



BIOLOGÍA

CURSO: Tercero

CAPACIDAD: Analiza el metabolismo celular con la participación de los organelos transductores de energía.

TEMA: Metabolismo celular. ATP. Anabolismo. Catabolismo. Síntesis y degradación de compuestos mediados por enzimas.

INDICADORES:

- ❖ Interpreta el concepto de metabolismo celular.
- ❖ Establece diferencias entre anabolismo o síntesis y catabolismo o degradación.
- ❖ Reconoce la importancia biológica del adenosín trifosfato en el metabolismo celular.
- ❖ Identifica las enzimas que participan en el metabolismo celular.
- ❖ Menciona la importancia de las enzimas en el metabolismo celular.

Observación: Queda a criterio del docente agregar más indicadores y/o aumentar puntaje (1 punto por indicador).

DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA METODOLÓGICA

I- Recordamos las funciones de algunos organelos celulares, en especial, mitocondrias, cloroplastos, ribosomas y lisosomas.

II- Leemos la información, observamos el video de apoyo y elaboramos un resumen sinóptico de lo leído.

Metabolismo celular

La célula, por ende, el ser vivo, realiza múltiples funciones biológicas, la mayoría dependientes de transformaciones energéticas. La **energía** es la capacidad de realizar trabajo, traducida en cualquier cambio de estado o movimiento de materia y, en el caso de las células, dicho trabajo es biológico. La energía química se almacena en las moléculas biológicas en forma de *energía potencial* presente en sus enlaces químicos y cuando estos se rompen o se descomponen en otras más sencillas, se transforma en *energía cinética*. Las células realizan interconversiones de

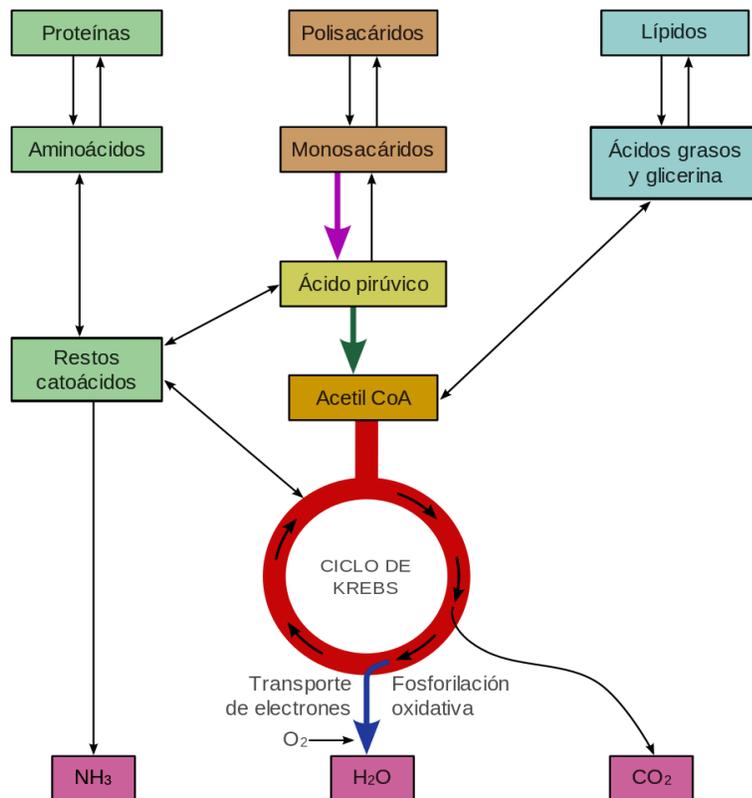
la energía potencial a cinética y viceversa en los procesos metabólicos que experimenta, mediante la participación de las enzimas.

El **metabolismo** implica el conjunto de las reacciones químicas que realiza la célula para responder a sus necesidades biológicas, es decir, es la suma de las transformaciones químicas que ocurren en la célula y en el organismo, sean ellas de síntesis o de degradación de moléculas. La serie de reacciones que ocurren en el metabolismo se desarrollan en un conjunto de rutas metabólicas interdependientes que pueden ser vía lineales o cíclicas. Las reacciones del metabolismo pueden ser anabólicas o catabólicas y en su mayoría están mediadas por enzimas. La finalidad de esas reacciones es la obtención de energía en forma de trifosfato de adenosina o **adenosín trifosfato (ATP)**, la molécula de mayor importancia energética en los procesos metabólicos.

