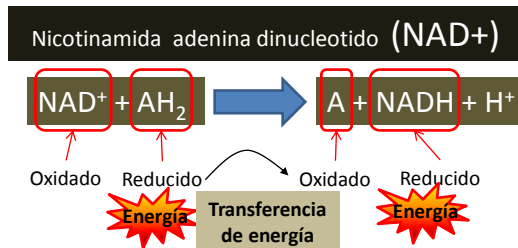


## Vaciando el monedero...

Aceptores de electrones

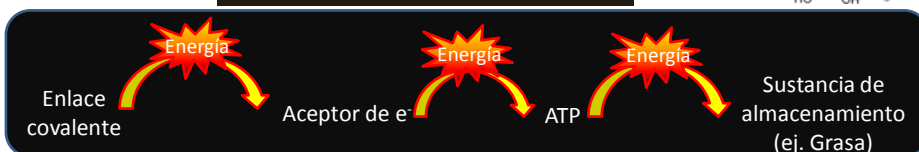
- Oxidación: pérdida de  $e^-$  y energía
  - Reducción: ganancia de  $e^-$  y energía (el que se reduce es aceptor de  $e^-$ )
- Siempre van juntas (reacción REDOX)

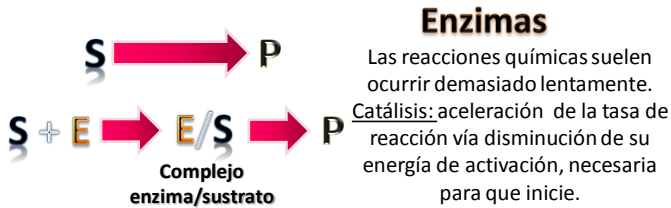
Muchas veces se transfiere el H entero (el  $e^-$  y el protón)



Otro aceptor de  $e^-$  muy importante:

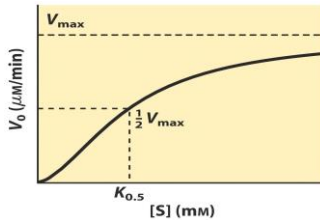
Flavin adenina dinucleótido ( $\text{FAD}$ )



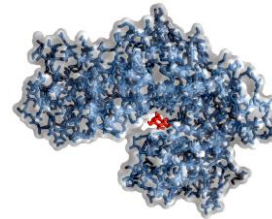


Las enzimas son Proteínas (P) que aceleran reacciones, bajando la energía de activación. No consumen energía.

La reacciones suelen ser reversibles, pero el sentido de la reacción tiende hacia la sustancia menos abundante. (equilibrio químico)



Altamente específicas



Sitios activos para la unión del sustrato

La tasa de reacción aumenta con la concentración del S hasta que satura

Muchas necesitan cofactores (ej. Zn, Mb) y coenzimas para funcionar..

## Factores que regulan la actividad enzimática

Cada enzima requiere condiciones particulares para funcionar:

- Temperatura: demasiado baja no cataliza. Demasiado alta se desnaturaliza
- pH: la actividad maximiza a un pH específico. Generalmente 6-8.

La célula controla la actividad enzimática regulando su tasa de síntesis.

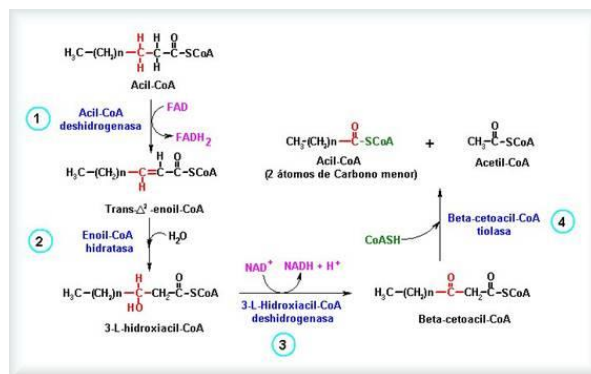
Las enzimas suelen trabajar en conjunto, sincronizadamente, formando rutas metabólicas.

El producto una reacción puede inhibir una reacción anterior en la ruta.

Hay sustancias que modifican (aumentan o disminuyen) la actividad enzimática

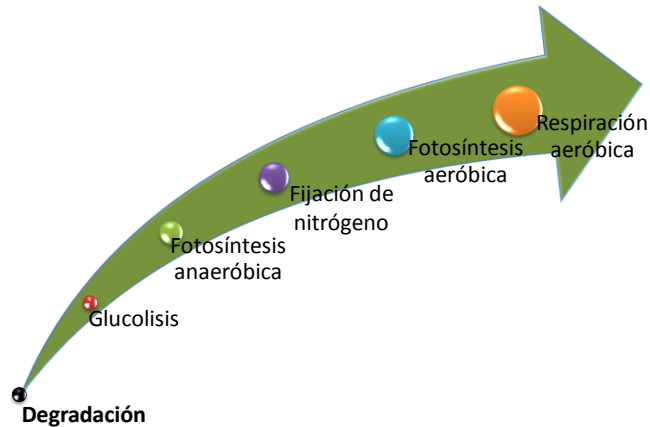
Inhibidores

Activadores



## Los organismos evolucionan... el Metabolismo tambien!

Desde la perspectiva bioquímica, el metabolismo incluye todas las secuencias de reacciones químicas de un organismo. Los principales procesos metabólicos de aprovechamiento energético fueron surgiendo secuencialmente, haciéndose cada vez más complejos



