

## 1-6 SÍNTESIS EN LOS CLOROPLASTOS.

Las reacciones descritas anteriormente se efectúan en presencia de luz. Las reacciones que se efectúan en los cloroplastos (la segunda fase) requiere de bióxido de carbono y puede realizarse en la oscuridad por lo que se les denomina reacciones oscuras. Dichas reacciones se llevan a cabo con un suministro adecuado de ATP y una fuente de átomos de hidrógeno de elevada energía, con el  $\text{CO}_2$  y los demás factores implicados aquí dan como resultado la formación de una molécula de glucosa, más aún, hay evidencias que a partir de esta molécula y por reacomodo, se fabrican en los cloroplastos otros carbohidratos, aminoácidos y otras moléculas; todo esto al mismo tiempo que se sintetiza la glucosa.

Todos estos conocimientos acerca de la fotosíntesis son el resultado de los experimentos y de las teorías creadas durante los últimos 300 años; y en la actualidad se sabe mucho de los caminos seguidos por el carbono ( $\text{CO}_2$ ) absorbido por la planta. La pregunta de los biólogos acerca de qué era lo que le sucedía a la molécula de bióxido de carbono al ser tomada por los cloroplastos fue contestada más tarde mediante los experimentos con carbono radioactivo 14, descubierto en 1940 el cual puede intervenir en las reacciones de la fotosíntesis de igual manera que el carbono no radioactivo. Así que se ideó un experimento suministrando carbono radioactivo a una sola alga, chlorella y así poder rastrear la molécula  $\text{CO}_2$  radiactiva que permitiera estudiar sus transformaciones químicas. De esta manera se empezó a detectar el camino que seguía el carbono, que con el desarrollo de la técnica de  cromatografía se pudieron analizar los productos fotosintéticos.

## RESPIRACIÓN: MODELO HETERÓTROFO.

### INTRODUCCIÓN.

La respiración es el proceso que junto con la fotosíntesis completan el ciclo del intercambio de gases y producción de energía. En esta unidad veremos el aprovechamiento y producción de energía en los animales.

### OBJETIVOS.

Al término de esta unidad, el alumno será capaz de:

- 1.- Definir enzima y su función química.
- 2.- Explicar la producción de moléculas de ATP y su uso posterior en el organismo.
- 3.- Definir combustión y respiración.
- 4.- Explicar el mecanismo de oxidación que se lleva a cabo durante la respiración.
- 5.- Describir los procesos aerobios y anaerobios comprendidos en la respiración celular.
- 6.- Describir la fermentación como forma de respiración; reconociendo los productos que en ella intervienen.
- 7.- Enumerar los usos de la energía celular en los seres vivos, según su libro de texto.

#### PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

- 1.- Lee cuidadosamente todo el material, poniendo especial atención en los diagramas y reacciones químicas.
- 2.- Contesta las preguntas que se encuentran entre el texto.
- 3.- Apóyate en un compañero o en tu maestro para verificar si comprendes lo que te pide cada objetivo.
- 4.- Todas las dudas resuélvelas con tu maestro.

#### AUTOEVALUACIÓN.

Como autoevaluación contesta las preguntas que tu maestro te entregará.

#### UNIDAD II.

#### RESPIRACIÓN: MODELO HETERÓTROFO.

##### 2-1 MODELO HETERÓTROFO.

A diferencia de las células autótrofas, las células heterótrofas no pueden transformar la energía luminosa en energía química, sino que deben obtener y utilizar las moléculas alimenticias como son los carbohidratos, las grasas y los aminoácidos sintetizados por otras células.

Las células autótrofas y heterótrofas son mutuamente dependientes. Las primeras necesitan del  $\text{CO}_2$  en su actividad sintética y dan oxígeno como subproducto, las heterótrofas necesitan la energía de las moléculas alimenticias que han sido elaborados por las autótrofas, el  $\text{CO}_2$  es un subproducto de las células heterótrofas que se reintegra a la atmósfera para el mantenimiento de las células autótrofas.