Fig.1. Esquema resumido del metabolismo general. En este caso, casi todas las flechas ascendentes son anabólicas y las descendentes, catabólicas.

Fuente:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/71/Gluconeog%C3%A9nesis_svg.svg/925px-



Cuando la célula requiere de energía, necesita acceder a ella inmediatamente, pero la energía almacenada en los enlaces químicos de las moléculas, no está plenamente disponible y en las cantidades precisas. Entonces, la célula ha desarrollado un mecanismo de provisión continua de energía, transfiriendo la que está contenida en los enlaces químicos de las moléculas orgánicas a la molécula de ATP, la que a su vez, queda disponible para la célula, al convertirse en ADP (adenosín difosfato) y Pi (fosfato inorgánico).

De esa manera, la célula asegura la disponibilidad y utilización oportuna de la energía. Pero, en determinadas condiciones biológicas, la provisión de moléculas energéticas para la célula, puede exceder a sus necesidades, en cuyo caso, la misma dispone de un

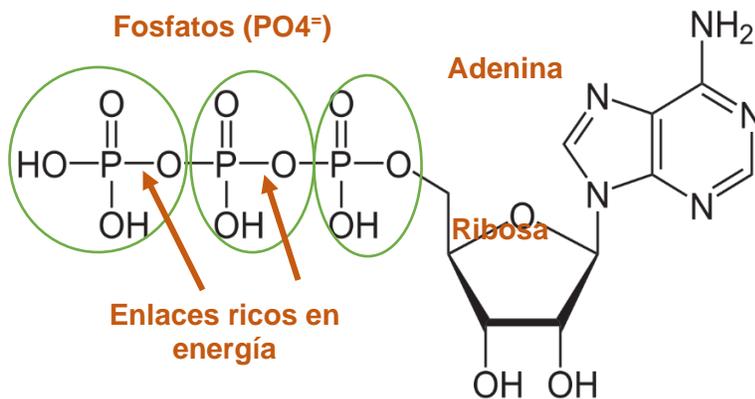
mecanismo de obtención de la energía, disponible en las moléculas orgánicas convirtiendo ADP y Pi en ATP. El **ATP es un nucleótido** y como tal, está formado por tres componentes principales, que son, una base nitrogenada, la adenina, que contiene átomos de nitrógeno, un azúcar de cinco carbonos (pentosa), que es la ribosa, más tres grupos fosfato que contienen átomos de oxígeno

y que están unidos entre sí mediante enlaces ricos en energía. En síntesis, cada molécula de ATP o adenosín trifosfato contiene adenina, ribosa y tres unidades de fosfato unidos en enlaces de alta energía. La utilización del ATP lleva a la formación de adenosín difosfato (ADP) y fosfato inorgánico (Pi) y su síntesis, lo contrario.

Fig. 2. La molécula de ATP. Cuando el fosfato terminal se elimina el ATP pasa a convertirse en ADP + Pi y se libera un enlace rico en energía. Cuando se libera el segundo Pi terminal, se libera otro enlace rico en energía y la molécula de ADP pasa a AMP (adenosin monofosfato) + Pi.

Fuente:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/31/Adenosintriphosphat_protoniert.svg/1280px-Adenosintriphosphat_protoniert.svg.png



