Colegio de
San Francisco de Paula

BLOQUE 2. BIOLOGÍA CELULAR

2.7 Introducción metabolismo

Germán Tenorio
Biología 12º

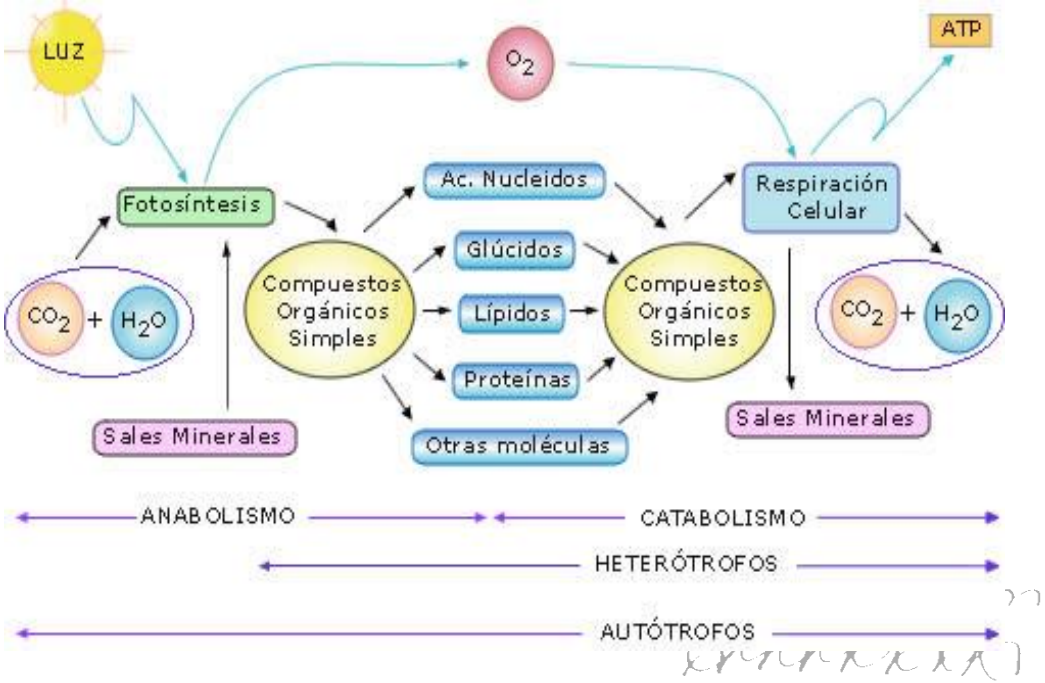
Idea Fundamental: Las reacciones metabólicas son reguladas en respuesta a las necesidades de la célula.

Nutrición celular

- **Concepto:** conjunto de procesos que permiten la introducción de alimento en la célula y la posterior conversión de los nutrientes que contienen, en energía y en las biomoléculas necesarias para el mantenimiento de las funciones vitales.

- Las sutancias químicas que sirven de materia prima para la nutrición se denominan **nutrientes**. Se emplea el término de **alimento** para designar a los nutrientes orgánicos; los nutrientes inorgánicos no tienen un nombre especial.

- En general, los nutrientes nos aportan tres cosas: materiales de construcción (para reponer células, crecimiento…), energía (cuando los degradamos en el catabolismo y nos proporcionan ATP) y sustancias reguladoras de los procesos metabólicos en general (vitaminas…).



Tipos de nutrición celular

- Todos los organismos obtienen nutrientes inorgánicos, como agua, iones y algunos gases atmosféricos, directamente a partir del ambiente físico. Con respecto a los nutrientes orgánicos (alimentos) un organismo es **autótrofo** o **heterótrofo**.
- Los seres vivos **autótrofos** captan del medio que les rodea las sustancias inorgánicas y las transforman en materia orgánica. Por tanto, se fabrican sus alimentos a partir de la materia mineral.
- Si utilizan la **luz** como fuente de energía para realizar este proceso se les llama **fotosintéticos**. La energía lumínica captada por la clorofila, el CO_2 -como fuente de carbono-, y el agua o el H_2S -como fuente de hidrógeno- son las materias primas para la síntesis de materia orgánica. Pertenecen a este grupo las plantas, las algas, ciertas bacterias y las cianobacterias.

Tipos generales de nutrición			
		Fuente de energía	
		Luz	Reacciones Químicas
Fuente de Carbono	Inorgánica	**Fotolitotrofo**	**Quimiolitotrofo**
		Bacterias fotosintéticas Cianobacterias Algas Plantas (cél Fotosintéticas)	Bacterias Quimioautótrofas
	Orgánica	**Fotoorganotrofo**	**Quimioorganotrofo**
		Bacterias Algas	Bacterias heterotrofas Protistas protozoos Hongos Animales Plantas (cél no fotosintéticas)

Tipos de nutrición celular

- Si utilizan la energía obtenida de las reacciones de **oxidación-reducción** de material inorgánico para fabricar la materia orgánica, se denominan **quimiosintéticos.** Pertenecen a este grupo las bacterias del azufre, las bacterias nitrificantes, etc.

Tipos generales de nutrición			
		Fuente de energía	
		Luz	Reacciones Químicas
Fuente de Carbono	Inorgánica	**Fotolitotrofo**	**Quimiolitotrofo**
		Bacterias fotosintéticas Cianobacterias Algas Plantas (cél Fotosintéticas)	Bacterias Quimioautótrofas
	Orgánica	**Fotoorganotrofo**	**Quimioorganotrofo**
		Bacterias Algas	Bacterias heterotrofas Protistas protozoos Hongos Animales Plantas (cél no fotosintéticas)

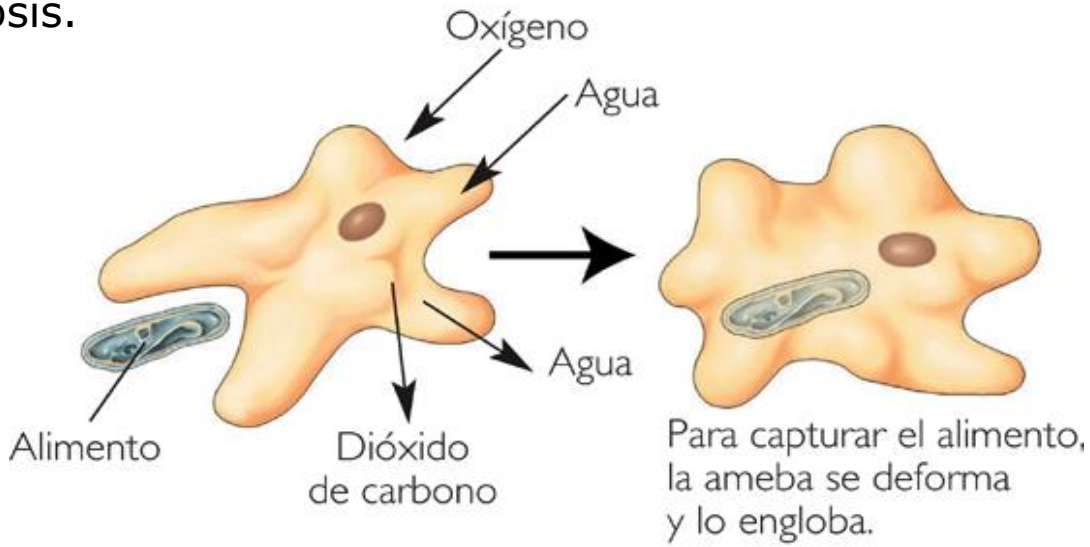
- Los seres vivos **heterótrofos** no pueden fabricar materia orgánica a partir de materiales inorgánicos, por lo que se nutren de la materia orgánica elaborada por otros seres vivos. Pertenecen a este grupo los animales, los hongos, muchas bacterias, etc. Pueden ser **holótrofos (**que consumen alimentos voluminosos, es decir, animales que *comen*) o **saprótrofos** (que viven de sustancia muerta o en descomposición).

Procesos de la nutrición

- A nivel celular, el proceso principal de la nutrición es la **asimilación**, es decir, la transferencia de compuestos desde el exterior al interior celular a través de su superficie.

- Los materiales se pueden introducir en la célula por transporte pasivo, activo o mediante endocitosis.

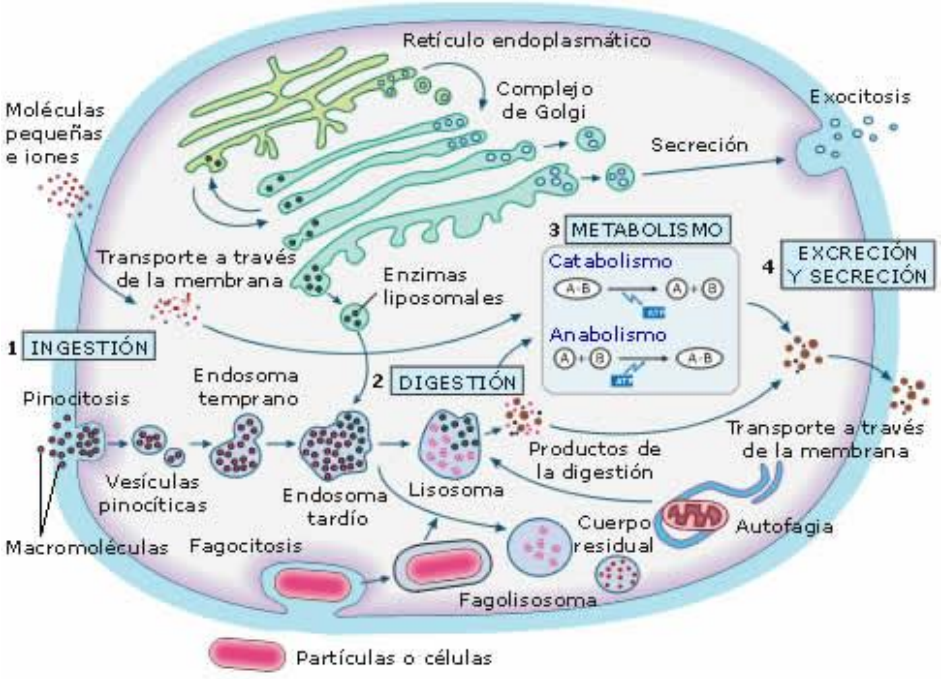
- En los **organismos unicelulares** y **pluricelulares simples** son estos mecanismos de transporte los únicos que existen para tomar nutrientes, y suelen ocurrir por toda la superficie del organismo.



- En los organismos **pluricelulares complejos**, la toma de nutrientes tiene lugar únicamente a través de regiones especializadas limitadas, como la superficie de la raíz y la hoja en vegetales, y a través del sistema digestivo en los animales.

