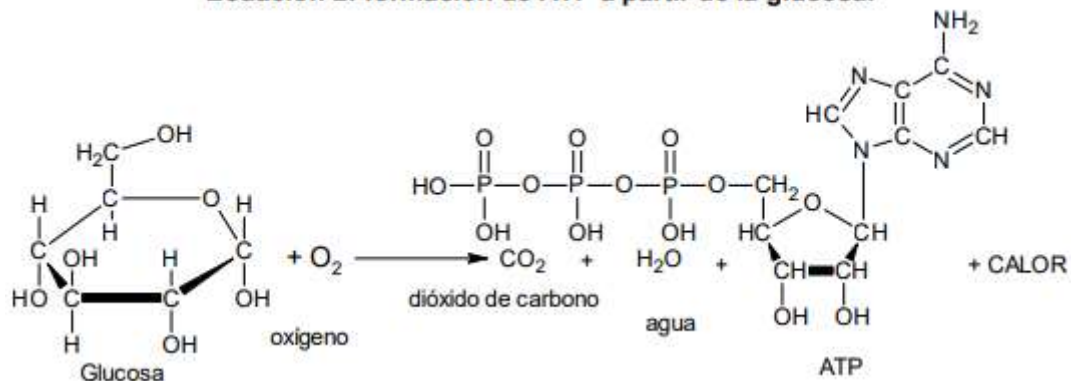


Para entregar el:

PROCESOS CATABOLICOS: LA RESPIRACION

La glucosa es la principal fuente de energía para la célula. Al ingresar, es degradada en una serie de etapas hasta formar dióxido de carbono, agua y liberar energía, que servirá para la formación de ATP. La liberación de la energía sigue una secuencia de pasos que son controlados por distintas enzimas, lo que permite una liberación gradual de la energía. Esta es en parte "empaquetada" en moléculas de ATP, mientras que el resto se disipa como calor. Para resumir este proceso se puede analizar la Ecuación 2:

Ecuación 2: formación de ATP a partir de la glucosa.



En la combustión, la energía se libera de forma explosiva y "desordenada". En la degradación de los nutrientes celulares, la liberación de energía es gradual y permite que esta sea almacenada. Si se compara este proceso con la combustión de un motor de explosión, se llegará a la conclusión de que la célula es bastante eficiente. Cuando se quema nafta en un automóvil, alrededor del 75% de la energía química contenida en el combustible se disipa como calor y el resto se transforma en energía útil. En cambio, en el proceso completo de degradación de la glucosa, el 40% de la energía liberada se transforma en energía utilizable por la célula. En presencia de oxígeno, la degradación de la glucosa se produce en dos etapas principales: A) la glucólisis que ocurre en el citoplasma y B) la respiración celular que ocurre en el interior de la mitocondria. A su vez, la respiración celular incluye dos vías metabólicas: B1) el ciclo de Krebs y B2) la cadena respiratoria. Una reacción en la cual una sustancia transfiere uno o más electrones a otra se llama reacción de oxidorreducción o reacción redox. La ganancia de uno o más electrones por parte de un átomo, ión o molécula se llama reducción. La pérdida de uno o más electrones se llama oxidación. También se consideran reacciones de oxidorreducción a la ganancia o pérdida de átomos de hidrógeno ($H = H^+ + e^-$). Las reacciones de oxidación y las de reducción de este tipo de procesos siempre están acopladas. La glucólisis es un proceso que puede progresar hasta sus productos sin la presencia de oxígeno. Una molécula de glucosa captada por una célula ingresa a la vía glucolítica, que consiste en una serie de reacciones que convierten las moléculas de glucosa de seis carbonos en dos moléculas del compuesto ácido pirúvico de tres carbonos (Ilustración 53). Cada uno de los pasos mencionados es catalizado por enzimas específicas. Estas reacciones están acompañadas por la formación neta de dos moléculas de ATP. Durante la glucólisis se desprenden átomos de hidrógeno que son tomados por una sustancia aceptora de hidrógenos, el NAD. El NAD (nicotinamida adenina dinucleótido) actúa como coenzima aceptora de hidrógenos y se transforma en NADH (NAD reducido). En la degradación de la glucosa a piruvato se forman $2 \text{ NADH} + \text{H}^+$, cuyo destino será estudiado en las próximas etapas.