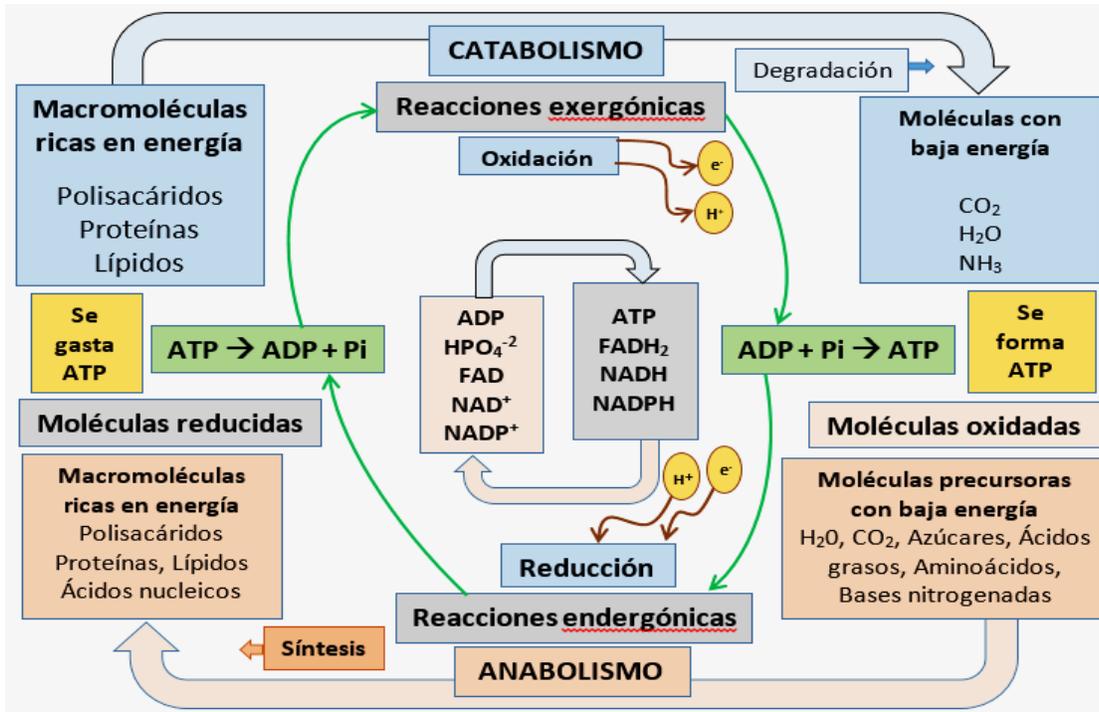
En la Fig. 2, observamos que el ATP posee tres unidades de fosfato y los de los extremos presentan enlaces de alta energía. Cuando se libera un fosfato inorgánico (Pi) terminal, por hidrólisis, el ATP se transforma en ADP o adenosín difosfato, una molécula menos energética que la anterior, pero capaz de sufrir hidrólisis nuevamente y liberar otro fosfato (Pi), para convertirse en AMP o adenosin monofosfato. En ambos casos, el fosfato se libera como molécula inorgánica que puede unirse a otras moléculas orgánicas, por ejemplo, la glucosa (Glc) y transferirles la energía proveniente del ATP y luego, la del ADP. Esta reacción de hidrólisis del ATP y ADP es **exergónica**, porque produce liberación de la energía contenida en la molécula: $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{Pi} \rightarrow \text{AMP} + \text{Pi}$. Por su lado, la reacción inversa, de síntesis del ATP es **endergónica**, porque incorpora energía en los enlaces fosfato de la molécula: $\text{AMP} + \text{Pi} \rightarrow \text{ADP} + \text{Pi} \rightarrow \text{ATP}$. Es importante remarcar que las reacciones exergónicas ocurren de manera favorable o espontánea y las endergónicas, de manera no favorable o no espontáneas; por eso las reacciones endergónicas ocurren acopladas a las exergónicas, que le aportan la energía necesaria mediante la hidrólisis del ATP.

Reacción de fosforilación de la glucosa (exergónica): $\text{ATP} + \text{Glc} \rightarrow \text{Glc-P} + \text{ADP}$

Reacción de síntesis del ATP (endergónica): $\text{AMP} + \text{Pi} \rightarrow \text{ADP} + \text{Pi} \rightarrow \text{ATP}$

Fig.3. Interrelación entre anabolismo y catabolismo y las transformaciones de la energía en forma de ATP y moléculas relacionadas. Las reacciones endergónicas (anabólicas), de producción y almacenamiento de energía, pueden acoplarse con las reacciones exergónicas (catabólicas), de liberación de energía mediante el ATP como molécula intermediaria.

Elaborado por: C. Rodríguez Baroffi (2020)



El ATP es conocido como la "moneda de cambio energético" de la célula, porque en el mismo se almacena temporalmente la energía. En los procesos metabólicos, por un lado, hablamos de los cambios energéticos que ocurren como parte del metabolismo y, por el otro, de las transformaciones de la materia, que es la que puede almacenar o liberar la energía contenida en los enlaces químicos de sus moléculas. Durante el metabolismo, las transformaciones de energía se reconocen mediante la síntesis o la utilización del ATP. Este ocupa una posición intermedia en el metabolismo celular, pues relaciona las reacciones endergónicas (anabolismo) y exergónicas (catabolismo), o sea, el ATP es el nexo entre los procesos biológicos que proveen energía y los que la consumen.