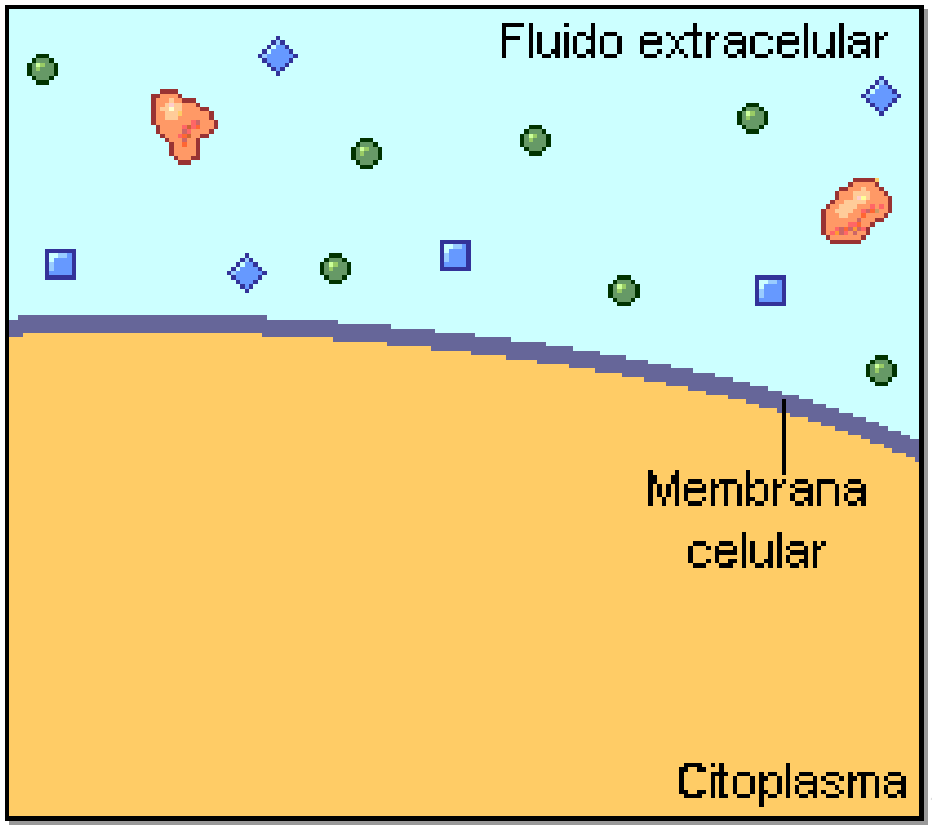
Procesos de la nutrición

- A continuación viene la **distribución interna de nutrientes**, que realizan los tejidos vasculares: el xilema y floema en las plantas y los vasos sanguíneos y linfáticos en animales.
- Una vez que se encuentran los nutrientes en todas las células, tiene lugar el **metabolismo**, es decir, conjunto de reacciones químicas en los que se transforman los nutrientes para formar las propias estructuras corporales, aportar energía para su mantenimiento, etc.
- Por último, los materiales inservibles o tóxicos que se han generado como consecuencia de dicho metabolismo deben ser **excretados**.



Permeabilidad celular

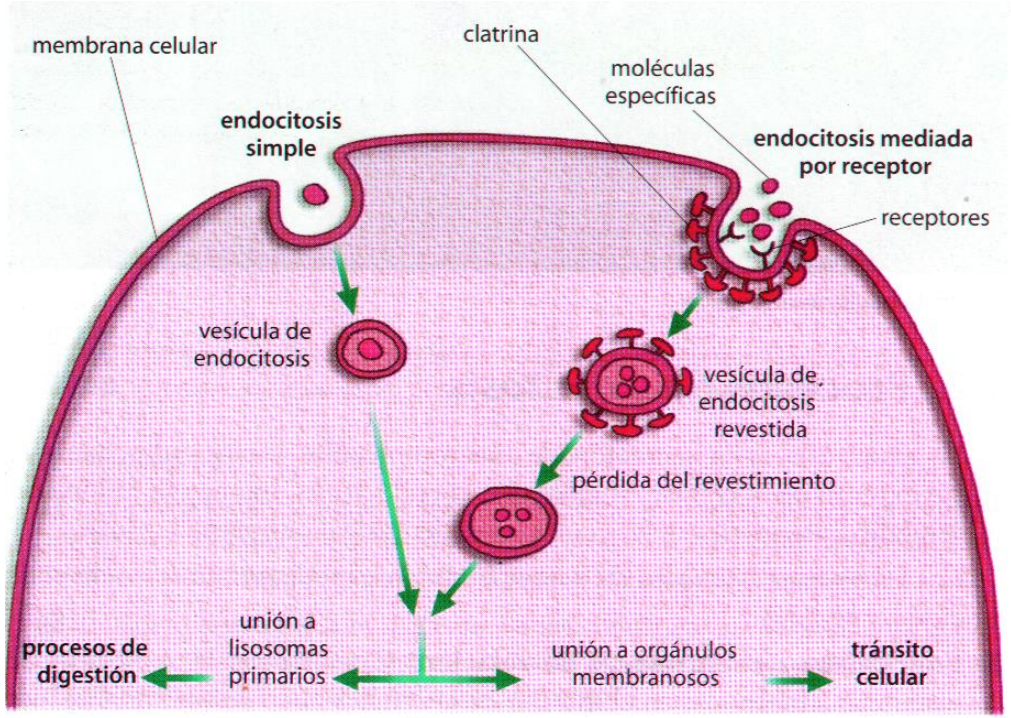
- Las moléculas pequeñas pueden atravesar la membrana por difusión simple o facilitada, o por transporte activo. La entrada de macromoléculas o partículas complejas en el interior de la célula se lleva a cabo mediante procesos de **endocitosis**.
- La **exocitosis** implica el mecanismo contrario, es decir, el paso de sustancias desde el interior al exterior de la célula. Ambos procesos suponen un gasto energético y el tránsito controlado de vesículas a través de las células.



Endocitosis

- La **endocitosis** es un proceso en el que la membrana plasmática de la célula se **invagina** -se forma una depresión que se repliega hacia el interior de la célula- englobando las partículas del medio, y forma una vesícula.
- Una vez en el interior de la célula, las vesículas de endocitosis (**endosomas**) pueden seguir dos caminos:

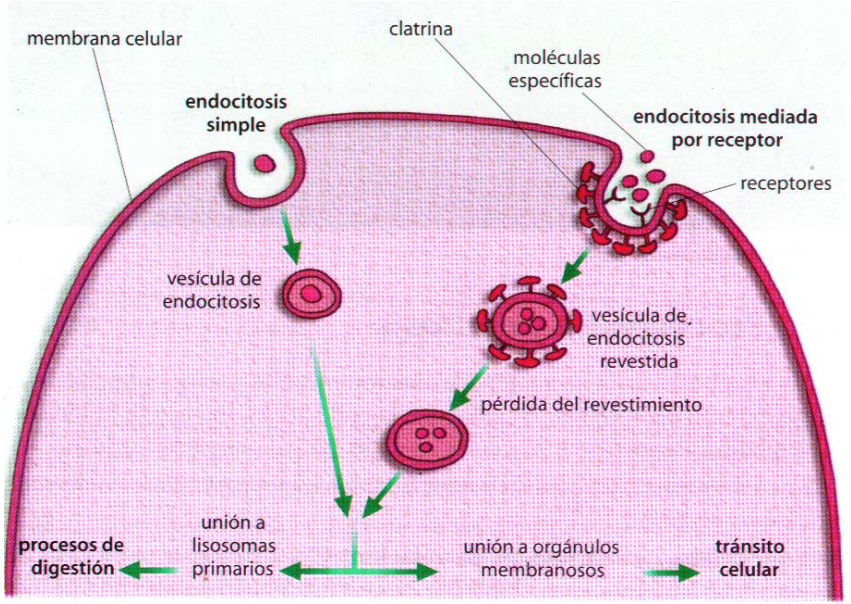
A. **Digestión**: en general, las vesículas de endocitosis se fusionan con los lisosomas primarios para formar las **vacuolas digestivas** o **lisosomas secundarios** (ver lisosomas). Los productos de la digestión se incorporarán al metabolismo celular.



Endocitosis

B. **Transito intracelular**: algunas vesículas de endocitosis simplemente transportan su contenido desde un punto a otro de la célula. Ejemplo: en las células que revisten los vasos sanguíneos se transportan sustancias desde la sangre hasta los tejidos periféricos.

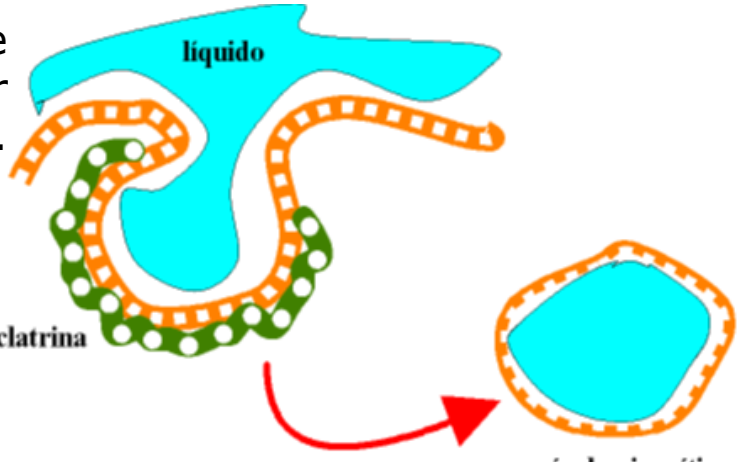
- Algunos procesos de endocitosis (**endocitosis mediada por el receptor**) implican la selección de macromoléculas específicas, especialmente importantes para el organismo, para lo cual se produce la unión de las mismas a puntos determinados de la membrana.
- La cara externa de la membrana contiene receptores específicos de la molécula en cuestión, mientras que su cara interna está unida a una proteína llamada **clatrina**. Así se forman las **vesículas revestidas**. El revestimiento se pierde una vez que se introduce la vesícula, que posteriormente se unirá a distintos compartimentos celulares (**colesterol**)

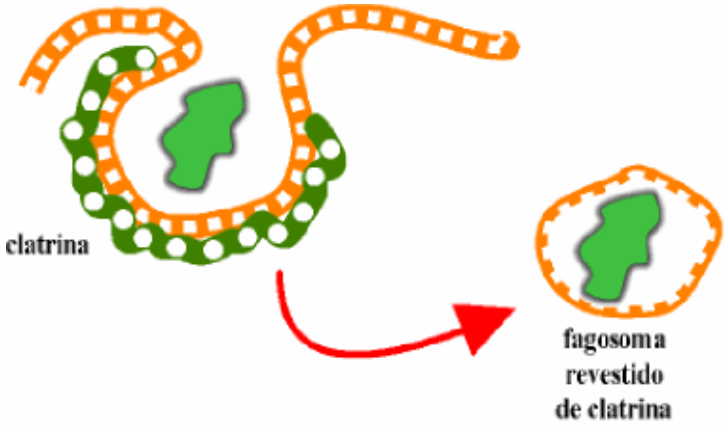


Endocitosis

- En función del tamaño y la naturaleza de las partículas ingeridas, la endocitosis puede ser de dos tipos: **pinocitosis** y **fagocitosis**.