## Respiracion

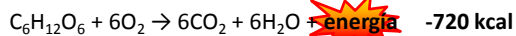
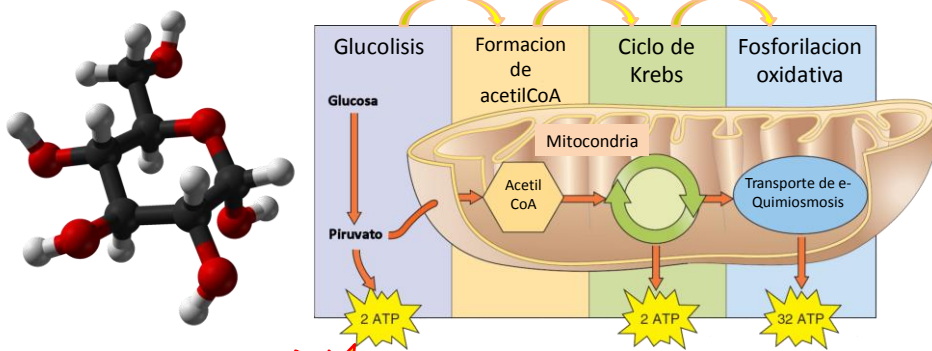
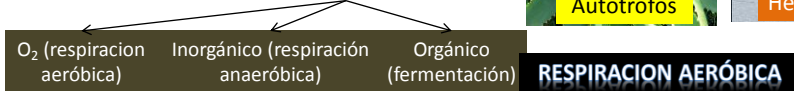
- Proceso en el cual se usa la energía de los  $e^-$  de los enlaces químicos.
- La glucosa es la fuente de energía primordial de la vida. Se aprovecha la energía de sus enlaces C-H
- Luego de sacarles la energía, los electrones junto a un protón ( $=H$ ) son transferidos a un aceptor de H



Autótrofos



Heterótrofos

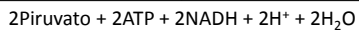
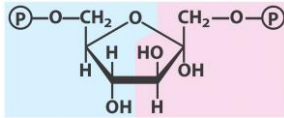


## Glucolisis

Es la secuencia de reacciones químicas para obtener energía descomponiendo los azúcares (ruta catabólica).

Citoplasmática

En todas las células.

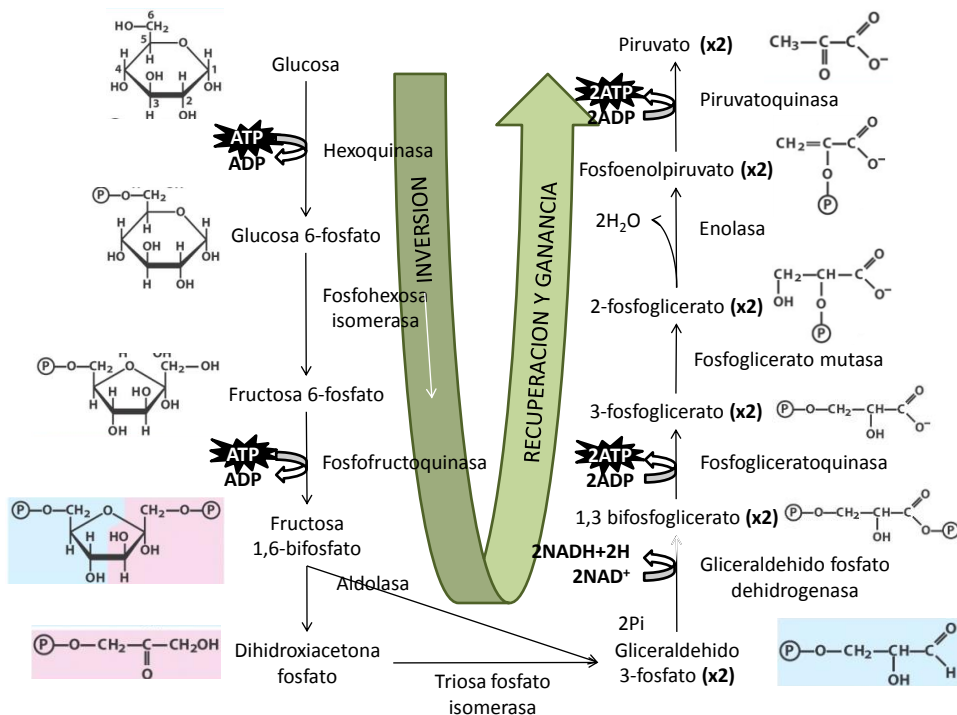
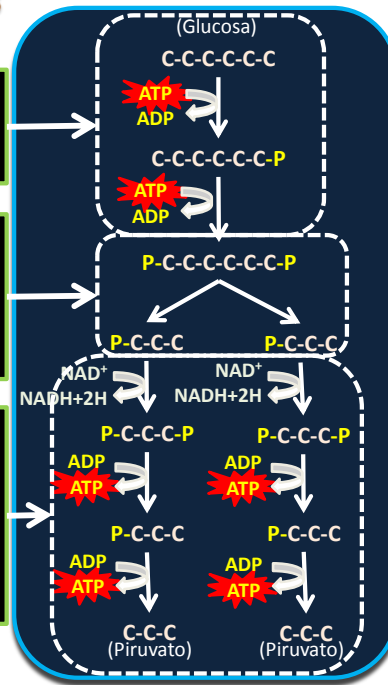