Otro aspecto a considerar en el metabolismo es que las reacciones que ocurren en ese conjunto de procesos son de tipo **rédox** oxidación-reducción, lo que significa que mientras una reacción experimenta oxidación, otra experimenta reducción, simultáneamente. La **oxidación** es el proceso químico en que una sustancia pierde electrones (e⁻) o hidrógeno (H⁺), mientras que la **reducción** es el proceso en que la sustancia gana e⁻ o H⁺. En el metabolismo, lo relevante es que cada reacción de oxidación va acompañada de una de reducción, pues todo electrón que se libera de una sustancia debe ser transferido a otra, si quedara libre en la célula le causaría daños



oxidativos. Una sustancia que se oxida, libera electrones y por lo tanto pierde energía, a su vez, una sustancia que se reduce, gana electrones y en consecuencia, energía.

Veamos pues las **fases del metabolismo** y la manera como los procesos de oxidación y reducción y de transformación de la energía se relacionan con ellas. Las reacciones anabólicas, conocidas en su conjunto como **anabolismo**, incluyen las reacciones de síntesis de sustancias a partir de otras más simples. Involucran la construcción de moléculas orgánicas a partir de moléculas inorgánicas o de otras orgánicas más sencillas e implica la hidrólisis de ATP y la consiguiente formación de ADP y Pi.

Las reacciones anabólicas son *endergónicas*, pues su resultado es la producción y el almacenamiento de la energía en los enlaces químicos de las moléculas orgánicas complejas formadas. En las reacciones anabólicas predomina la reducción de sustancias, es decir, la ganancia de e^- y/o H^+ . Un proceso anabólico por excelencia es la **fotosíntesis**, que involucra una secuencia de reacciones para lograr, finalmente, la síntesis de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) y la producción de oxígeno molecular (O_2), como productos finales a partir de dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O).

Por su lado, las reacciones catabólicas, conocidas en su conjunto como **catabolismo**, incluyen las reacciones de degradación de sustancias complejas a otras más simples. En ellas, las moléculas orgánicas complejas se descomponen en otras más sencillas e implica la síntesis de ATP a partir de ADP y Pi y su posterior utilización para cubrir las necesidades energéticas de la célula. Las reacciones catabólicas son *exergónicas* porque permiten liberar y utilizar la energía almacenada en los enlaces químicos de las moléculas orgánicas que sufren la descomposición. En las reacciones catabólicas predomina la oxidación de sustancias, es decir, la pérdida de e^- y/o H^+ . El clásico ejemplo que involucra un conjunto de procesos catabólicos es la **respiración celular**. En ella, la glucosa ($C_6H_{12}O_6$), mediante una serie de reacciones que ocurren, principalmente, en las *mitocondrias*, se degrada hasta formar dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O).

La fotosíntesis y la respiración celular son procesos metabólicos opuestos, en cierto sentido y presentan importantes diferencias. La fotosíntesis involucra un conjunto de reacciones anabólicas, de síntesis de moléculas, ocurre en los cloroplastos, es endergónica, lo que significa que almacena energía en los enlaces químicos de las sustancias sintetizadas, experimenta la reducción de las sustancias implicadas y en ella se produce la hidrólisis del ATP, con formación de ADP y Pi, la síntesis de glucosa, la producción de O_2 y utilización de CO_2 .

Por su lado, la respiración celular involucra un conjunto de reacciones catabólicas, de degradación de moléculas, ocurre en las mitocondrias, es exergónica, porque libera la energía contenida en los enlaces químicos de las moléculas de origen, experimenta la oxidación de sustancias y en ella se produce la síntesis de ATP a partir de ADP y Pi, la degradación de glucosa y otras moléculas orgánicas, con gasto de O_2 y producción de CO_2 .



Fig. 4. Diferencias entre fotosíntesis y respiración. Si bien, ambas reacciones se representan mediante una sencilla ecuación, ambas ocurren en una serie de reacciones complejas mediadas por enzimas.