  - Pinocitosis. Implica la ingestión de líquidos y partículas en disolución por pequeñas vesículas revestidas de clatrina. Ejemplo: La entrda de colesterol.

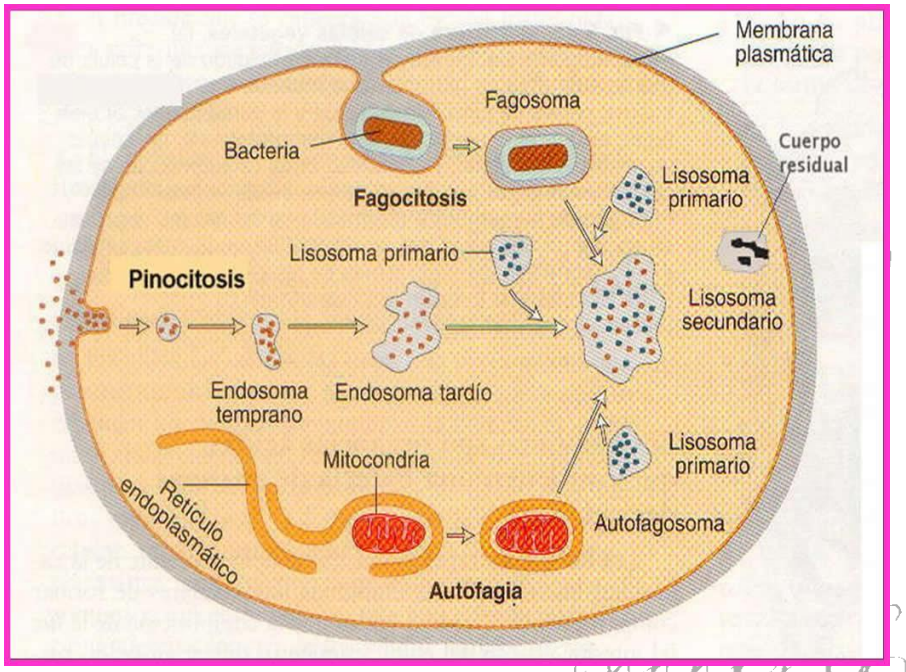




  - Fagocitosis. Se forman grandes vesículas revestidas o fagosomas que ingieren microorganismos y restos celulares. Característico de ciertas células del sistema inmune, como los macrófagos y los neutrófilos. Constituye, así mismo, el mecanismo de captura de alimentos de algunos Protoctistas, como amebas, flagelados y ciliados.

Digestión celular

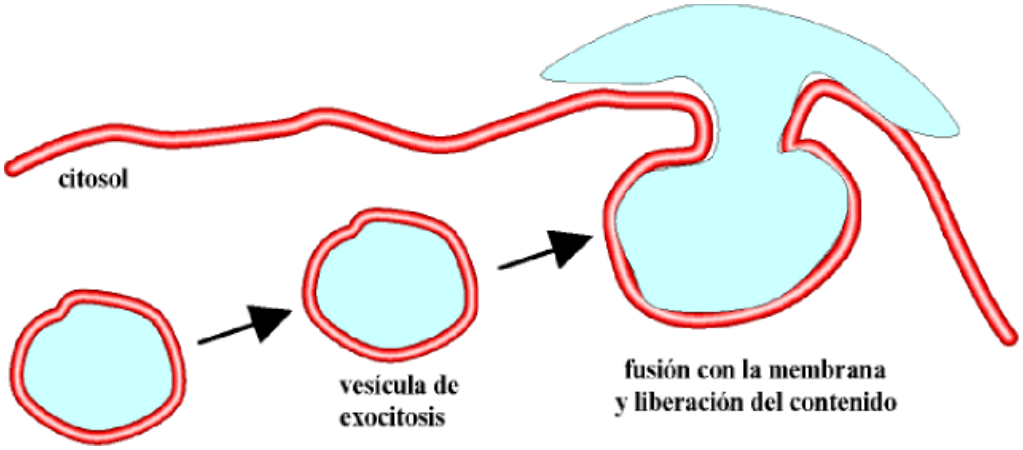
- En el caso de que la sustancia ingerida vaya a ser digerida, las vesículas de endocitosis que se han formado se unen a **lisosomas primarios** (repletos de enzimas digestivos) y se forman los **lisosomas secundarios o vacuolas digestivas**, en los que tiene lugar la digestión o rotura de las macromoléculas en sus monómeros constituyentes.
- Los productos de la digestión pasan al citosol y se incorporan al metabolismo, mientras que los desechos son expulsados por **exocitosis**.
- Por tanto, los orgánulos implicados son: lisosomas, retículo endoplásmico (que produce los enzimas digestivos necesarios para los lisosomas), complejo de Golgi, que modifica dichos enzimas hasta darles su forma definitiva, y, por supuesto, la membrana plasmática, necesaria para introducir las sustancias por endocitosis.

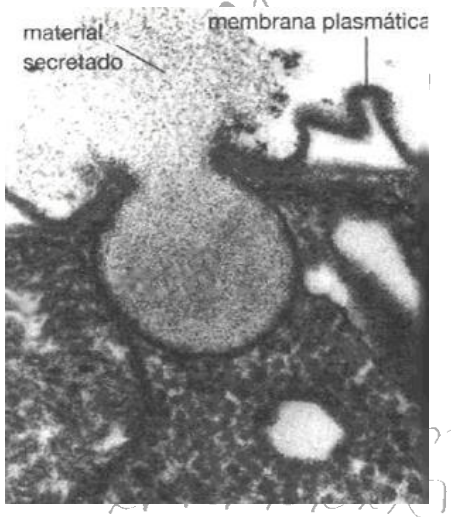


Exocitosis

- La **exocitosis** es el proceso inverso a la endocitosis. Consiste en la secreción de macromoléculas y partículas hacia el medio externo de la célula. Como la endocitosis, implica la fusión con la membrana plasmática de vesículas procedentes del citoplasma celular.
- Los fenómenos de exocitosis desempeñan un papel importante en diversas funciones celulares:

  1. **Funciones de excreción:** se trata de la secreción de los productos de desecho que se producen tras la digestión celular de partículas ingeridas por fagocitosis o pinocitosis. Es un proceso común en protozoos y macrófagos.





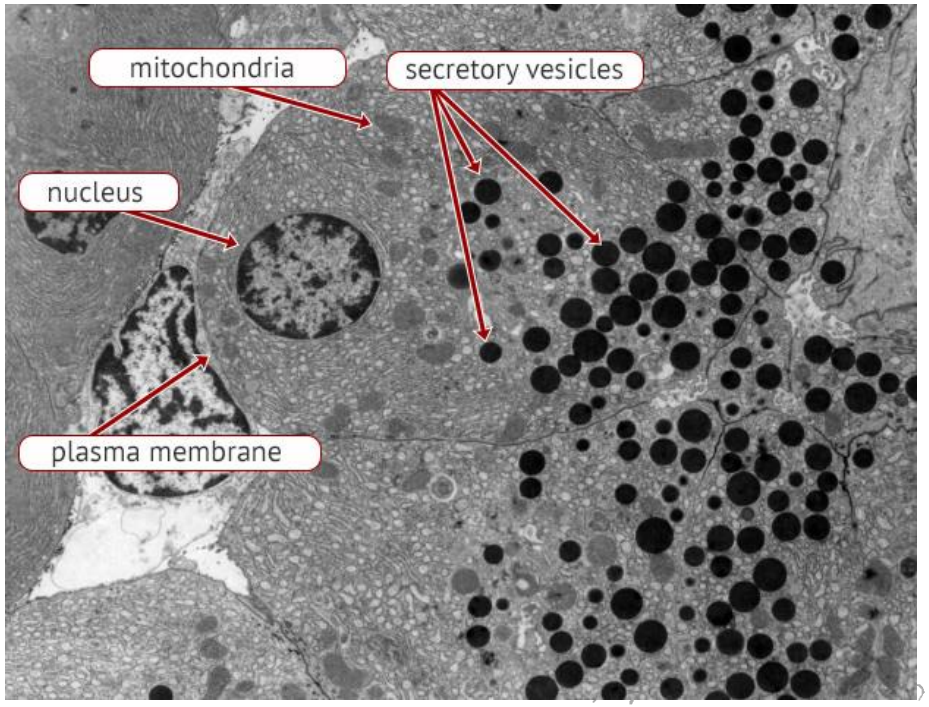
Exocitosis

2. **Funciones estructurales y de relación:** consiste en la secreción de sustancias sintetizadas en el interior de la célula y cuyo destino final puede ser diverso: formación del glucocálix, intercambio de metabolitos, señales para otras células, enzimas digestivos para la digestión extracelular, etc.

   En este caso, la secreción puede ser de dos tipos:

   * Regulada: la realizan células secretoras especializadas en almacenar productos como hormonas, neurotransmisores o enzimas digestivos y verterlos al exterior solamente cuando sea necesario.

   * Constitutiva: se realiza de forma continua a partir de vesículas originadas por el sistema retículo endoplásmico-Golgi. La realizan todas las células y sirve para renovar la membrana o el glucocálix.



Metabolismo

- **Concepto**: Conjunto de reacciones químicas que tienen lugar en la célula y que comprende tanto las reacciones catabólicas que degradan las biomoléculas con obtención de energía como las anabólicas destinadas a la obtención de biomoléculas con gasto de energía.
- Consta de dos tipos, los cuales no ocurren ni de forma simultánea, ni en el mismo lugar de la célula, pero están acoplados.
- **Catabolismo o fase degradativa**: Conjunto de reacciones metabólicas en las que las moléculas orgánicas complejas y reducidas son degradadas a compuestos finales más sencillos y oxidados para la obtención de energía y poder reductor. Un ejemplo es la respiración anaerobia o fermentación.

