



## Tema 5 UNIDAD DIDÁCTICA V: La respiración.

### 1. ÍNDICE:

- 5.1.- CONCEPTO DE RESPIRACIÓN CELULAR.
- 5.2.- SIGNIFICADO BIOLÓGICO DE LA RESPIRACION AEROBIA.
- 5.3.- LOCALIZACIÓN INTRACELULAR DE LOS PROCESOS RESPIRATORIOS.
- 5.4.- DIFERENCIAS ENTRE LAS VIAS AEROBIA Y ANAEROBIA.

### 2. INTRODUCCIÓN GENERAL A LA UNIDAD Y ORIENTACIONES PARA EL ESTUDIO

-En esta unidad se intentará que los alumnos/as conozcan la importancia biológica de la respiración celular en las vías catabólicas de los organismos aerobios (que precisan oxígeno), permitiendo su comparación con las vías catabólicas que funcionarían en ausencia de oxígeno (anaerobias) y la ubicación de cada una de ellas dentro de la célula (orgánulos implicados).

### 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explicar el significado biológico de la respiración celular, indicando las diferencias entre la vía aerobia y la anaeróbica.
- Explicar el significado biológico de las fermentaciones.
- Conocer las fases del catabolismo de la glucosa (glucolisis, ciclo de Krebs) y saber de una manera sencilla qué es lo que sucede en cada fase.
- Conocer el papel que cumple el oxígeno en el catabolismo de la glucosa.
- Conocer la estructura química y el papel biológico del ATP/ADP y del NAD/NADH en el catabolismo de la glucosa.
- Conocer el balance energético en moléculas de ATP de la degradación de la glucosa.
- Saber interpretar y completar esquemas sencillos de la glucolisis del ciclo de Krebs y de la cadena respiratoria y saber encuadrarlos en un esquema de la célula y de la mitocondria.
- Conocer las relaciones entre los elementos estructurales de la mitocondria y la función que se realiza en cada estructura.

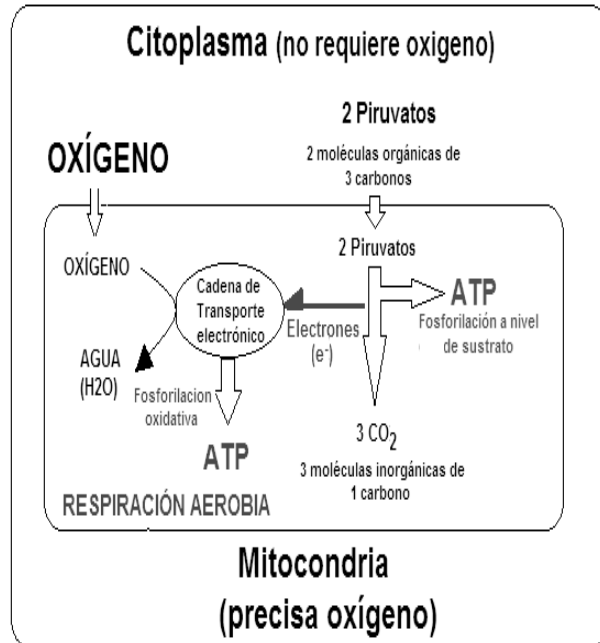
### 4. DESARROLLO DE LOS CONTENIDOS

#### 5.1.- CONCEPTO DE RESPIRACIÓN CELULAR.

- La **respiración celular** es un proceso catabólico que consiste en una oxidación completa de los compuestos orgánicos hasta  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , los electrones generados en este proceso de oxidación se transferirían a través de una serie de compuestos intermediarios de oxido-reducción (cadena de transporte electrónico), hasta el **aceptor final inorgánico**. Además de obtenerse energía química (ATP), acopladas directamente las propias reacciones catabólicas del proceso (fosforilación a nivel de sustrato), el transporte electrónico también estaría acoplado a un sistema para la síntesis de ATP (fosforilación oxidativa).