LA RUTA DEL ACIDO PIRUVICO Y LA CADENA RESPIRATORIA.

En presencia de oxígeno, el ácido pirúvico ingresa a la matriz mitocondrial, donde continúa su degradación. En primer lugar, esta sustancia de tres carbonos se oxida y se transforma en una sustancia de dos carbonos. Los átomos de carbono y de oxígeno se eliminan como dióxido de carbono (Ilustración 54). Recordemos que la glucosa tiene 6 carbonos por lo que una molécula da origen a 2 de Ac. Pirúvico y dos de CO₂. Dos moléculas de dos carbonos que se ha formado se combina con dos coenzima y se forma un compuesto denominado acetil-CoA. También se producen átomos de hidrógeno, que son captados por el NAD, el que se reduce a NADH. A partir de allí comienza un proceso cíclico conocido como ciclo de Krebs. Sigamos el camino de una sola molécula ahora: la molécula de dos carbonos se combina con una sustancia de cuatro carbonos y se forma el ácido cítrico de seis carbonos. Aquí comienza un proceso cíclico que da como resultado la formación de dos moléculas de dióxido de carbono, que se eliminan al exterior; la producción de ATP por liberación de la energía, y la formación de átomos de hidrógeno que son aceptados por el NAD y por otra coenzima: el FAD. En las células eucariotas, el ciclo de Krebs se desarrolla en la matriz mitocondrial, y es un proceso análogo al que se desarrolla en el citoplasma de muchas bacterias que oxidan glucosa. Esta puede considerarse otra evidencia del proceso de endosimbiosis ocurrido hace miles de millones de años, que dio lugar a las células eucariotas. Como resultado final de las dos etapas anteriores (la oxidación del ácido pirúvico y el ciclo de Krebs), la molécula de glucosa se escinde y se forman moléculas de dióxido de carbono. Además, en esta etapa del proceso, la célula ya ha ganado energía porque en las dos etapas se formó ATP. Los átomos de hidrógeno producidos por la oxidación sucesiva de la molécula de glucosa se combinarán finalmente con el oxígeno para formar agua, pero esta combinación no es inmediata ya que se produce luego de finalizada la cadena respiratoria en la ATP sintetasa. Los electrones del hidrógeno son transportados a través de una serie de sustancias: la cadena respiratoria. Esta consiste en el pasaje de los electrones provenientes del NADH y del FADH (las coenzimas aceptoras de hidrógeno) a través de una serie de moléculas hasta el aceptor final, el oxígeno. A medida que se avanza en la cadena, disminuye la energía necesaria para que cada una de estas moléculas acepte un electrón. La cadena respiratoria puede compararse con una pelotita de tenis que cae por una escalera: al descender de un "escalón" al otro, los electrones van pasando de un nivel de energía alto a otro más bajo, hasta que llegan a unirse con el oxígeno que proviene del medio ambiente y difunde hasta la matriz mitocondrial. En este "descenso" a través de la escalera de transportadores de electrones, se libera gran cantidad de energía que sirve para formar nada

menos que 36 moléculas de ATP (Ilustración 55). Los protones del hidrógeno son transportados por una sustancia intermediaria y son cedidos al oxígeno, que se combina además con los electrones que "bajaron" por la cadena y se forma agua. Si bien la glucosa es la principal sustancia utilizada para obtener energía, los lípidos y las proteínas también pueden intervenir en este proceso. Derivados de los ácidos grasos y del glicerol, así como de algunos aminoácidos participan en la respiración celular entrando en este proceso principalmente a nivel del ciclo de Krebs.