##### 2-2 ENZIMAS.

Todas las reacciones metabólicas de las células autótrofas y heterótrofas para la obtención, transformación y aprovechamiento de la energía, se realizan con ayuda de ciertos catalizadores que aceleran o retardan las reacciones químicas. Dichos

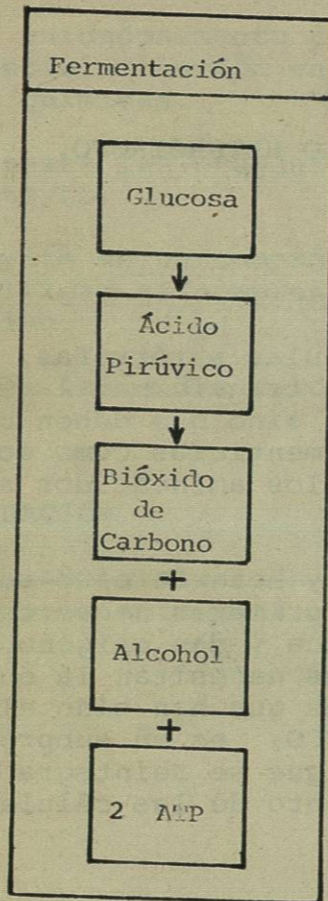


Fig. 1. En la respiración anaerobia se producen 2 moléculas de ATP por cada molécula de glucosa.

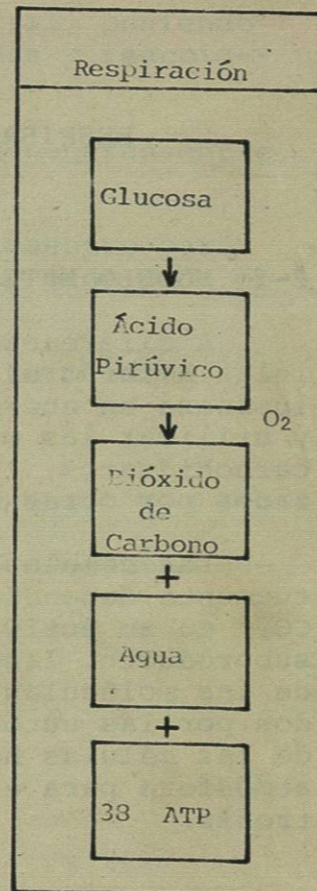


Fig. 2. En la respiración aerobia se producen 38 moléculas de ATP por cada molécula de glucosa.

catalizadores son moléculas de proteína denominadas enzimas, las cuales a menudo están unidas a una parte no proteica.

Los organismos vivos tienen muchas clases de enzimas, las partes no proteínicas de ellas están formadas por minerales como el hierro y por vitaminas como las del complejo B, además las enzimas son específicas, es decir, que cada tipo de enzima actúa en un solo tipo de reacción la cual depende de la estructura molecular y de la forma de la enzima; una enzima y una molécula sobre la cual actúa encaja exactamente como la cerradura y la llave. Por lo tanto, la función de la enzima está determinada por su estructura química.

### 2-3 CENTRALES DE ENERGÍA.

Las células contienen pequeñas estructuras citoplasmáticas denominadas mitocondrias, llamadas a menudo "centrales de energía de la célula", ya que en ellas se llevan a cabo todas las reacciones químicas que conducen al paso de la energía de las moléculas alimenticias al del enlace químico del ATP.

La molécula del ATP está formada por dos compuestos orgánicos unidos a una cadena de 3 grupos. Los compuestos orgánicos son: la ribosa, formada por 5 carbonos, los grupos fosfato contienen un átomo de fósforo y 3 de oxígeno. La mayor parte de la energía del ATP se encuentra en los enlaces de los dos grupos fosfato del extremo; esta energía se utiliza para hacer trabajo celular.

La molécula que acepta el grupo fosfato del ATP gana energía y se activa pudiendo así reaccionar con otras moléculas en la célula; en esta forma la energía del ATP se utiliza para disminuir la

energía de activación necesaria para muchas reacciones químicas importantes para el crecimiento y reproducción de las células.

El ATP es usado y resintetizado continuamente, cuando un ATP libera un grupo fosfato rico en energía, se convierte en "difosfato de adenosina" (ADP) y cuando libera 2 grupos se convierte en monofosfato de adenosina (AMP). Para formar nuevamente una molécula de ATP, el ADP se combina con un grupo fosfato, y el AMP, con dos grupos fosfato.