Balance neto de glucolisis:  
ganancia de 2 ATP (solo extrae el 3% del total de la energía química de la glucosa)

**Fosforilación:** se gastan 2 ATP para agregarle 2 grupos  $\text{P}_i$  a la glucosa.

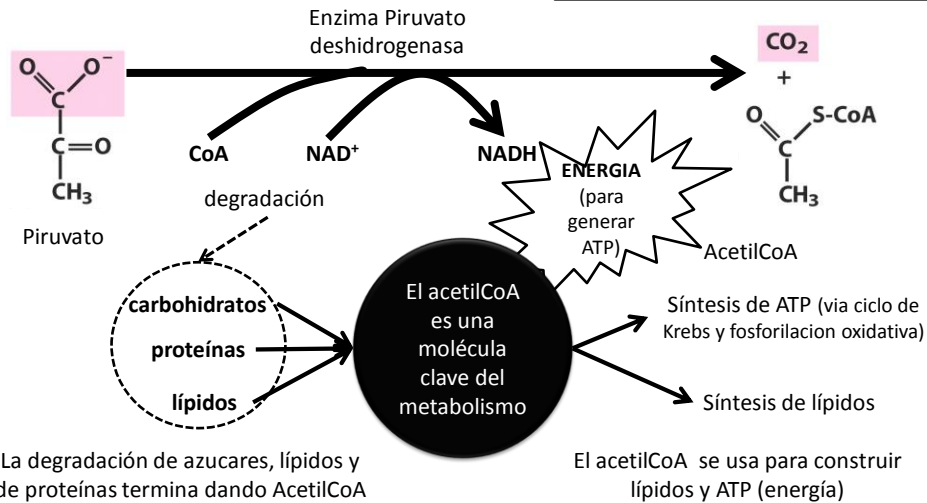
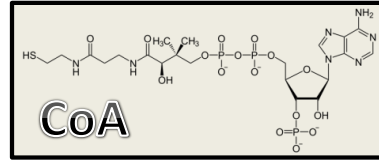
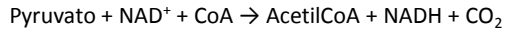
**División:** la glucosa fosforilada es dividida en 2 moléculas de 3 C fosforiladas (gliceraldehído fosfato)

**Obtención de energía:** se saca la energía de estas moléculas de 3C, que se convierten en Piruvato, para generar 2NADH y 4 ATP.