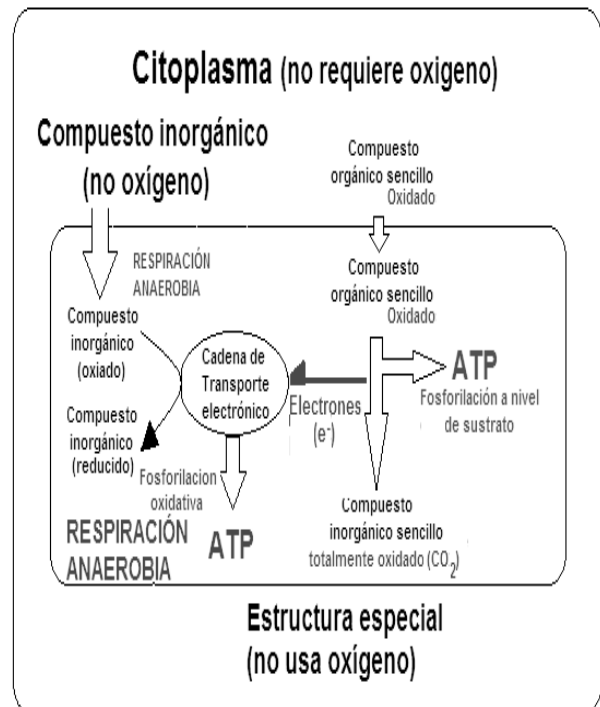
- Existen dos tipos de respiración celular:

a).- **Respiración Aerobia:** se da en **organismos aerobios** (que requieren oxígeno para vivir), y se da a nivel de la mitocondria en células eucariotas. Es un proceso catabólico que consiste en una “**oxidación completa**” de los **compuestos orgánicos hasta CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O**, los electrones generados en este proceso de oxidación se transferirían a través de una serie de compuestos intermediarios de oxido-reducción (cadena de transporte electrónico), hasta el **aceptor final inorgánico de electrones: el oxígeno (O<sub>2</sub>)** (que se reduciría a agua (H<sub>2</sub>O)). El transporte electrónico también estaría acoplado a un sistema para la síntesis de ATP (fosforilación oxidativa).



Célula eucariota o procariota con respiración aerobia

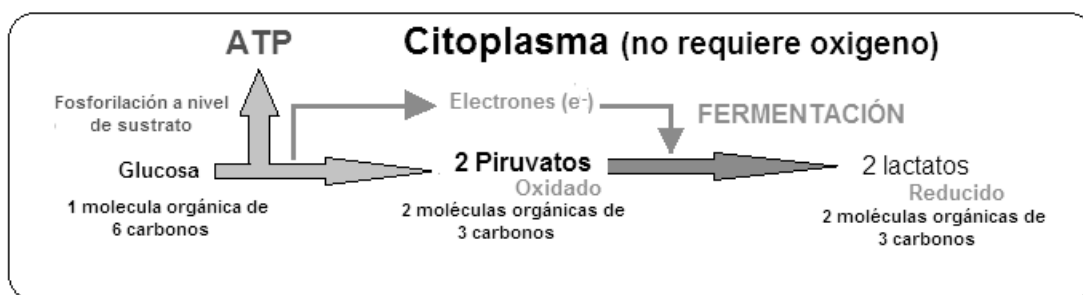
b).- **Respiración Anaerobia:** suele darse en determinados tipos de **microorganismos anaerobios** (bacterias), y lo hace en estructuras de membrana especiales. Es un proceso catabólico que consiste en una “**oxidación completa**” de los **compuestos orgánicos hasta compuestos inorgánicos sencillos**, los electrones generados en este proceso de oxidación se transferirían a través de una serie de compuestos intermediarios de oxido-reducción (cadena de transporte electrónico), hasta el **aceptor final inorgánico de electrones**, solo que ese aceptor es distinto del oxígeno pudiendo ser **iones nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), CO<sub>2</sub> etc.** El transporte electrónico también estaría acoplado a un sistema para la síntesis de ATP (fosforilación oxidativa).



Célula procariota con respiración anaerobia

- La **fermentación**: puede darse en tanto en **organismos aerobios** (eucariotas), como algunos **anaerobios** (bacterias). En las fermentaciones **no intervendría el oxígeno** (anaerobias). Sin embargo, no debe confundirse la respiración celular con la fermentación: la fermentación se da en el **citoplasma** (no requiere estructuras especiales), es también un proceso **catabólico**, pero en el que los **compuestos orgánicos no se oxidarían completamente** (oxidación parcial). Los electrones generados se transferirían hasta un **aceptor final orgánico** (el compuesto orgánico resultante de la oxidación parcial). Además la síntesis de ATP (energía química), se obtendría exclusivamente mediante **fosforilación a nivel de sustrato**.

### Célula eucariota o procariota: fermentación



### 5.2.- SIGNIFICADO BIOLÓGICO DE LA RESPIRACION AEROBIA.

- En términos biológicos la respiración aerobia es un **proceso catabólico cuyo objetivo es la obtención de energía aprovechable por la célula (ATP)**, exactamente igual que las fermentaciones. Sin embargo, la abundancia de oxígeno en nuestra atmósfera es un factor que favorece el utilizarlo como aceptor final de electrones en los procesos oxidativos permitiendo que sean oxidaciones completas de los compuestos orgánicos que rendirían mucha más energía (ATP), que las fermentaciones.