Fuente:

<https://slideplayer.es/slide/12691272/76/images/80/FOTOS%C3%8DNTESIS+RESPIRACI%C3%93N.jpg>

FOTOSÍNTESIS	RESPIRACIÓN
Proceso constructivo de materia orgánica (Anabolismo)	Proceso destructivo de materia orgánica (Catabolismo)
Proceso reductor	Proceso oxidativo
Consume energía	Libera energía
Libera O ₂	Consume O ₂
$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{energía luminosa} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{energía química}$

El metabolismo celular es altamente dependiente de unas sustancias llamadas enzimas. Una **enzima (E)** es un catalizador biológico (biocatalizador) capaz de acelerar considerablemente la velocidad de una reacción química, sin que forme parte de la misma. La sustancia sobre la que actúa la enzima

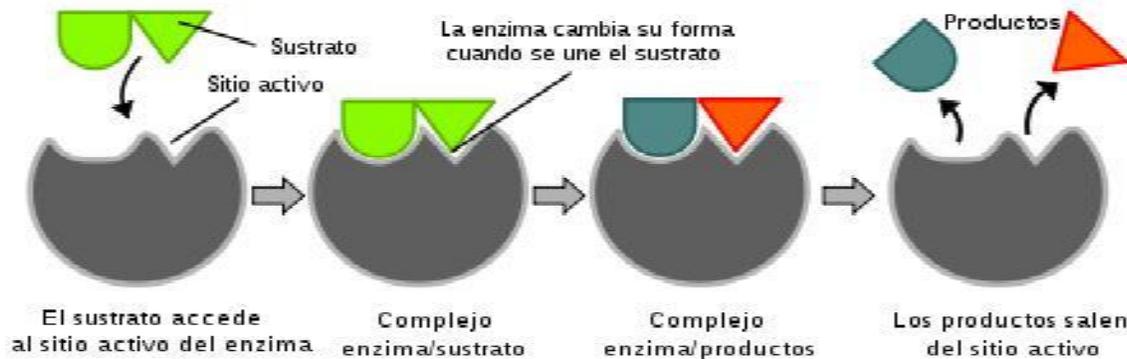
y a la que la modifica se llama **sustrato (S)**. La mayoría de las enzimas son proteínas, por lo tanto, son sintetizadas por los ribosomas y su lugar de almacenamiento en las células son los lisosomas. Toda reacción metabólica mediada por una enzima es una reacción catalizada.

Algunas de las **características de las enzimas** mencionamos a continuación: químicamente son proteínas, son altamente específicas, porque actúan sobre determinados sustratos o grupo de sustratos, por eso, llevan el nombre aproximado al sustrato, seguido de la terminación "asa", por ejemplo, piruvato deshidrogenasa, que realiza la deshidrogenación del piruvato. Además, una enzima disminuye la energía de activación de una reacción, con lo que acelera su velocidad. También, es capaz de formar con el sustrato una combinación transitoria denominada complejo **enzima-sustrato (ES)**, sin sufrir modificaciones permanentes al separarse del mismo, por lo tanto, una misma molécula enzimática sirve para varias reacciones, algunas requieren de cofactores y/o coenzimas para activarse biológicamente.

En el **complejo ES**, la enzima presenta un lugar específico para su actividad catalítica, llamado *centro activo*, en el que se encuentra el *sitio de unión* con el sustrato y el *sitio catalítico*, responsable de la catálisis enzimática. La enzima y el sustrato se unen de manera específica para la actividad catalítica. Al parecer, el lugar de anclaje entre la E y el S no tiene una forma predeterminada, sino que la unión E-S se produce mediante una adaptación química y el cambio que experimenta la enzima se denomina **encaje inducido**.

Fig. 7. Formación del complejo enzima-sustrato (ES).

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4a/Induced_fit_diagram_es.svg/450px-Induced_fit_diagram_es.svg.png.



Existen varios **factores que afectan la actividad enzimática**, por ejemplo:

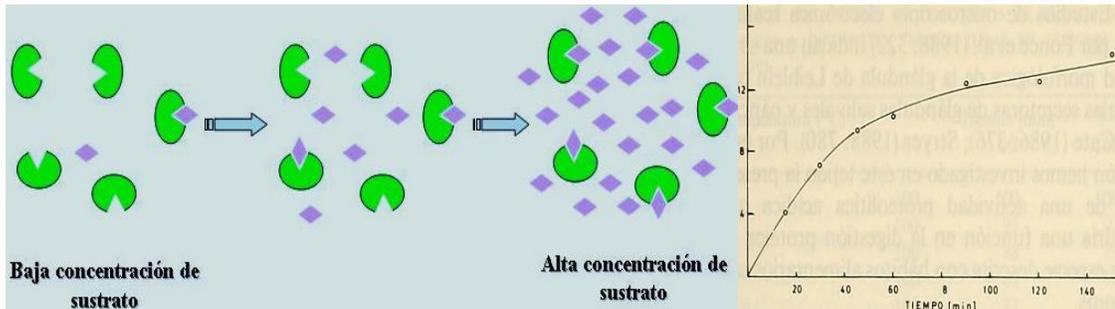
- La temperatura (T°). cada enzima presenta un rango de T° mínima y máxima dentro de la que actúa. Su actividad se potencia cuando se encuentra en su T° óptima, que para la mayoría de ellas es de 37°C .
- El pH. La mayoría de las enzimas tienen un pH óptimo alrededor de 6 a 8 y cuanto más alejado de esos valores, la actividad enzimática se enlentece hasta llegar a un valor máximo o mínimo aceptable.
- La concentración de la enzima $[E]$. La velocidad de la actividad enzimática aumenta a medida que aumenta la $[E]$.
- La concentración del sustrato $[S]$. La velocidad de la actividad enzimática aumenta a medida que aumenta la $[S]$. Sin embargo, a diferencia de la $[E]$, llegada a una concentración determinada de sustrato, la actividad enzimática se mantiene, pero su velocidad ya no aumenta.
- La presencia de inhibidores enzimáticos. Estos pueden actuar afectando la formación del complejo enzima sustrato y la velocidad de la reacción enzimática.
- Cofactores enzimáticos y coenzimas. Algunas enzimas requieren de cofactores enzimáticos (Co-F), por ejemplo, Zn^{++} , Cu^{++} , así como otras requieren de coenzimas (CoE), por ejemplo, Coenzima A (CoA), CoQ y la falta de los mismos puede hacer que la actividad enzimática no ocurra.

Fig. 8. Factores que afectan la actividad enzimática, en este caso, [S].

Fuentes:

https://c1.staticflickr.com/1/500/20388211725_84fb7705bc_b.jpg

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/Saturaci%C3%B3n_de_una_enzima.jpg



En todo el metabolismo celular de los seres vivos existen miles de enzimas, cada una para una función específica bien diferenciada del resto. A fin de evitar confusiones sobre la actividad biológica de cada enzima, existe un sistema de nomenclatura y notación numérica establecida por la Comisión de Enzimas (EC, en inglés), de la Unión Internacional de Bioquímica (IUB, en inglés). Según la IUB, **las enzimas se clasifican en seis clases** (no grupos, ni tipos), por la actividad que ejercen en relación al sustrato.

Tabla 1. Clasificación EC de las enzimas (Comisión de Enzimas – IUB).