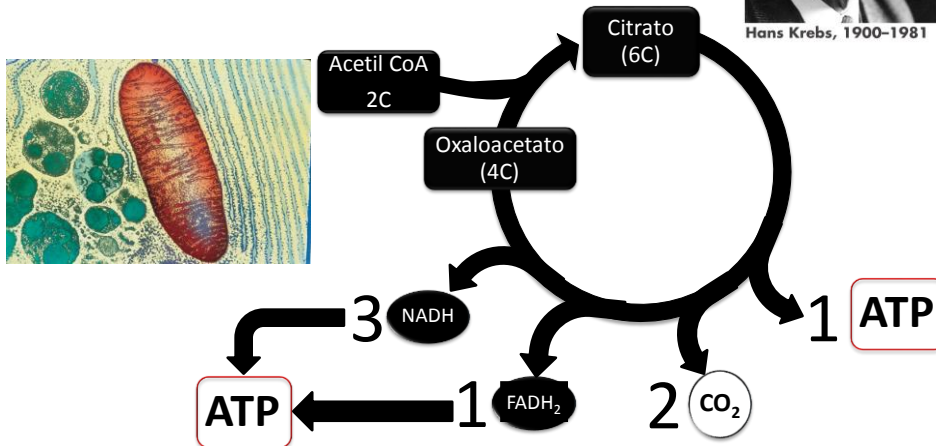
## Formación de AcetilCoA

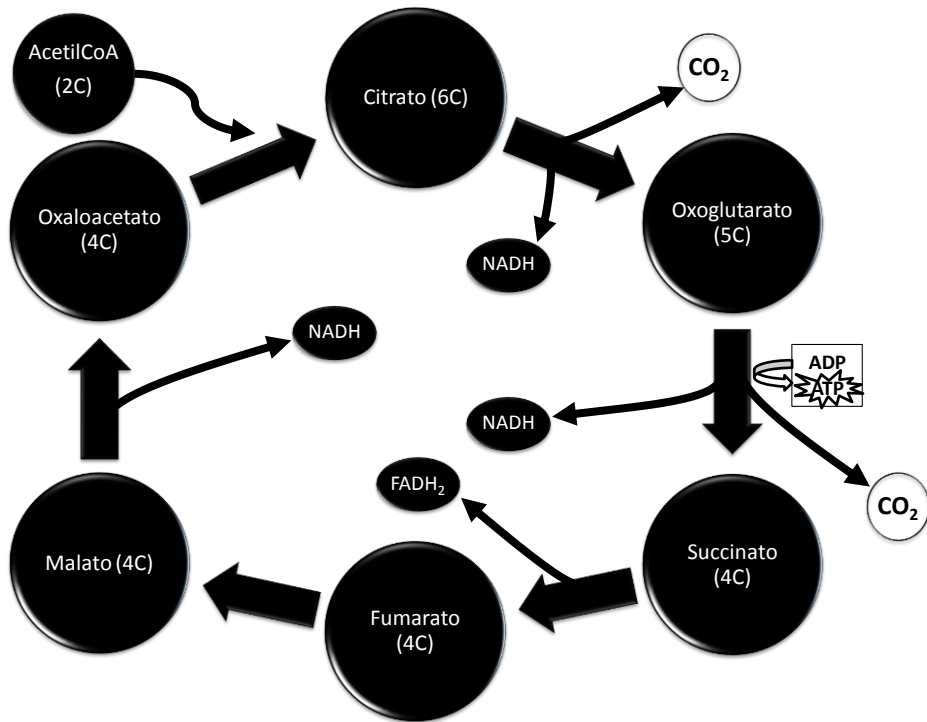
El piruvato pierde un C y se combina con la coenzima A, dando acetilCoA



## Ciclo de Krebs

- Extrae la energía del acetilCoA. Mitocondrial (en la matriz)
- Es una secuencia cíclica de reacciones en la cual a partir de acetil CoA y oxaloacetato se forma citrato (molécula con mucha energía) que se va transformando en diferentes moléculas (perdiendo energía) hasta volver a convertirse en oxaloacetato.
- Es un ciclo: entran 2 C, salen 2 C. Se extraen e<sup>-</sup> para obtener energía.





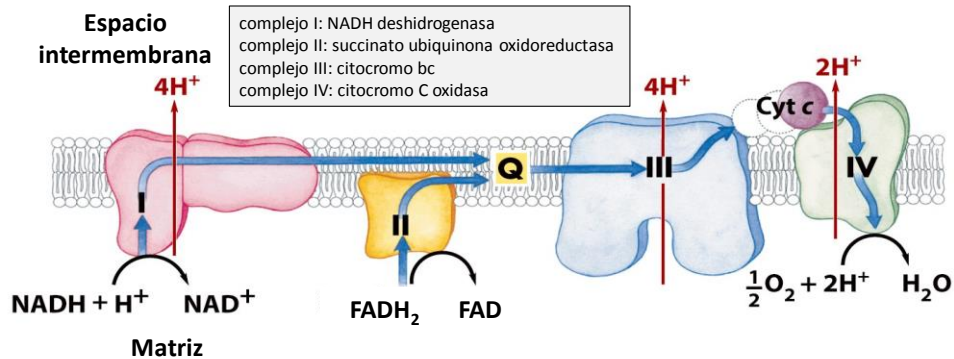
## Fosforilación oxidativa

Es una cadena de transporte de  $e^-$  entre complejos de pigmentos y enzimas.