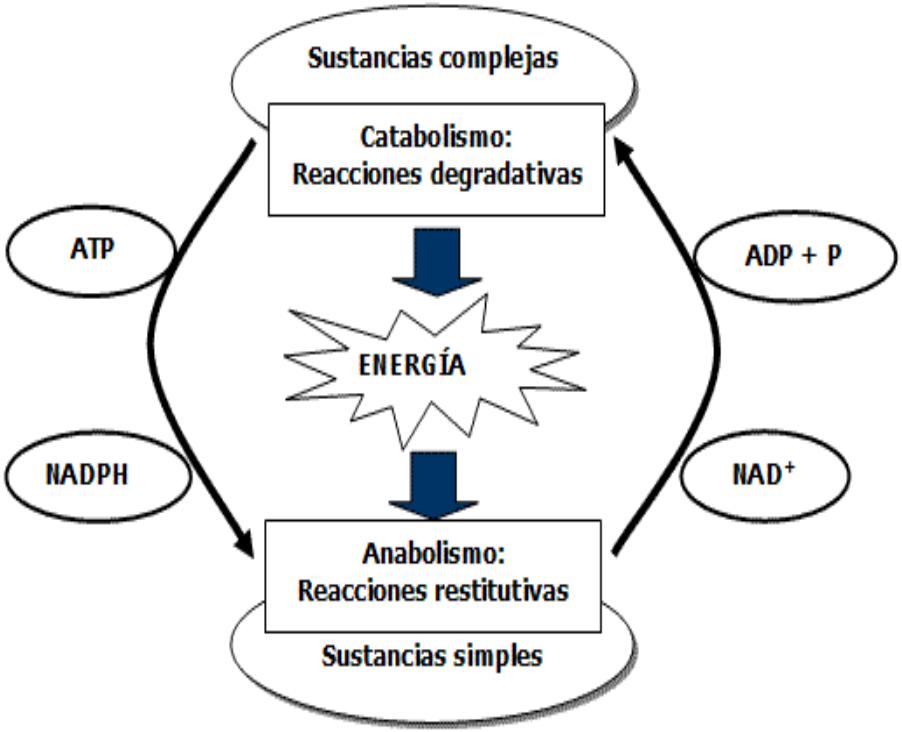
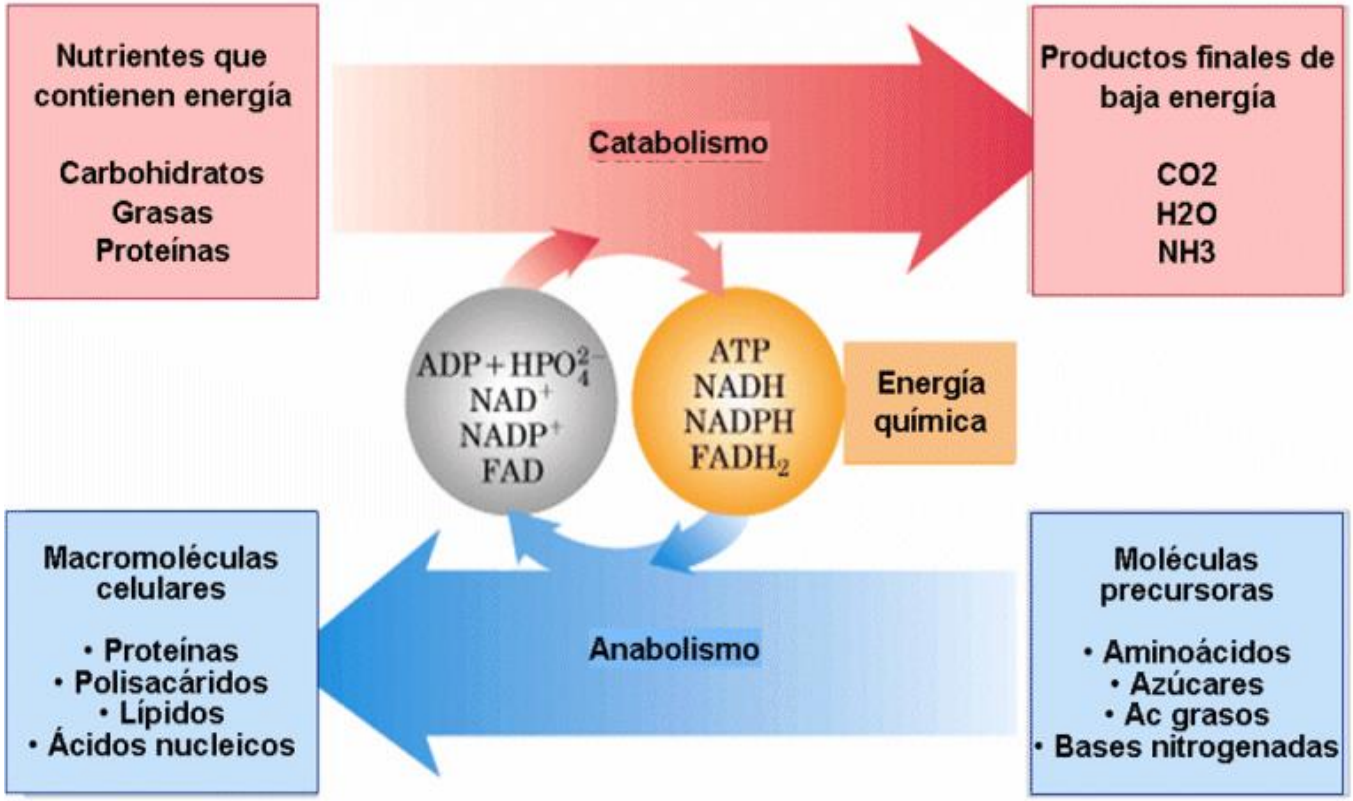


Figura 2.2. Interdependencia anabolismo-catabolismo.

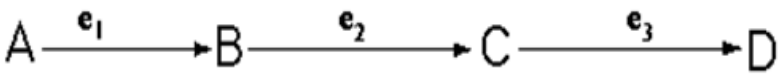
Metabolismo

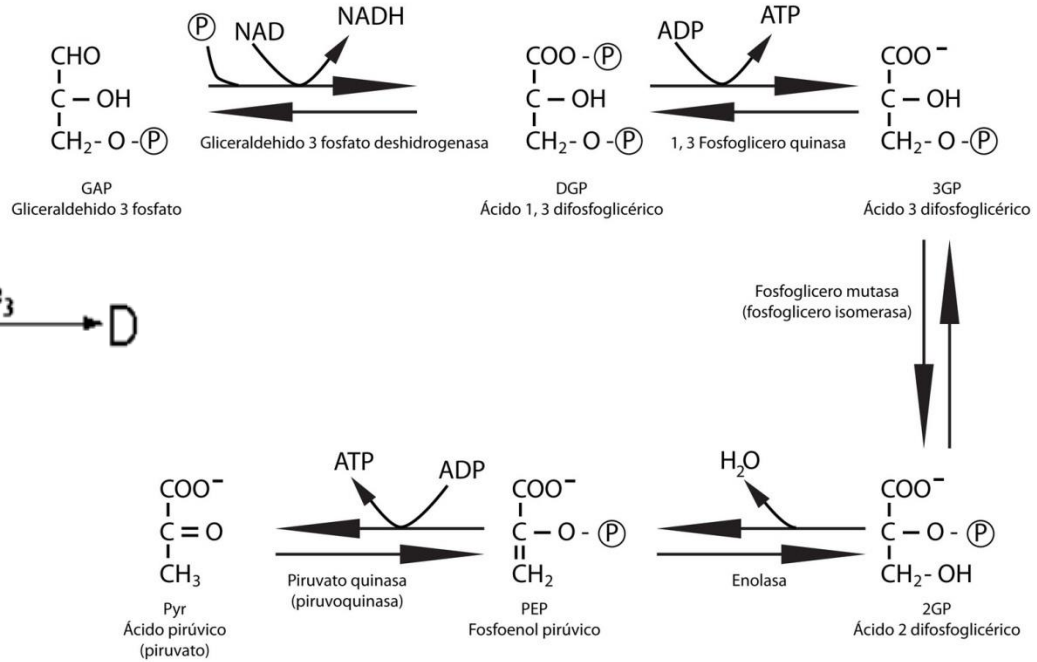
- **Anabolismo o fase constructora**: Conjunto de reacciones bioquímicas mediante las cuales las células sintetizan moléculas complejas y reducidas, mediante el consumo de energía y poder reductor, a partir de moléculas sencillas y oxidadas. Un ejemplo es la síntesis de proteínas.



Rutas metabólicas

- Como ya se explicó en el tema sobre las enzimas, casi todas la reacciones metabólicas en los oganismos están catalizadas por **enzimas**. Muchas de estas reacciones ocurren en un determinado orden o secuencia, denominadas **rutas bioquímicas** o **metabólicas**.
- Una ruta metabólica sencilla está constituida por una **cadena de reacciones secuenciales**, donde el producto de una reacción catalizada por un enzima, es el sustrato de la reacción catalizada por la enzima siguiente.