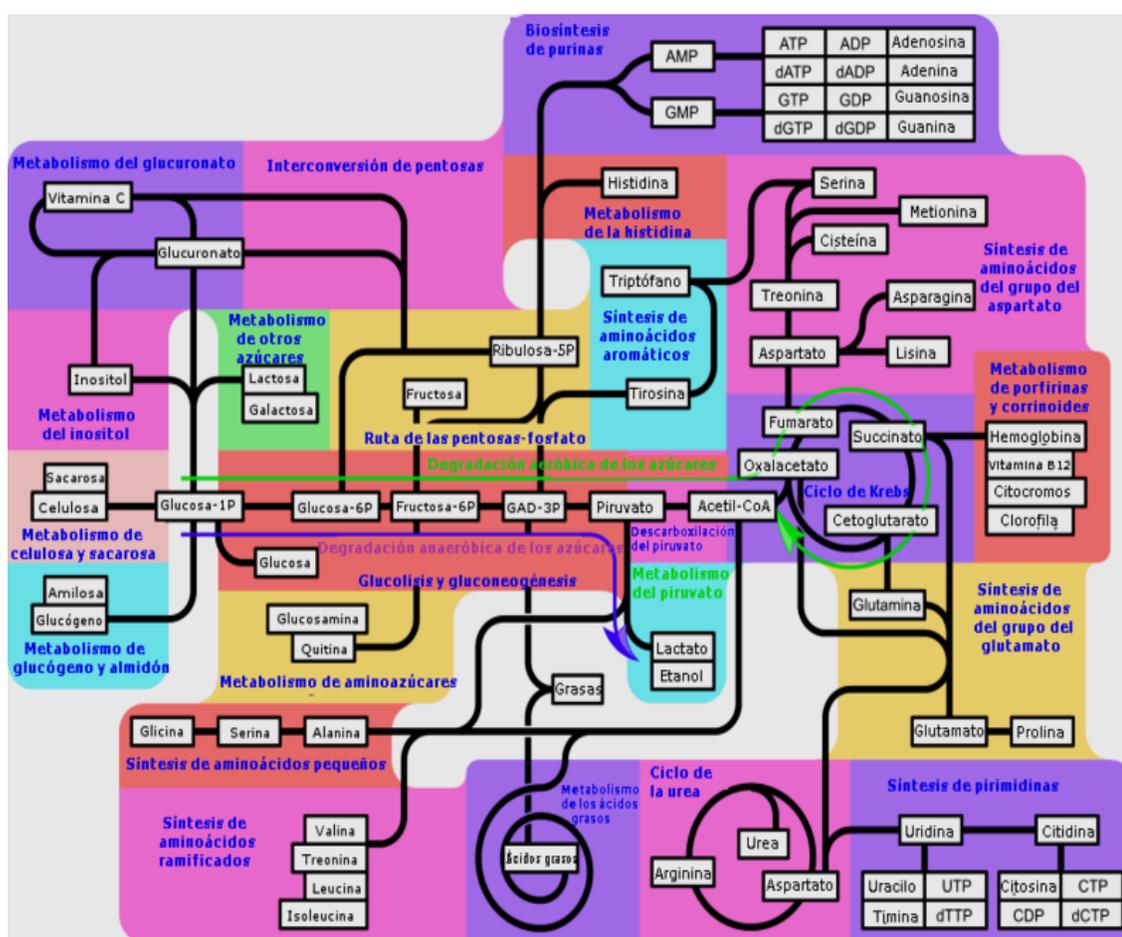
Clase EC	Nombre de la clase	Función o actividad	Ejemplo
Clase 1	Oxidorreductasas	Catalizan reacciones de oxidación – reducción (rédox)	EC: 1.1.1.27 Lactato deshidrogenasa (LDH).
Clase 2	Transferasas	Catalizan la transferencia de átomos o grupos de átomos.	EC: 2.6.1.2 Alanina transaminasa (ALT-GPT).
Clase 3	Hidrolasas	Catalizan la ruptura de enlaces químicos, por hidrólisis.	EC: 3.1.4.3 Fosfolipasa C.
Clase 4	Liasas	Catalizan la ruptura de enlaces químicos, pero no por hidrólisis.	EC: 4.1.1.15 Glutamato descarboxilasa.
Clase 5	Isomerasas	Catalizan modificaciones químicas internas de la molécula.	EC: 5.3.1.9 Glucosa-6-fosfato isomerasa.
Clase 6	Ligasas o sintetetasas	Catalizan reacciones de síntesis de moléculas y formación de enlaces.	EC: 6.4.1.1 Urea carboxilasa.

De acuerdo con esta clasificación, cada enzima posee su propia **notación numérica**, formada por cuatro números, por ejemplo, la de la aspartato transaminasa (AST-GOT), una enzima hepática que suele medirse en los análisis clínicos, tiene EC: 2.6.1.1. En el ejemplo, el primer número indica que es de la *Clase 2*, transferasas, que realizan la transferencia de átomos o grupos de átomos; el segundo número indica que es de la *Subclase 1.6* y se refiere a que transfiere grupos nitrogenados; el tercero, la *Subsubclase 1.6.1*, se refiere a que transfiere grupo amino (NH₂) y; el cuarto, que es un número único para cada enzima, indica el nombre su específico, en este caso, la aspartato transaminasa. Por esta razón, una enzima de una clase dada no puede ser nombrada como de otra clase, ni en otro orden.

En el metabolismo, las reacciones se desarrollan de manera acoplada y así aparecen las llamadas **rutas o vías metabólicas**, las cuales pueden ser lineales o cíclicas. Por ejemplo, en la respiración celular se presentan las siguientes vías metabólicas acopladas: Glucólisis, descarboxilación oxidativa, ciclo de Krebs, que contribuyen al proceso final de la fosforilación oxidativa, cada una con un número importante de reacciones, en las que participan varias enzimas.

Fig. 9. Mapa del metabolismo general en el que se observan varias vías o rutas metabólicas lineales y cíclicas. Obsérvese en la parte central del mapa, la vía de la glucólisis, que convierte la glucosa en glucosa-1-P, que al desplazarse hacia la derecha, termina convertida en piruvato. Luego, se produce su acoplamiento con la descarboxilación oxidativa y esta con el ciclo de Krebs. Cada una de estas reacciones está mediada por enzimas, aunque por una cuestión de espacio, no aparezcan en la gráfica.