Los usos de la energía transportada por el ATP son muy diversos. Por ejemplo, en la formación de proteínas implica un gasto de energía en forma de ATP, lo mismo que para transportar sustancias hacia la célula y organizarlas en su interior (transporte activo) para sacar sustancias de desecho fuera de la célula, en la actividad muscular, durante la división celular, etc. En resumen, el ATP es el transportador universal de energía de todas las células vivas; cuando un hombre camina, cuando un pájaro vuela, cuando un capullo se abre, cuando se reproduce un protozoo, se gasta ATP. Las nuevas moléculas de ATP que se forman a partir de ADP y fosfato, se llevan a cabo a través de una serie de reacciones que proporciona energía y son catalizadas por enzimas.

Nombra 6 actividades del hombre que incluyen gasto de energía en forma de ATP.

- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1.- _____ | 4.- _____ |
| 2.- _____ | 5.- _____ |
| 3.- _____ | 6.- _____ |

En caso de no poder contestar, debes leer de nuevo el párrafo anterior.

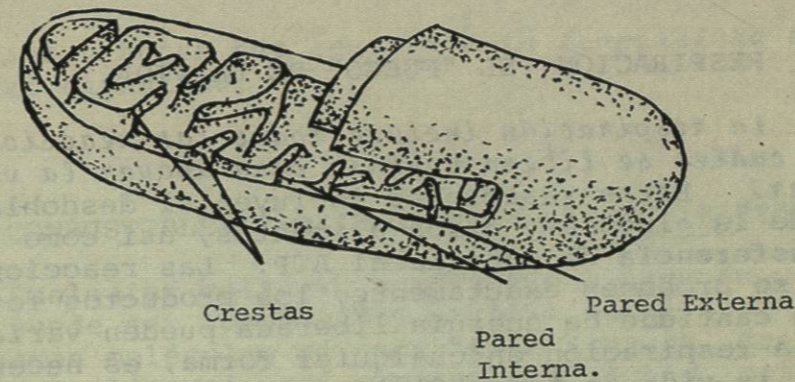


Fig. 4-4 Estructura de una Mitocondria.

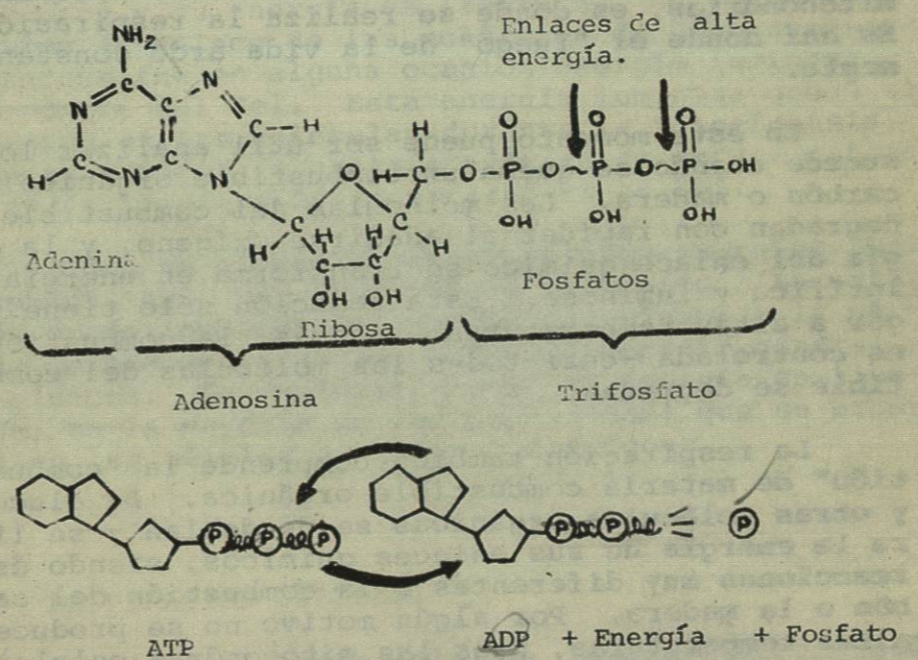


Fig. 3. Fórmula química del trifosfato de adenosina.