### 5.3.- LOCALIZACIÓN INTRACELULAR DE LOS PROCESOS RESPIRATORIOS.

- En este tema nos ocuparemos solamente de los organismos eucarióticos con respiración aerobia y/o fermentación. Como ya se ha explicado anteriormente en los organismos que realizan respiración celular aerobia (que requiere oxígeno), existen unas estructuras especiales que se encargan de llevarla a cabo: **las mitocondrias**.

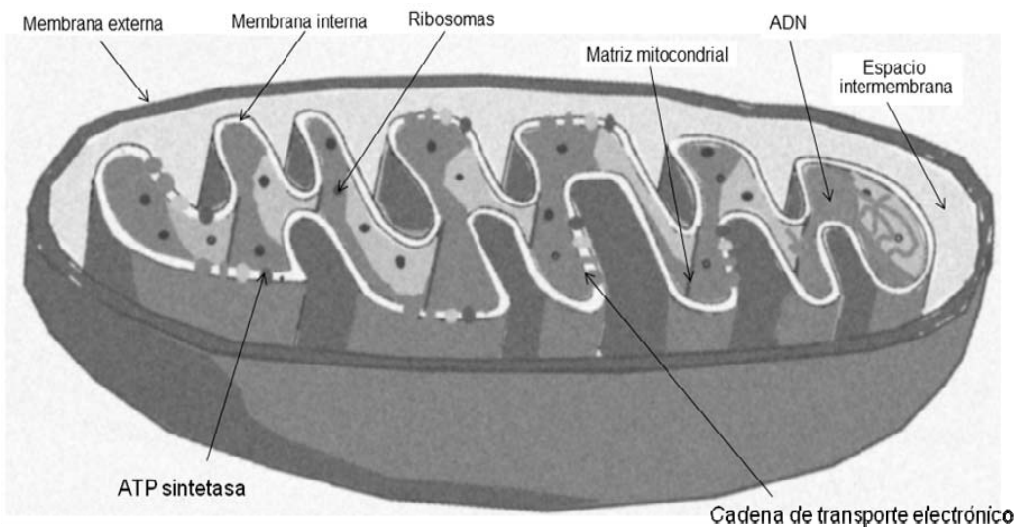
- Todas las rutas metabólicas que requieran oxígeno, como por ejemplo la **respiración aerobia**, formarían parte de la denominada **vía metabólica aerobia** (que veremos posteriormente), **se localizarían dentro de la mitocondria**.

- Por el contrario todas las rutas metabólicas que no requieren oxígeno, como es el caso de las **fermentaciones**, formarían parte de la **vía metabólica anaerobia** (que veremos más adelante), y se localizarían principalmente en el **citoplasma** (o citosol).

### ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA

-Como ya se explicó en la unidad 2, las mitocondrias están constituidas por **dos membranas independientes** (externa e interna) que delimitan dos compartimentos:

- Cámara externa o **espacio intermembrana**.
- Cámara interna o **matriz mitocondrial**.

1) Membrana externa:

- Contiene un 40% de lípidos y un 60% de proteínas.
- Muchas de las proteínas son enzimáticas (transferasas) y otras son proteínas canal que confieren una gran permeabilidad a los electrolitos, al agua y otras moléculas de pequeño tamaño.
- Entre otros componentes, posee enzimas que intervienen en el metabolismo lipídico.
- Entre esta membrana y la interna se halla el espacio intermembrana.

2) Membrana interna:

- Se encuentra replegada hacia el interior formando las llamadas crestas mitocondriales.
- Posee sólo un 20% de lípidos, sin colesterol, y, por ello tiene una gran fluidez.
- Entre el 80% de proteínas se encuentran las enzimas de la cadena respiratoria necesarias para realizar la respiración aerobia.
- Delimita la cámara interna o matriz mitocondrial.

-Las *crestas mitocondriales* además de contener los componentes de la cadena de transporte electrónico también poseen las llamadas **partículas ATP sintetasa** cuya función es acoplar la unión entre fosforilación y oxidación.