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d4/Metabolism_890px-es.png/800px-Metabolism_890px-es.png.





III- Demuestra la comprensión del tema completando las siguientes actividades.

1. Construye un mapa conceptual similar al siguiente y especificamos las fases del metabolismo y sus particularidades.



2. Escribe el concepto de:

- ❖ Metabolismo celular.....
-
- ❖ Anabolismo.....
-
- ❖ Catabolismo.....
-

3. Completa el siguiente cuadro referido a las fases del metabolismo.

Fases del metabolismo	Anabolismo	Catabolismo
Otro nombre	Reacciones anabólicas	
Tipo de transformación molecular	Síntesis de sustancias	
Tipo de reacción por la energía		Reacciones exergónicas
Reacción rédox que ocurre		Oxidación
Ecuación del ATP/ADP/P	ATP → ADP + Pi	
Las moléculas iniciales son:	Simples	
Las moléculas finales son:	Complejas	
Ejemplos de procesos metabólicos		Respiración celular



4. Escribimos (F) o (V) según la expresión resulte falsa o verdadera. Justificamos las respuestas falsas.

- () a. El metabolismo es un proceso que la célula realiza para obtener la energía que necesita para sus procesos vitales.....
- () b. El adenosín trifosfato o ATP, químicamente, es una proteína.....
- () c. La moneda de cambio energético de la célula se llama adenosín monofosfato (AMP).....
- () d. La hidrólisis del ATP produce liberación de energía, por lo tanto, es una reacción exergónica.....
- () e. En la oxidación de una sustancia se produce ganancia de electrones e hidrógeno.....
- () f. La importancia biológica del ATP reside en que es una molécula que transfiere átomos para la célula.....
- () g. Las enzimas son importantes para las células por ser capaces de acelerar las reacciones químicas.....

5. Elabora un cuadro de diferencias entre fotosíntesis y respiración celular.

Características diferenciales	Fotosíntesis	Respiración celular
Orgánulos celulares en que ocurren		
Tipo de reacción metabólica		
Ecuación química de resumen		
Sustancias iniciales participantes		
Sustancias finales resultantes		
Principales reacciones químicas relacionadas		



6. Realiza un resumen sobre enzima contestando las siguientes preguntas.

- ❖ Concepto de enzima.....
-
- ❖ Una enzima X posee EC 3.1.4.3.
 - a. ¿Cuál es el nombre de la enzima?.....
 - b. ¿A qué Clase pertenece según la EC (IUB)?.....
 - c. Nombre de la Clase EC.....
 - d. ¿Qué función o actividad cumplen las enzimas de esa Clase?
.....
- ❖ ¿Por qué las enzimas son tan importantes para los seres vivos?
.....

IV- Ante cualquier duda, consultar por los medios disponibles.

BIBLIOGRAFÍA

Solomon, E. P.; Berg, L. R.; Martin, D. W. 2013. Biología. 9ª. ed. México, MX: Mc Graw Hill Interamericana. 1263 p.
 Fernández De Casco, B. 2019. Biología 3º Curso. Asunción, PY: El Lector. 250 p.

RECURSOS DE LA WEB

Para reforzar lo estudiado sobre metabolismo, acceder al siguiente link:

<https://www.youtube.com/watch?v=jTqPG15mLr0>

<https://www.youtube.com/watch?v=IVjadB3kIKg>

Para profundizar lo aprendido acceder al siguiente link:

<https://youtu.be/Cjo0cCn7GP8>



-
- ✓ **Docente responsable del contenido:** Lourdes Celia María Sotelo – CRE Encarnación
 - ✓ **Docente responsable de la edición (revisión corrección y ampliación):** Cecilia Rodríguez Baroffi (FACEN – UNA)
 - ✓ **Docente responsable de la evaluación:** Prof. Lic. Evaluadora Educacional Elvira Isabel Gómez Esteche. Catedrática Colegio Técnico “Prof. Luciano Bordón - Santa Rosa - Misiones
 - ✓ **Docente Responsable de la revisión gramatical:** Prof. Abg. María Elena Cardozo Acosta – BECAL – Colombia 01
 - ✓ **Coordinación General:** Lic. María Cristina Carmona Rojas. Becal – Colombia 01
-