#### 2-4 RESPIRACIÓN -EL "FUEGO" DE LA VIDA.

La respiración incluye todas las reacciones en las cuales se libera energía para apoyar la vida celular. Estas reacciones incluyen el desdoblamiento de la glucosa y otros alimentos, así como la transferencia de energía al ATP. Las reacciones que se producen exactamente, los productos formados y la cantidad de energía liberada pueden variar, pero la respiración en cualquier forma, es necesaria para la vida de toda célula.

Al hablar de respiración, tendemos a pensar en la respiración humana; no obstante, esta última es sólo un intercambio de gases entre el cuerpo y la atmósfera. En el cuerpo celular, sobre todo en las mitocondrias, es donde se realiza la respiración. Es ahí donde el "fuego" de la vida arde constantemente.

En este momento puede ser útil analizar lo que sucede cuando se quema un combustible orgánico como carbón o madera. Las moléculas del combustible se degradan con rapidez al añadirse oxígeno, y la energía del enlace químico se transforma en energía calorífica y luminosa. Esta reacción sólo tiene lugar a altas temperaturas. Además, la combustión no es controlada -casi todas las moléculas del combustible se degradan.

La respiración también comprende la "combustión" de materia combustible orgánica. La glucosa y otras moléculas orgánicas se desdoblan y se libera la energía de sus enlaces químicos, siendo éstas reacciones muy diferentes a la combustión del carbón o la madera. Por algún motivo no se producen altas temperaturas, pues las mitocondrias celulares no las tolerarían. Así, la respiración es un proceso controlado que ocurre en pequeños pasos, cada uno de los cuales libera una pequeña cantidad de energía. Las enzimas respiratorias controlan estos

procesos y hacen que ocurran a la temperatura normal del organismo.

#### 2-5 COMBUSTIBLES Y OXIDACIÓN EN LA RESPIRACIÓN.

Cualquier molécula orgánica que haya en una célula puede ser combustible para la respiración. Entre estas moléculas se encuentran glucosa, ácidos grasos y glicerol, así como aminoácidos e incluso vitaminas y enzimas.

La energía química se almacena en los enlaces que mantienen unidos a los átomos en las moléculas y cuando las moléculas se desdoblan, los enlaces se rompen y su energía es liberada. La energía química de enlace de las moléculas de combustibles orgánicos fue en alguna ocasión energía luminosa procedente del Sol. Esta energía luminosa quedó almacenada en las moléculas durante la fotosíntesis, y de este modo, la energía química de enlace liberada en la respiración se originó en el Sol.

¿Cómo se libera exactamente esta energía? La respuesta es: por medio de la oxidación. La oxidación puede implicar la adición de oxígeno o la pérdida de hidrógeno en una molécula, por lo general de glucosa. En cualquier caso, la energía es liberada; en la mayoría de las oxidaciones que se producen en las células se elimina hidrógeno.

#### 2-6 RESPIRACIÓN CELULAR.

En la respiración celular, la glucosa se desdobla en dos etapas principales, la segunda de las cuales requiere oxígeno molecular. Estas etapas abarcan una serie de reacciones y en ambas partici-

pan muchas enzimas respiratorias; sin embargo, se las puede resumir como sigue:

La primera etapa se denomina *anaerobia* puesto que no requiere oxígeno molecular. Esta etapa transcurre fuera de la mitocondria. En esta serie de reacciones se utilizan 12 enzimas, y el principal resultado consiste en que una molécula de glucosa se desdobra en dos moléculas de tres carbonos de ácido pirúvico. Dos moléculas de ATP suministran la energía necesaria para este proceso; sin embargo, se libera suficiente energía al romper la molécula de glucosa y formar cuatro moléculas de ATP. Hay una ganancia real de dos moléculas de ATP. La energía liberada es un 7 por 100 de la energía existente en la molécula de glucosa. El resto de la energía permanece en los enlaces de las moléculas de ácido pirúvico.

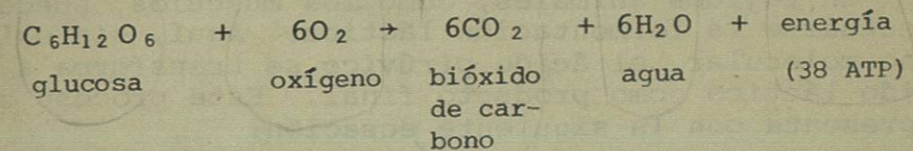
La segunda etapa es la *aerobia* que requiere oxígeno molecular. En esta etapa, se desdobra el ácido pirúvico, se desprenden agua y bióxido de carbono y se libera energía. Esta etapa incluye dos series principales de pasos.