## 5.4.- DIFERENCIAS ENTRE LAS VIAS AEROBIA Y ANAEROBIA.

- En los organismos que llevan a cabo la respiración celular aerobia, como ya se ha apuntado en el apartado anterior, existen dos grandes vías catabólicas bien diferenciadas dependiendo de la necesidad de oxígeno, pero que además están interconectadas entre sí:

-La vía anaerobia: incluye todas aquellas rutas metabólicas (catabólicas), que **no precisan oxígeno** para realizarse. En esta vía los compuestos orgánicos como los azúcares (glucosa), son **oxidados solo parcialmente hasta compuestos orgánicos más sencillos**: caso de la **Glucólisis**. Todas las rutas de esta vía **se localizan principalmente en el citoplasma o citosol**. En esta vía se incluirían las **fermentaciones**. En esta vía **el ATP se obtendría exclusivamente mediante fosforilación a nivel de sustrato**.

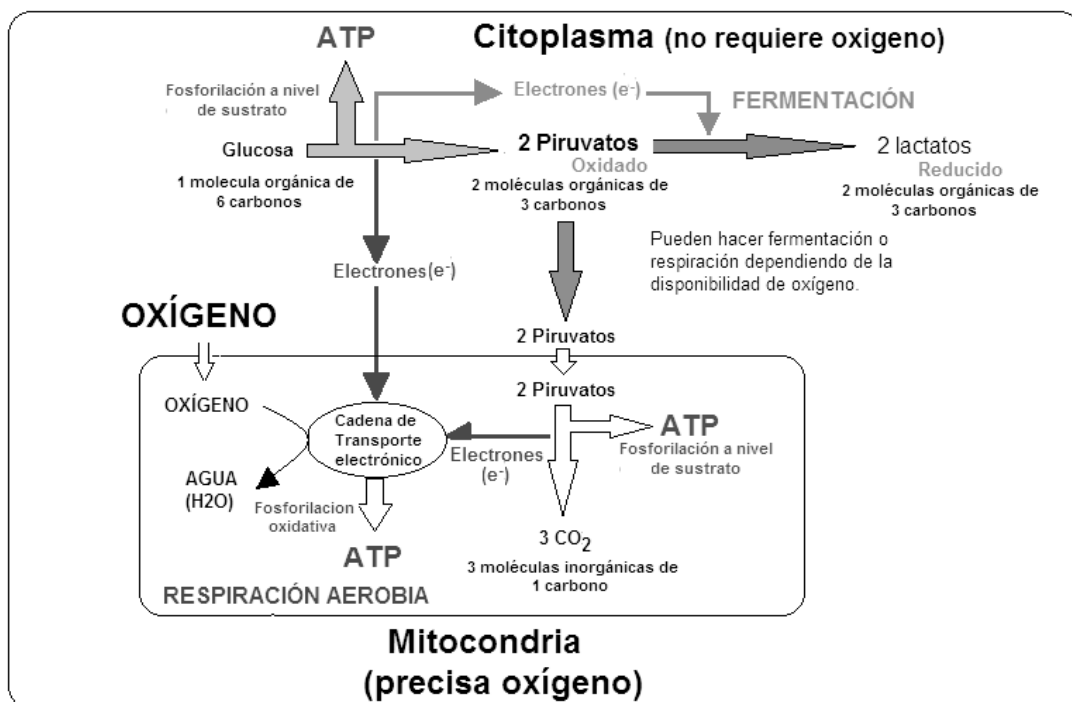
-La **vía aerobia**: incluye todas aquellas rutas metabólicas (catabólicas), que **sí precisan oxígeno** para realizarse. En esta vía, los compuestos orgánicos sencillos que se han producido durante la vía anaerobia (productos de la glucólisis, ácidos grasos, aminoácidos, ácidos nucleicos), **resultarían oxidados totalmente hasta CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O**: mediante el **ciclo de krebs**. Todas las rutas de esta vía (ciclo de Krebs, β-oxidación de ácidos grasos, etc.), **se localizan principalmente en la mitocondria**. Los **electrones liberados** por las reacciones de oxidación de esta vía se pasarían a una **cadena de transporte electrónico mitocondrial** cuyo **aceptor final sería el oxígeno** (a esto le llamamos respiración aerobia), acoplada a un sistema para la **síntesis de ATP por fosforilación oxidativa**.