Permite que toda la energía que guardamos en las etapas anteriores como NADH sea convertida en ATP

Todo el proceso es realizado por proteínas de la membrana interna mitocondrial

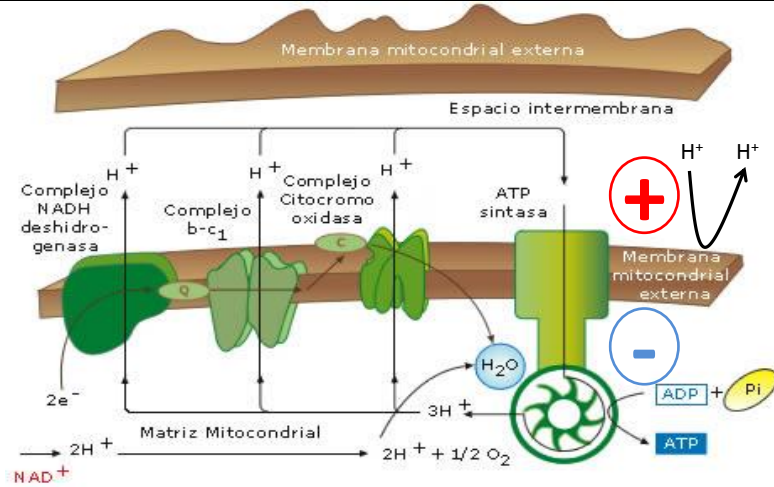
Los  $e^-$  del NADH y  $\text{FADH}_2$  van pasando del complejo I al IV. Estos complejos sacan la energía para bombear  $\text{H}^+$  de la matriz al espacio intermembrana y finalmente le pasan los  $e^-$  al  $\text{O}_2$  para formar agua.



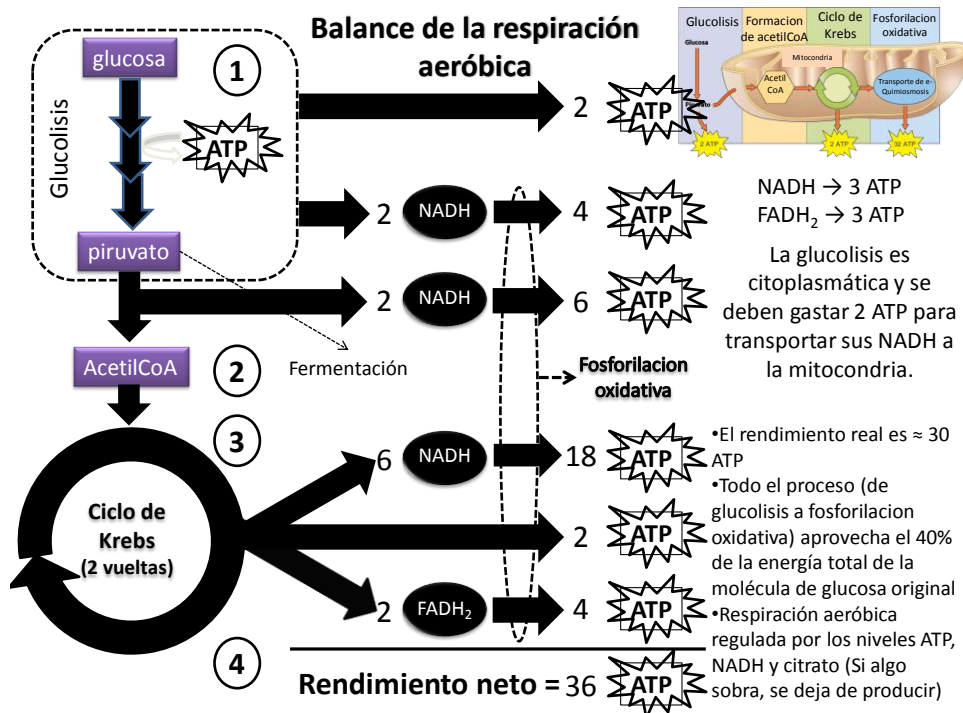


## Y COMO HACEMOS EL ATP????!!!!

Al acumular  $H^+$  en el espacio intermembrana, este se carga positivamente (se acidifica). Hay una gran tendencia de los  $H^+$  a volver a la matriz, por diferencia de concentración y por atracción electrostática (la matriz es negativa). Pero la membrana es impermeable a los  $H^+$ . La energía acumulada en este gradiente de  $H^+$  es aprovechada por la ATP sintasa un complejo de enzimas de la membrana que al dejar entrar  $H^+$  a la matriz generan ATP (son bombas de  $H^+$ )  
Cada NADH da 3 ATP. Cada  $FADH_2$  da 2 ATP.