En primer término, dos átomos de hidrógeno y una molécula de bióxido de carbono se desprenden de cada molécula de ácido pirúvico. De ahí resultan dos moléculas de ácido acético; el bióxido de carbono se libera y el ácido acético entra a una mitocondria. Así, cada molécula de ácido acético se une a un ácido de cuatro carbonos ya presente, resultando de ello dos moléculas de seis carbonos de ácido cítrico. A medida que continúa el ciclo, un átomo de carbono se desprende del ácido cítrico, se forman en seguida ácido de cinco carbonos y se desprende bióxido de carbono. En otro paso se desprende un segundo átomo de carbono, con lo cual se obtiene un ácido de cuatro carbonos que se combina con más ácido acético y repite el ciclo. Nuevamente el carbono se une con el oxígeno molecular y se libera como

bióxido de carbono.

Durante el ciclo del ácido cítrico también se libera hidrógeno. En la segunda parte de la etapa *aerobia*, este hidrógeno participa en una serie de reacciones denominadas *transporte de hidrógeno*. Durante estas reacciones, la energía es almacenada en el ATP que se forma a partir de ADP. Por último, los átomos de hidrógeno se combinan con oxígeno y forman agua.

Las etapas de la respiración celular se resumen en la siguiente ecuación: *aerobia*



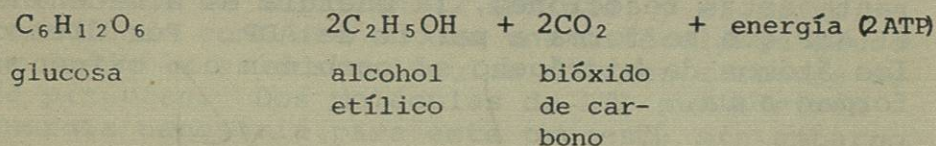
La energía útil almacenada en ambas etapas proviene de 38 moléculas del ATP. Esto representa entre 55 y 60 por 100 del total de la energía de enlace en una molécula de glucosa.

## 2-7 FERMENTACIÓN.

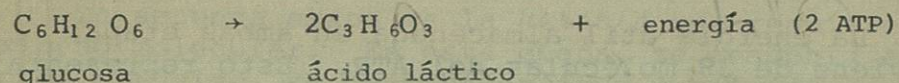
Otra clase de respiración es la *fermentación*. En este proceso, la glucosa también se desdobra por la acción enzimática; sin embargo, en este caso no interviene el oxígeno molecular.

La fermentación principia en gran parte como la respiración celular. La glucosa se divide y forma dos moléculas de ácido pirúvico, liberándose una pequeña cantidad de energía. A partir de ese punto, el ácido pirúvico puede desdoblarse en dos formas distintas.

En las levaduras y algunos otros organismos, una molécula de bióxido de carbono es liberada del ácido pirúvico; a continuación, el producto formado se degrada al producto final, o sea, alcohol etílico. Este proceso, conocido como fermentación alcohólica, puede representarse así:



En tejidos animales, como los músculos, puede efectuarse la fermentación láctica. Aquí, sin oxígeno molecular, el ácido pirúvico se transforma a ácido láctico como producto final. Este proceso se representa con la siguiente ecuación:



Cabe hacer notar que durante la fermentación el ATP almacena y libera mucho menos energía que durante la respiración aerobia. La mayor parte de la energía de la glucosa permanece en los enlaces químicos de los productos finales de la fermentación.

## 2-8 USOS DE LA ENERGÍA CELULAR.

¿Qué sucede con la energía liberada a partir de la glucosa durante la respiración? Una parte se libera en forma de calor, y en los animales de sangre caliente, este calor mantiene constante la temperatura del cuerpo. La energía restante, almacenada en el ATP, puede liberarse para ser utilizada en muchas actividades celulares, para formar al-

midones, grasas y aceites, ácidos nucleicos y proteínas y otras sustancias. También mantiene el transporte activo, la división celular, la contracción muscular y otras actividades.