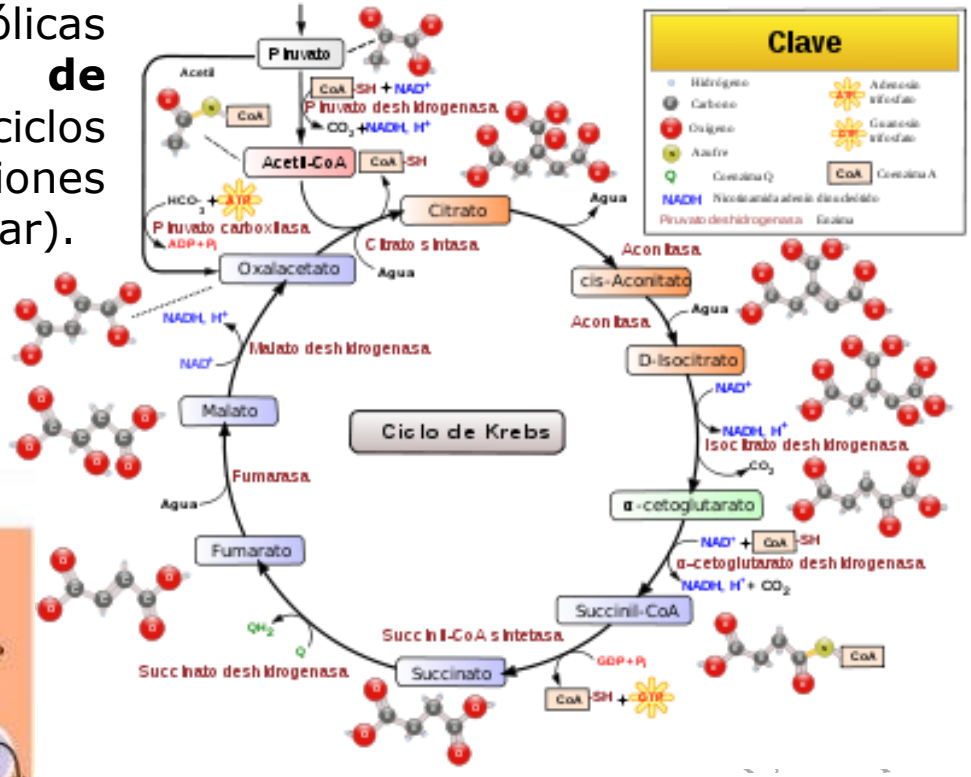


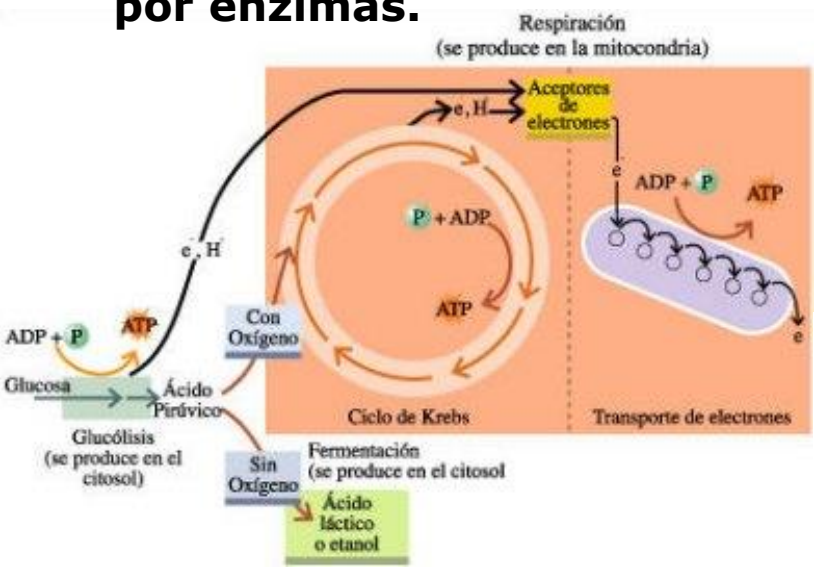


Rutas metabólicas*

- Algunas rutas metabólicas consisten de **ciclos de reacciones**, y otras de tanto ciclos como de cadenas de reacciones (fotosíntesis y respiración celular).

- **Las rutas metabólicas consisten en series y ciclos de reacciones catalizadas por enzimas.**





- Las rutas metabólicas se llevan a cabo en compartimentos concretos de la célula donde se encuentran disponibles las enzimas necesarias.

Aspectos generales del metabolismo: ATP

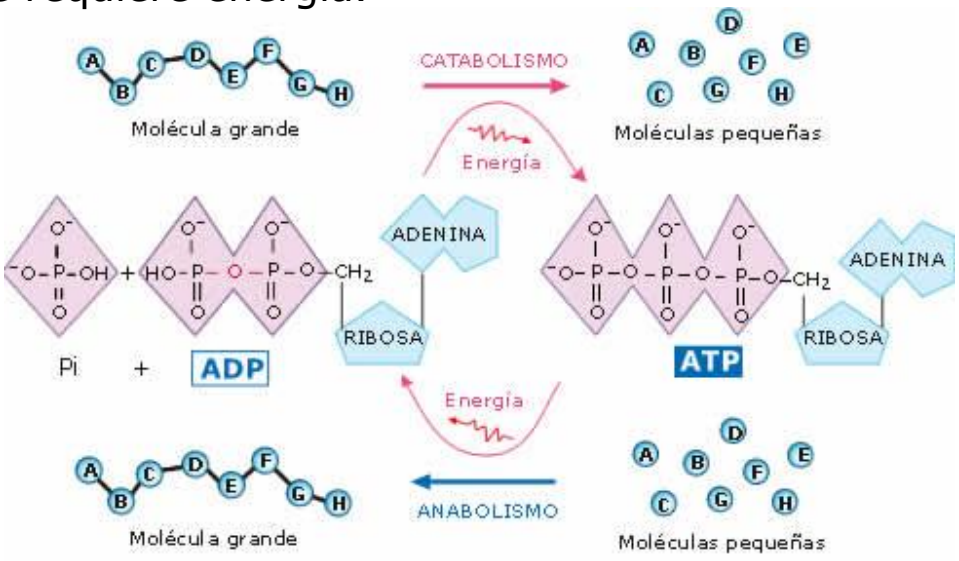
- Cinco son las principales características de las reacciones metabólicas:

A. Las reacciones metabólicas están acopladas energéticamente a través del ATP.

- Un aspecto esencial de las reacciones químicas de las células son los intercambios energéticos. Los procesos catabólicos son, en su mayoría, oxidaciones en las que se libera energía, mientras que los anabólicos son, casi todos, reducciones para las que se requiere energía.

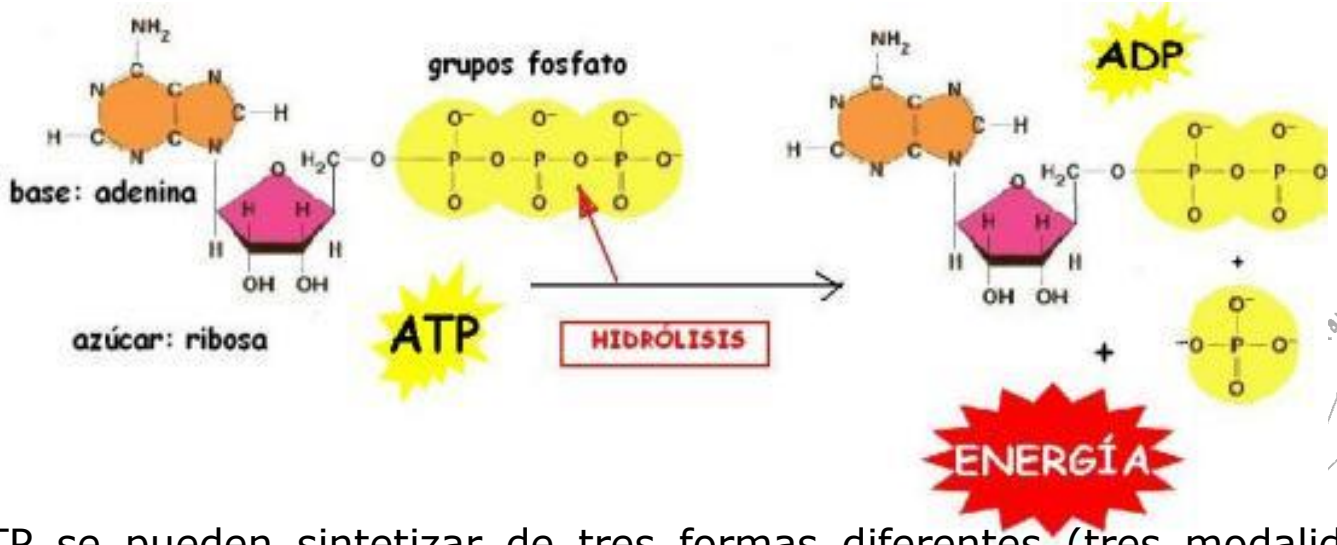
- De algún modo será necesario canalizar la energía mediante **reacciones acopladas** en las que una reacción libera energía y la otra necesita energía. En ese acoplamiento actúan, en la mayoría de los casos, las moléculas de ATP.

- Por tanto, la célula utiliza al ATP como **intermediario energético** o vehículo en la transferencia de energía celular.



Aspectos generales del metabolismo: ATP

- Para suministrar energía, en el ATP se rompe un enlace "energético", pierde un grupo fosfato, y pasa a ADP. Para "recargarse de energía", el ADP se debe unir de nuevo a un grupo fosfasto mediante los llamados **procesos de fosforilación**.

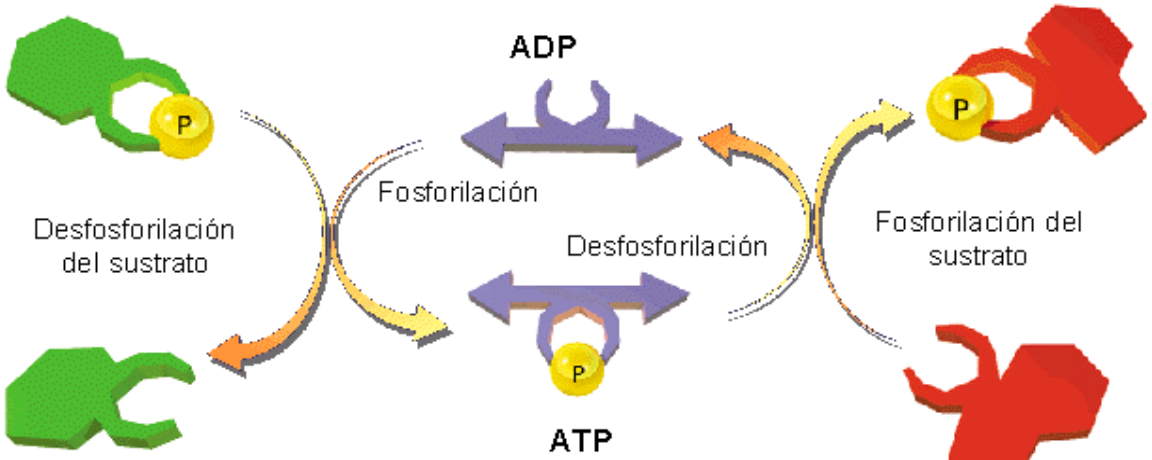


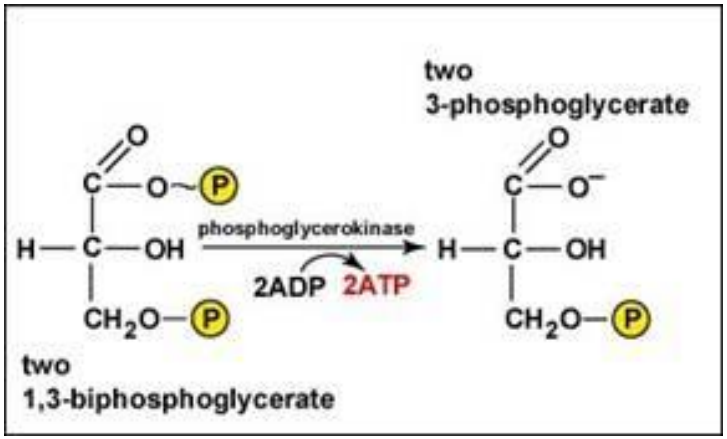
- El ATP se pueden sintetizar de tres formas diferentes (tres modalidades de fosforilación), es decir, hay tres estrategias de obtención de energía: **Fosforilación a nivel de sustrato, Fosforilación oxidativa y Fotofosforilación**.