Q  
U  
I  
M  
I  
O  
S  
M  
O  
S  
I  
S

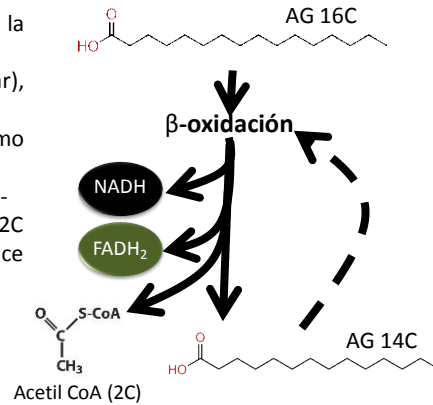




## No solo de azúcar vive el hombre

- Los lípidos (especialmente los ácidos grasos) son la mejor fuente de energía.
- Dan más energía por átomo de C (20% + que azúcar), pesan menos, y se pueden almacenar en seco.
- Por eso, los animales almacenan energía como lípidos (el exceso de azúcar se convierte en grasa)
- Los lípidos se degradan en mitocondria mediante  $\beta$ -oxidación: es un ciclo, en cada vuelta pierden 2C como acetilCoA (va al ciclo de Krebs) y produce NADH y  $\text{FADH}_2$  ( $\rightarrow$  ATP vía fosforilación oxidativa).

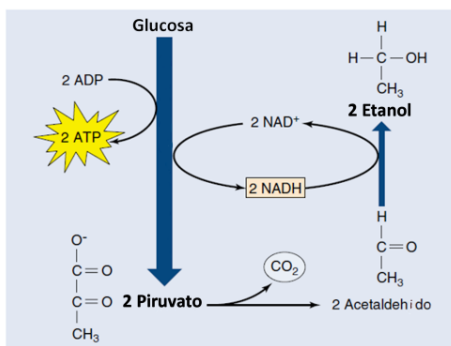
En los animales, los lípidos no son glucogénicos  
Las plantas pueden convertir lípidos en azúcares  
y almacenan muchos carbohidratos



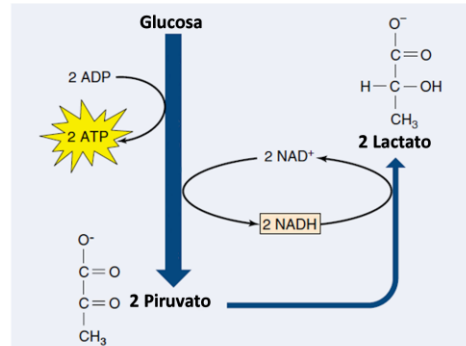
Las proteínas y los ácidos nucleicos pueden dar energía, pero deben perder primero el N (desaminación). No son tan importantes como fuentes de energía porque son sustancias "valiosas" (costo mucha energía sintetizarlas)

## Fermentación

Anaerobiosis = vida en ausencia de oxígeno. Se frena la fosforilación oxidativa y, por ende, también el ciclo de Krebs. Solo hay glucólisis, pero necesitamos reconvertir NADH en  $\text{NAD}^+$  para que continúe. Los  $\text{e}^-$  del NADH son aceptados por una molécula orgánica



Fermentación etanólica: el piruvato se convierte en acetaldehído, perdiendo C como  $\text{CO}_2$ , que luego se convierte en etanol reconvirtiendo el NADH en  $\text{NAD}^+$ . Ej. levaduras



Fermentación láctica: el piruvato es transformado en lactato, reconvirtiendo el NADH en  $\text{NAD}^+$ . El lactato puede luego reconvertirse en piruvato. Ej. Músculo. La sangre debe ir llevándose el lactato porque si se acumula interfiere con la contracción (calambre)

# Fotosíntesis

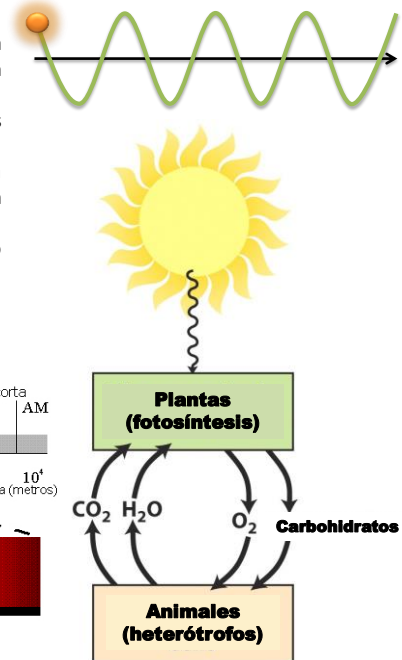
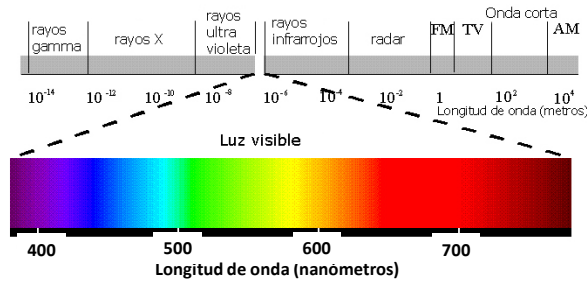
•La luz se compone de “partículas de energía” (es una simplificación!!!!) llamadas fotones que se mueven en ondas. La longitud de onda (= frecuencia) determina el color.

•La luz blanca (ej. Luz solar) se compone de todos los colores.