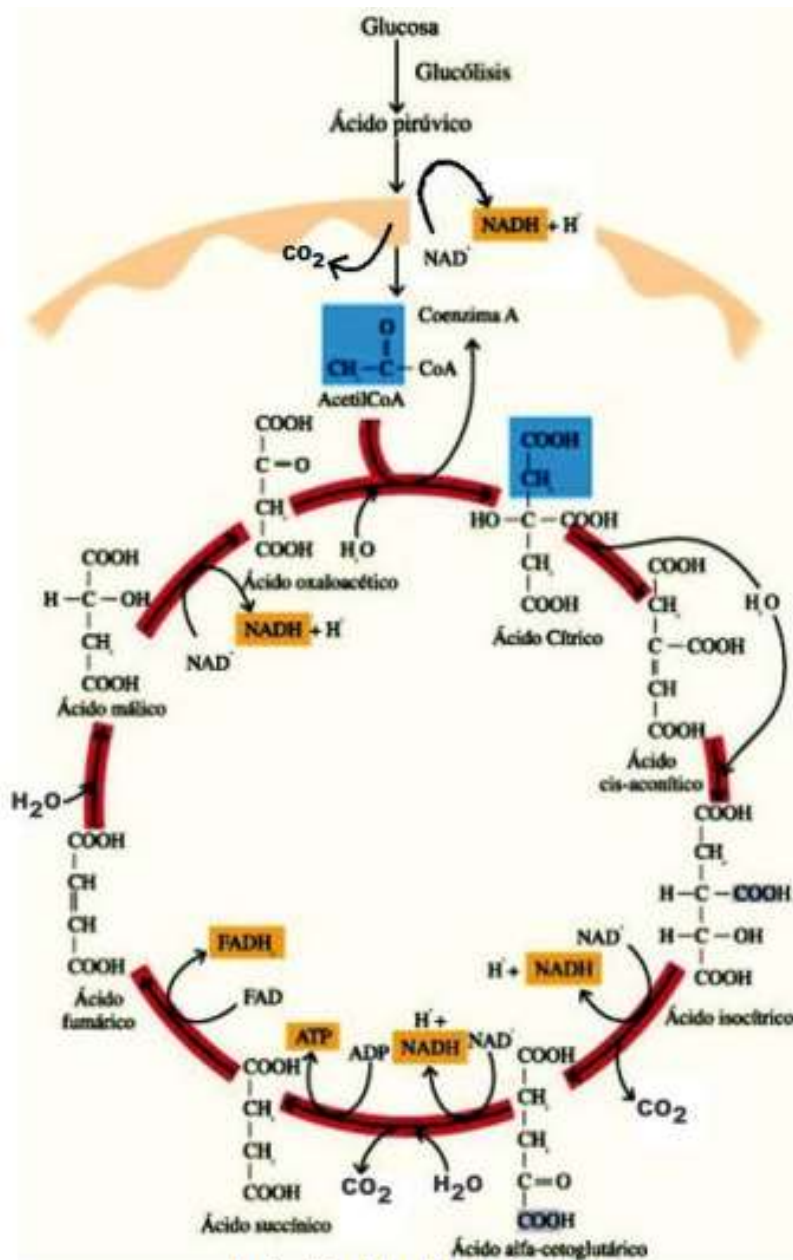


Ilustración 54: ciclo de Krebs.