- Las dos últimas modalidades, son las que más ATP aportan, y en ambas la fosforilación tiene lugar a través de un complejo proteico llamado ATP sintasa.

Aspectos generales del metabolismo: ATP

1. **Fosforilación a nivel de sustrato** (ocurre por ejemplo en la glucólisis), cuando el grupo fosfato pasa del sustrato R (molécula orgánica) al ADP para formar ATP. La reacción está catalizada por **enzimas quinasas**.

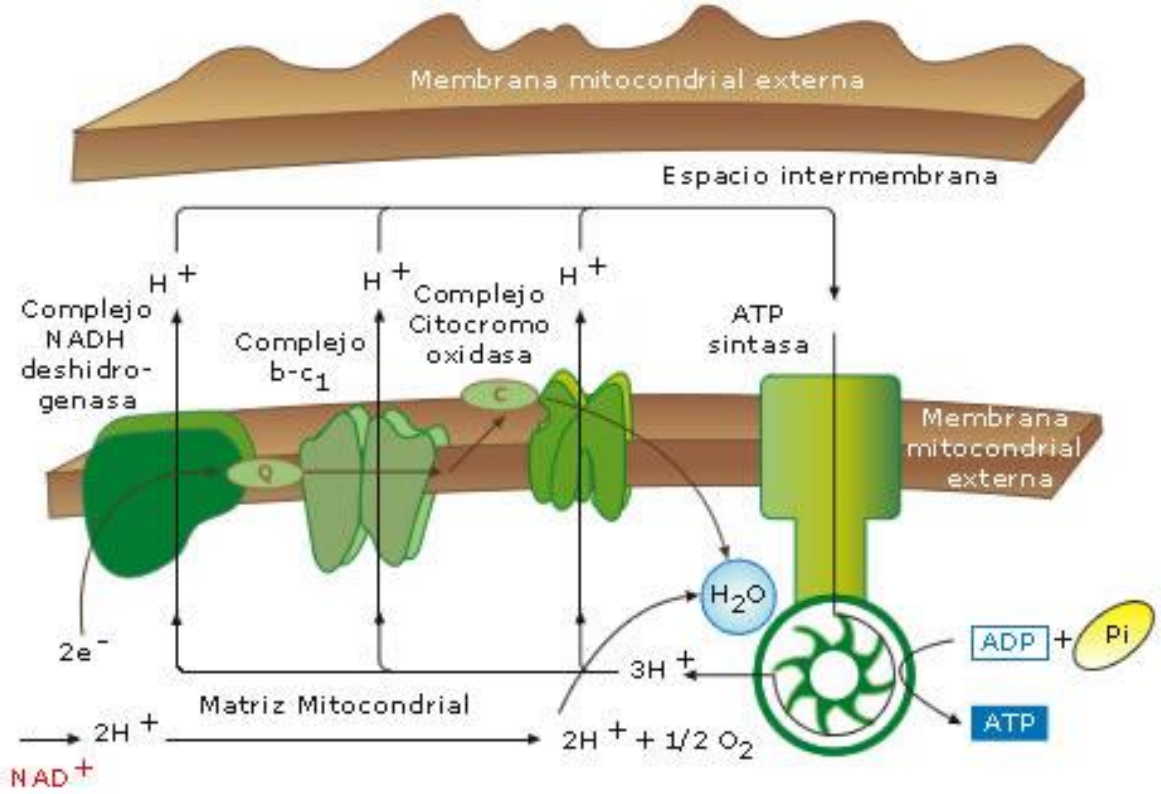




R-P + ADP ⟶ R + ATP

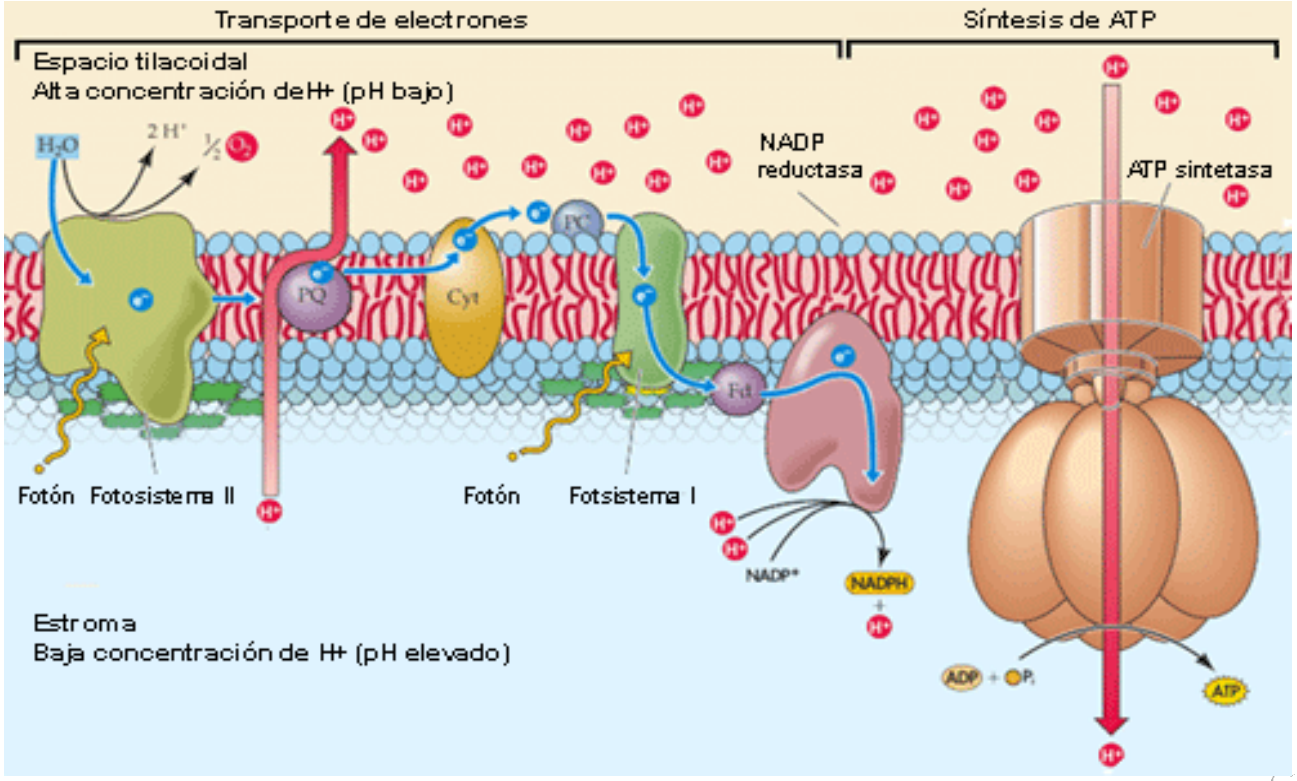
Aspectos generales del metabolismo: ATP

2. **Fosforilación oxidativa** (tiene lugar en la cadena respiratoria mitocondrial), cuando la energía necesaria para unir los enlaces fosfato procede de la liberada en una complicada cadena de reacciones de oxidorreducción. La reacción está catalizada por la enzima ATP sintasa, en la membrana interna de la mitocondria.



Aspectos generales del metabolismo: ATP

3. **Fotofosforilación**, semejante a la anterior, cuando la energía para la fosforilación procede también de reacciones de oxidorreducción, pero que están provocadas en última instancia por la energía luminosa que incide en la membrana de los tilacoides de los cloroplastos, estando también catalizada por la enzima ATP sintasa.



Aspectos generales del metabolismo: Reacciones redox

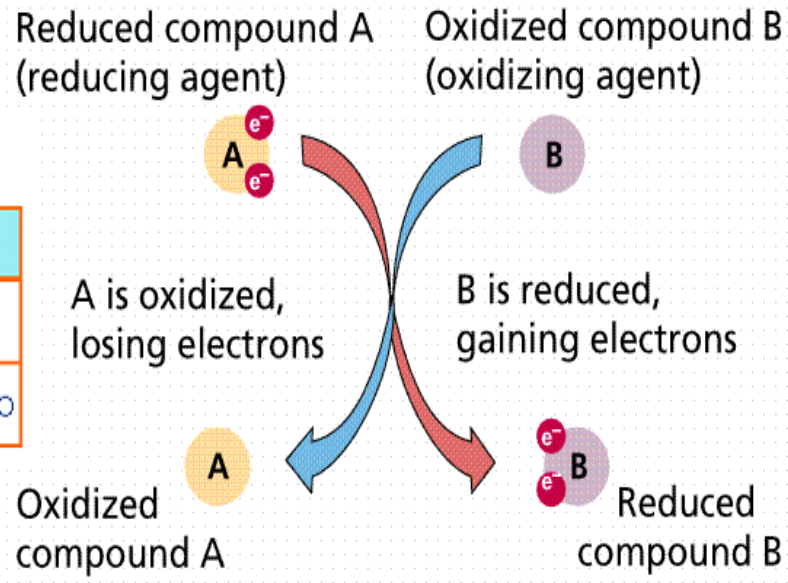
B. Las reacciones metabólicas son reacciones de oxidorreducción.

- En conjunto, el catabolismo es un proceso de oxidación, mientras que el anabolismo es un proceso de reducción.

- El **concepto químico de oxidorreducción** se basa esencialmente en la transferencia de electrones entre dos sustancias. Una sustancia se oxida si pierde electrones, al tiempo que otra se reduce al captar dichos electrones.