•Principio de la fotosíntesis: Los e- de la materia orgánica pueden absorber fotones y con esa energía saltar a un orbital mas energético. Al volver a su orbital original, liberan energía que puede ser captada por un aceptor de e- y luego ser usada para sintetizar carbohidratos.

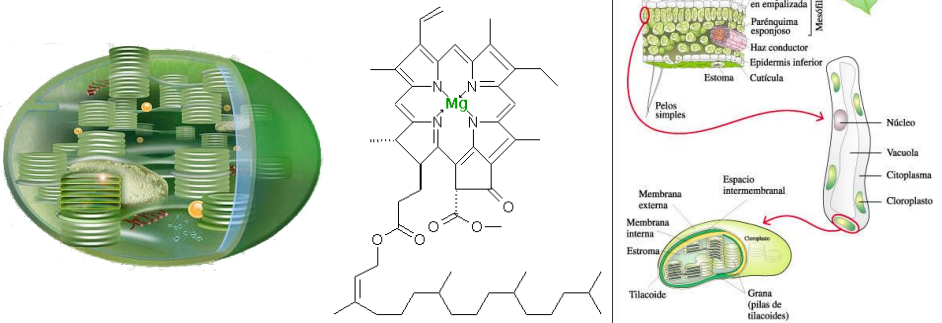
•Tiene 2 fases:

- Lumínica
- Fijación de carbono



Los cloroplastos contienen el pigmento clorofila y están principalmente en el mesofilo, una zona muy aireada en el interior de las hojas. Las hojas tienen poros (estomas) que dejan que entre el aire a esta zona.

Los tilacoides tienen clorofila y otros pigmentos en sus membranas. El estroma tiene enzimas para síntesis de azúcares.



La clorofila es un porfirina con una cadena lateral hidrocarbonada (que se mezcla bien con las colas de fosfolípidos y ancla al pigmento a la membrana del tilacoide).

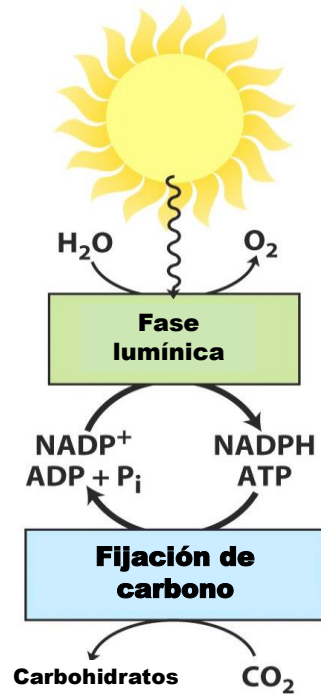
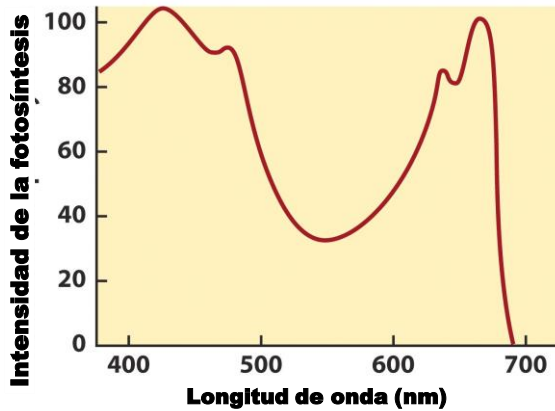
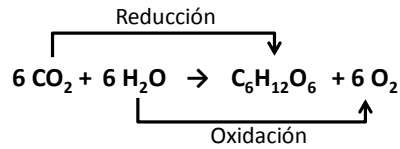
2 tipos: a (principal) y b (accesoria)

El anillo porfirínico absorbe luz azul y roja (por eso las plantas reflejan la luz verde).

Además hay carotenoides, que absorben colores diferentes.

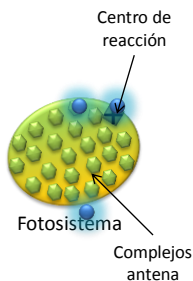
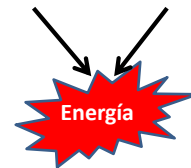
La fotosíntesis tiene 2 fases:

1. Lumínica (dependiente de la luz)
2. Fijación de carbono (mal llamada oscura)



### Fotosíntesis: fase lumínica

Aprovecha la energía lumínica para producir ATP y NADPH (similar al NADH)