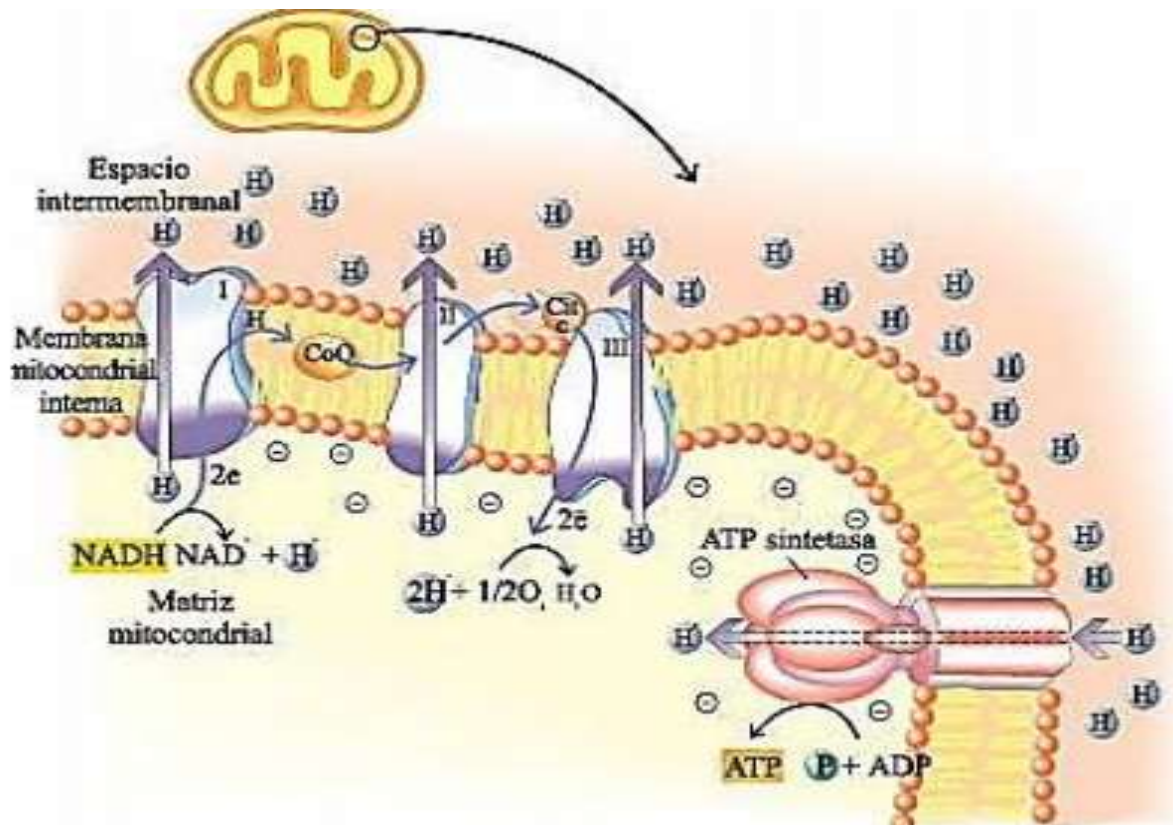


Ilustración 55: cadena respiratoria.

Actividad:

- 1) ¿Cuál es la diferencia entre combustión y degradación?
- 2) ¿Cuáles son las etapas de degradación de la glucosa? Y ¿cuáles las de la respiración?
- 3) Define reacción de oxidoreducción.
- 4) ¿Qué sucede con los electrones y/o protones en una oxidación?
- 5) ¿En qué consiste la glucólisis?
- 6) ¿Qué cantidad de energía en forma de ATP y NADH se obtienen en la glucólisis?
- 7) ¿La Glucólisis puede llevarse a cabo sin oxígeno?
- 8) ¿Qué le pasa al ácido pirúvico al entrar a la matriz mitocondrial?
- 9) ¿Cómo se origina el ac Cítrico en el ciclo de Krebs?
- 10) ¿Cuánta energía produce el ciclo de Krebs en forma de NADH + H, FADH y ATP?
- 11) ¿Cuál es la evidencia que indica la existencia de la endosimbiosis mitocondrial por parte de la célula eucariota?
- 12) ¿Dónde se produce la unión de los hidrógenos y el oxígeno del aire?
- 13) ¿En qué consiste la cadena respiratoria que ocurre en la membrana mitocondrial?
- 14) ¿Qué cantidad de ATP produce la cadena respiratoria y cómo se producen?