CARACTERÍSTICAS DE LAS REACCIONES REDOX

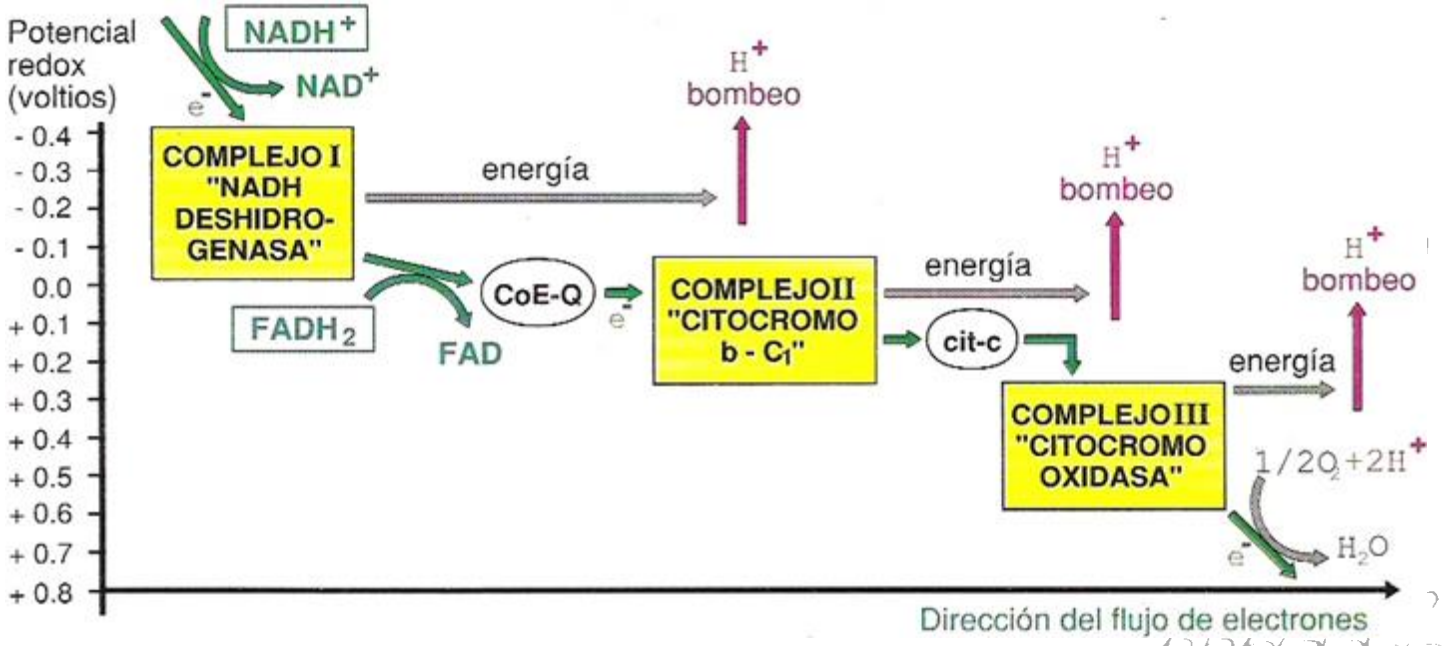
	HIDRÓGENO	ELECTRONES	ENERGÍA
OXIDACIÓN	ELIMINACIÓN	ELIMINACIÓN	LIBERACIÓN
REDUCCIÓN	ADICIÓN	ADICIÓN	ALMACENAMIENTO



Aspectos generales del metabolismo: Reacciones redox

- La mayor o menor facilidad para ceder o captar electrones viene dada por el llamado **potencial redox** de cada sustancia, teniendo **mayor facilidad para ceder electrones cuanto más electronegativo** sea dicho potencial, es decir, se oxida frente otra sustancia de potencial redox menos electronegativo.

- La **oxidación libera energía al pasar de un nivel energético a otro inferior** y puede aprovecharse **para formar ATP**.

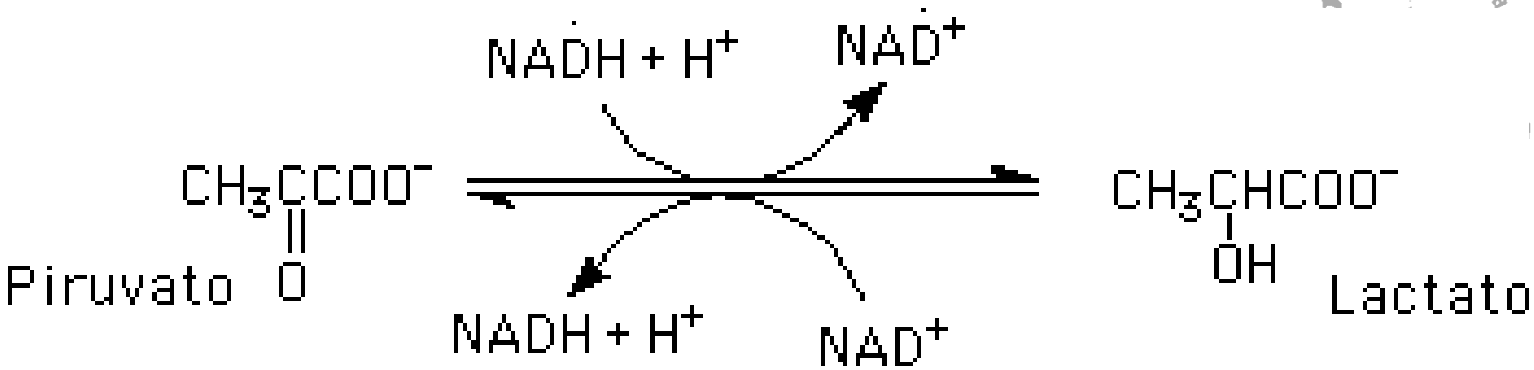


Aspectos generales del metabolismo: Reacciones redox

- En muchas reacciones bioquímicas los electrones van ligados a protones, en forma de hidrógeno. Por tanto, las **deshidrogenaciones** son reacciones de oxidorreducción, que liberan energía, ya que el H que se transfiere debe considerarse como protones más electrones.

- Una molécula reducida RH_2 se oxida y pierde hidrógenos, en presencia de **enzimas deshidrogenasas**. Se puede decir que el catabolismo es un proceso de deshidrogenación y el anabolismo lo es de hidrogenación.

- Por tanto, las **oxidaciones implican pérdidas de hidrógenos** y las reducciones su ganancia.

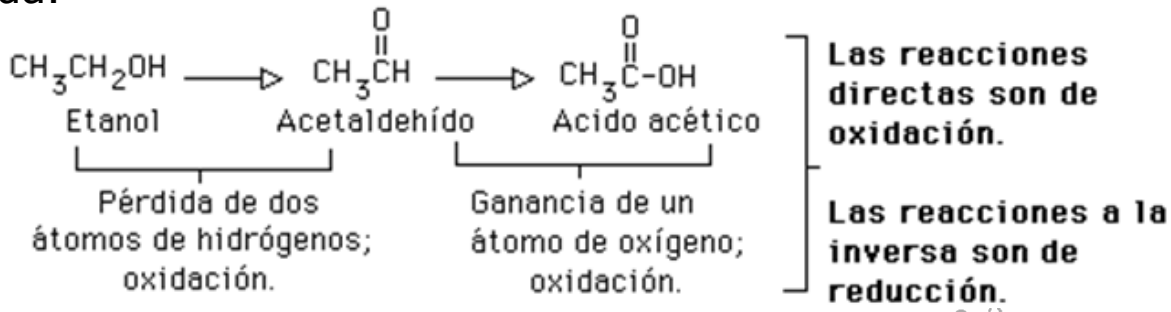


Enzima: lactato deshidrogenasa **(LDH)**

Aspectos generales del metabolismo: Reacciones redox

- En otras ocasiones la pérdida de electrones va ligada a la acumulación de átomos de oxígeno en la molécula oxidada. Estos átomos de oxígeno proceden de moléculas de agua, nunca del oxígeno atmosférico.

- Por tanto, las **oxidaciones implican ganacia de oxígeno** y las reducciones su pérdida.



- **BACTERIAS NITRIFICANTES**

– **Nitrosomas:** Oxidan compuestos que contienen amoniaco en disolución que se encuentra como ión amonio a nitrito.

$$2NH_4^+ + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 4H^+ + 2H_2O$$

lón amonio — lón nitrito

– Nitrobácter: Oxida el ión nitrito a ión nitrato.

$$2NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2NO_3^-$$

lón nitrito — lón nitrato

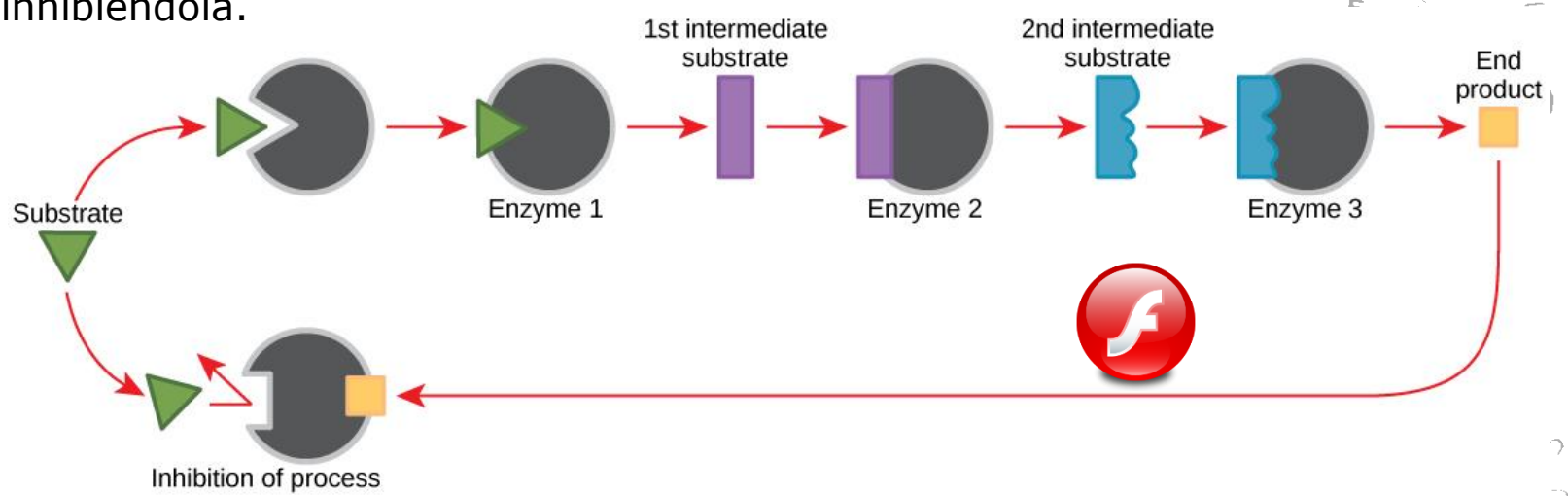
IMAGEN: http://docentes.educacion.navarra.es

Aspectos generales del metabolismo: Rutas metabólicas

C. Las reacciones metabólicas están catalizadas enzimáticamente y siguen una secuencia ordenada.

- Las reacciones metabólicas ocurren de forma que el producto final de una es el producto inicial de la siguiente, como eslabones de una cadena. Resultan así múltiples rutas metabólicas.

- El hecho de que cada reacción esté catalizada por un enzima específico es muy importante, permitiendo que **las rutas metabólicas puedan ser controladas mediante una inhibición de los productos finales,** mecanismo de autorregulación donde el producto final de una ruta metabólica se une al sitio alostérico de una de las primeras enzimas de la ruta, inhibiéndola.