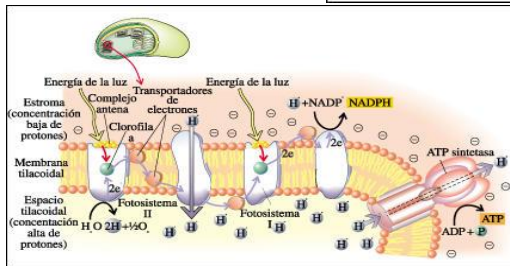
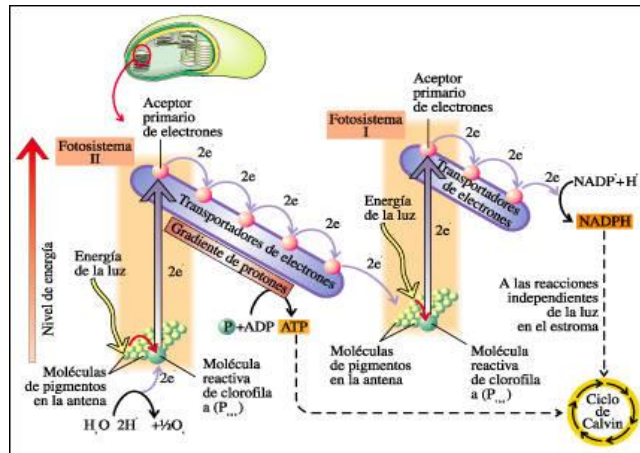


Los pigmentos forman grandes complejos con proteínas: complejos antena y centros de reacción (I y II). Estos se agrupan en fotosistemas (I y II) con un centro de reacción y muchos complejos antena (están en la membrana del tilacoide).

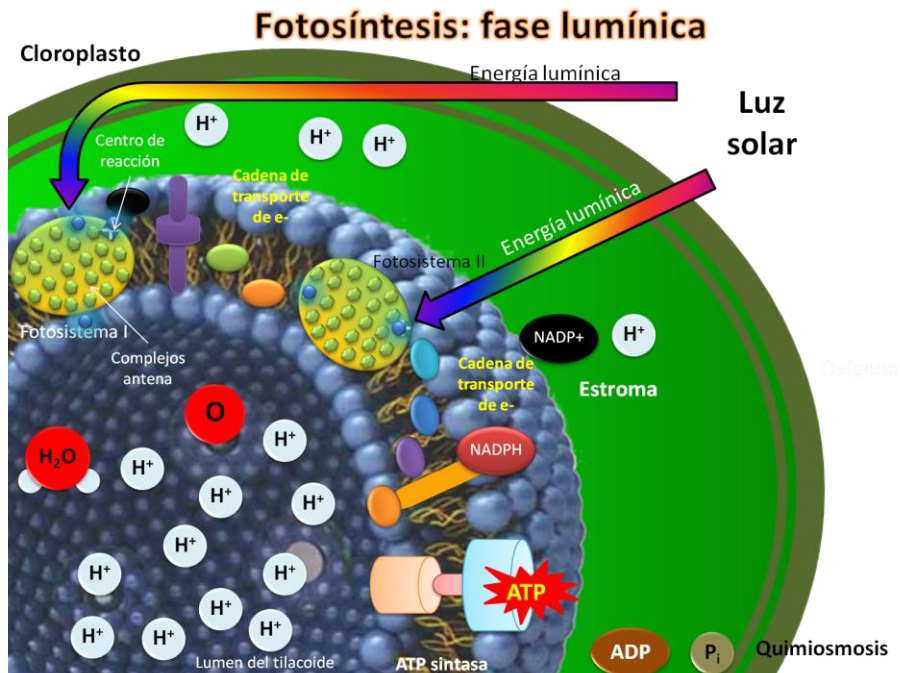
I = P700

II = P680

La energía de la luz captada por fotosistema II va pasando por los complejos antena hasta llegar al centro de reacción II (P680) que cede un  $e^-$  a una cadena de transporte de  $e^-$  que usa esa energía para bombear  $H^+$  al lumen (= al interior) del tilacoide y hacer ATP por quimiosmosis. El centro de reacción II recupera el  $e^-$  que cedió del  $H_2O$ , produciendo  $O_2$ !  
 $(H_2O \rightarrow O + 2H^+ + e^-)$ .

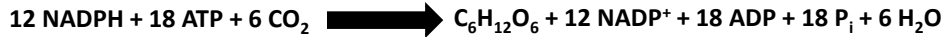


El fotosistema I también capta energía solar con sus antenas y se la pasa al centro de reacción I (P700) que cede un  $e^-$  a una cadena de transporte de  $e^-$  que usa esa energía para convertir  $NADP^+$  en  $NADPH$ . El centro de reacción I recupera su  $e^-$  al tomar que viene (con poca energía) del centro de reacción II.



## Fase de fijación de carbono: Ciclo de Calvin

El NADPH y ATP de la fase luminica es usado para convertir  $\text{CO}_2$  en azúcar



Ocurre mediante el ciclo de Calvin. Es una ruta cíclica compleja, en la que en varias vueltas se produce glucosa a partir de gliceraldehído trifosfato. Se resume en 3 etapas:

1. Captura
2. Reducción
3. Regeneración