APLICACIÓN: Inhibición por producto final*

- Un ejemplo lo tenemos en la **inhibición de los productos finales de la ruta que convierte la treonina en isoleucina**.
- El aminoácido isoleucina es sintetizado a partir del aminoácido treonina en una cadena enzimática donde participan 5 enzimas.
- El producto final es la isoleucina, que cuando se acumula, se une al sitio alostérico de la primera enzima de la ruta (treonina deshidratasa), actuando como un inhibidor no competitivo.

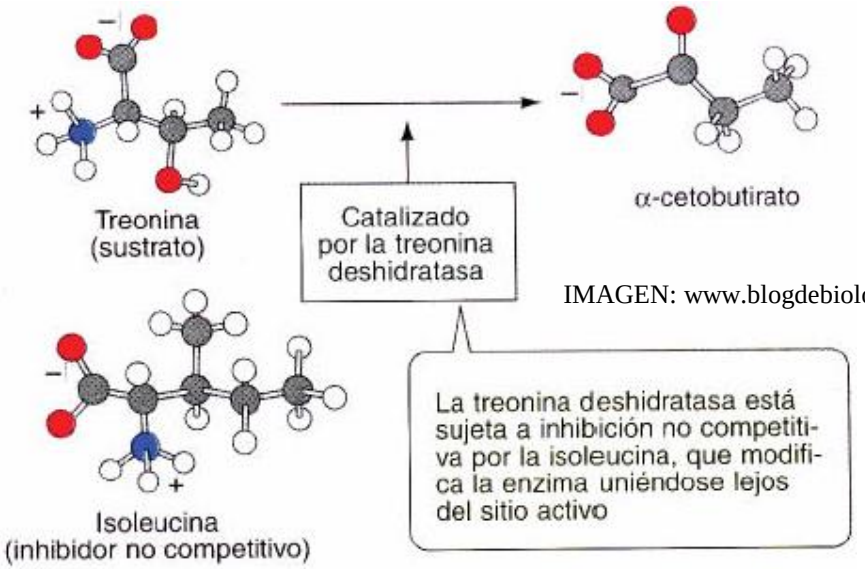


IMAGEN: www.blogdebiologia.com

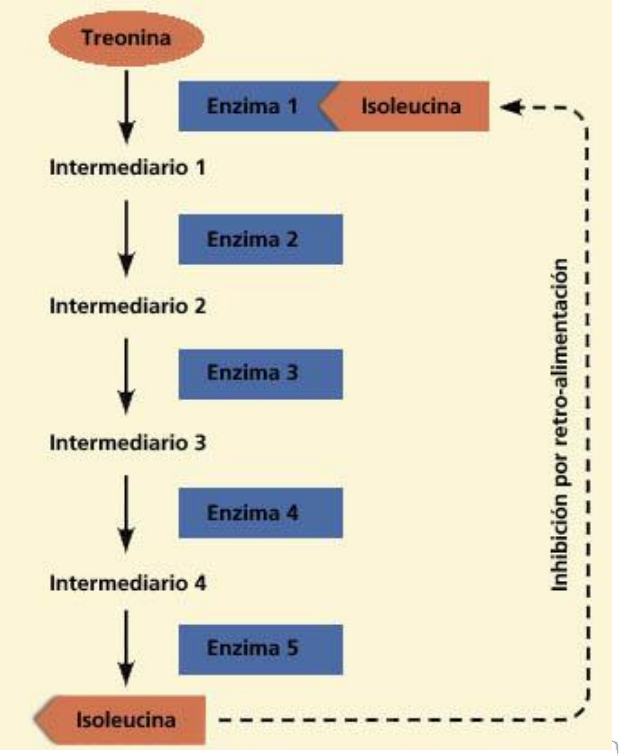
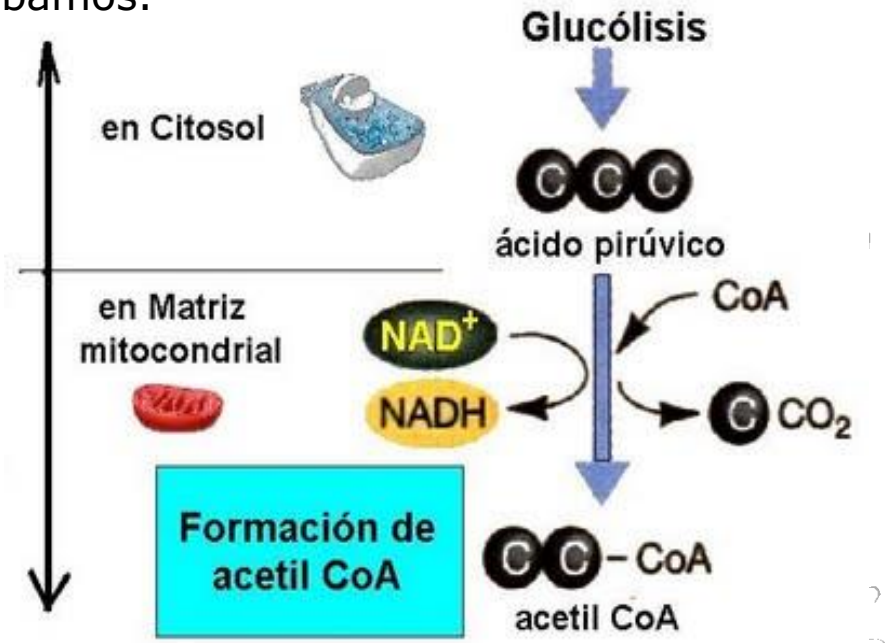


IMAGEN: www7.uc.cl

Aspectos generales del metabolismo: Compartimentalización

D. Las reacciones metabólicas están compartimentalizadas.

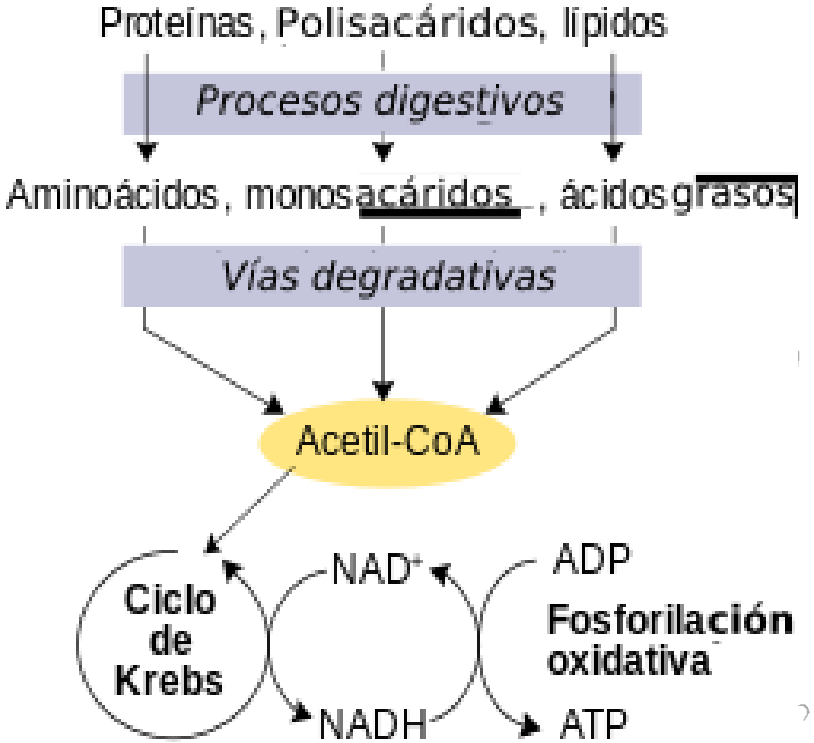
- Distintos tipos de vías metabólicas están separadas en compartimentos (orgánulos o partes de ellos) celulares diferentes, como consecuencia de la situación que ocupan los enzimas que las catalizan, lo que evita interferencias entre ellas y hace posible que se desarrollen al mismo tiempo y que se controlen como antes citábamos.



Aspectos generales del metabolismo: Poder reductor

E. Las reacciones metabólicas de óxido-reducción intervienen coenzimas como pares conjugados.

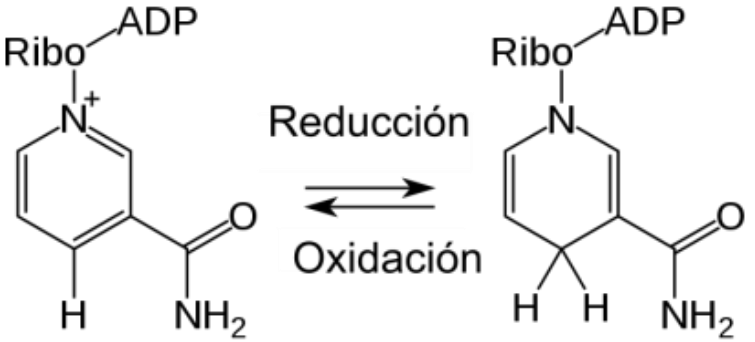
- El **poder reductor** se refiere a la capacidad de ciertas biomoléculas de actuar como donadoras o receptoras de electrones y protones en reacciones metabólicas de óxido-reducción.
- Durante el catabolismo, las reacciones de oxidación arrancan electrones y protones de los sustratos y se los ceden (reducen) a ciertos coenzimas. Estos coenzimas reducidos poseen ahora **poder reductor**, ya que acabarán cediendo sus electrones y protones a la cadena respiratoria para la generación de energía (ATP) o a otro sustratos que se reducirán (anabolismo).



Aspectos generales del metabolismo: Poder reductor

- Los procesos de oxidación y de reducción son conjugados y no se dan por separado. Para que un sustrato se oxide debe haber alguna molécula que se reduzca. Estas moléculas actúan como conjugado del sustrato para formar un par redox. Suelen ser derivados de vitaminas y los más usuales son el **NADH**, el **NADPH** y el **$FADH_2$** (derivados de la vitamina B).

- El NAD (nicotinamida adenina dinuclótido) es el principal transportador de electrones en la respiración celular, mientras que en la fotosíntesis es su versión fosforilada, el NADP (nocotinamida adenina dinuclótido fosfato).



- El NAD en estado oxidado posee una carga positiva, capaz de reducirse aceptando 2 electrones, pero solo uno de los hidrógenos que estos llevan asociados, quedando el otro libre como protón.

$$NAD^+ + 2\,H^+ + 2e^- \leftrightarrow NADH + H^+$$

$$FAD + 2\,H^+ + 2e^- \leftrightarrow FADH_2$$

$$NADP^+ + 2\,H^+ + 2e^- \leftrightarrow NADPH + H^+$$