- **Ambas vías están relacionadas entre sí**. Los productos de la vía catabólica anaerobia suelen ser los sustratos de la vía catabólica aerobia, de modo que un determinado compuesto orgánico (por ejemplo la glucosa), es oxidado en el citosol por vía anaerobia (glucólisis), hasta un compuesto orgánico sencillo (piruvato). El compuesto orgánico sencillo puede seguir dos posibles rutas dependiendo de la existencia o no de oxígeno:

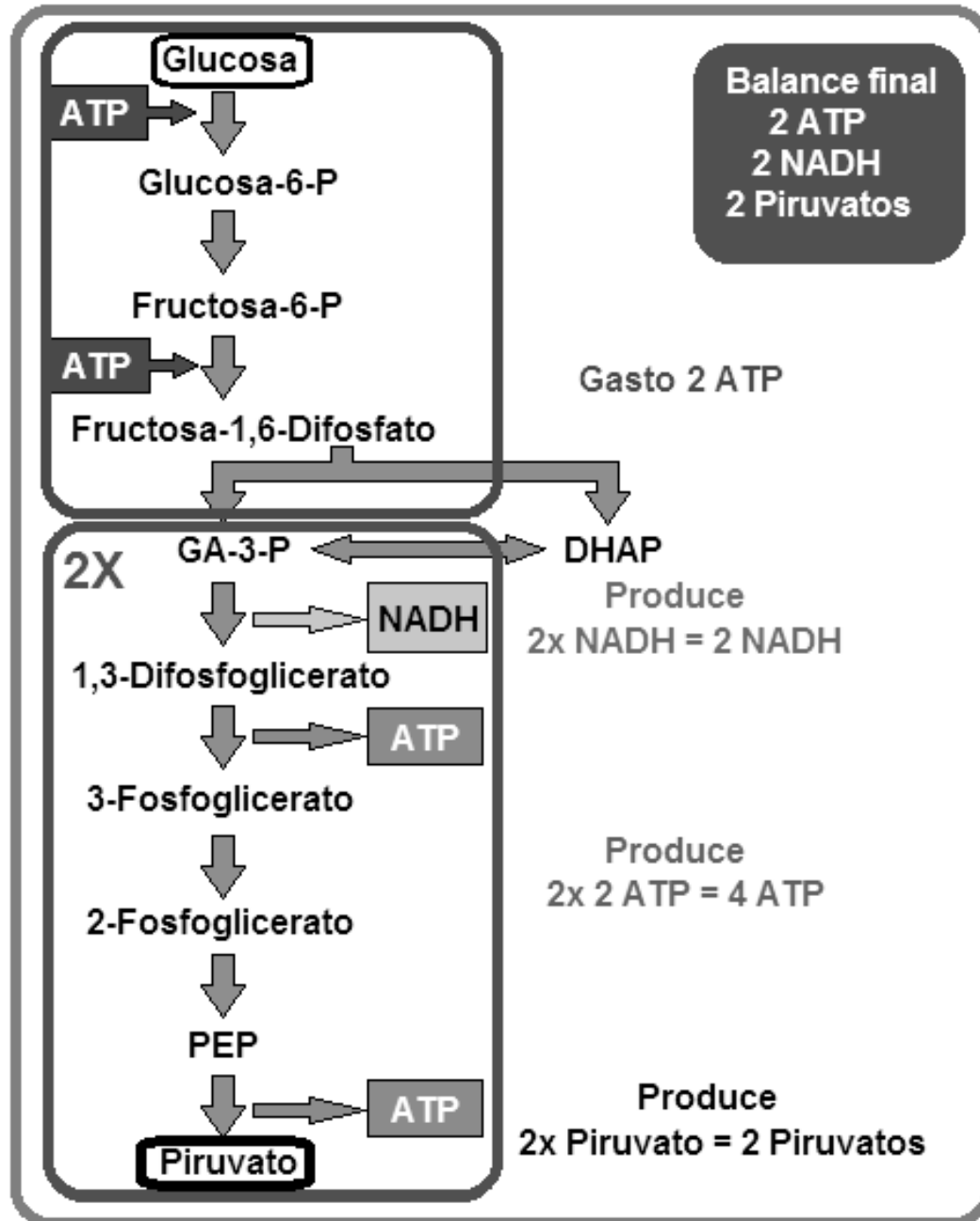
- **Ruta Fermentativa**: es parte de la **vía anaerobia**. Se produce cuando no hay bastante oxígeno (condiciones anaerobias), y lo hace en el citoplasma. Esta ruta acaba dando lugar a un producto orgánico sencillo y solo parcialmente oxidado (por ejemplo: lactato en la fermentación láctica). Esta ruta es rápida, pero rinde poca energía.

- **Ruta oxidativa aerobia**: es parte de la **vía aerobia**. Se produce cuando hay suficiente oxígeno (condiciones aerobias), y lo hace dentro de la mitocondria. En esta ruta el piruvato se oxida totalmente hasta un producto inorgánico CO<sub>2</sub>. Esta ruta es más lenta, pero rinde mucha más energía.

## Célula eucariota o procarionta: respiración aerobia y/o fermentación



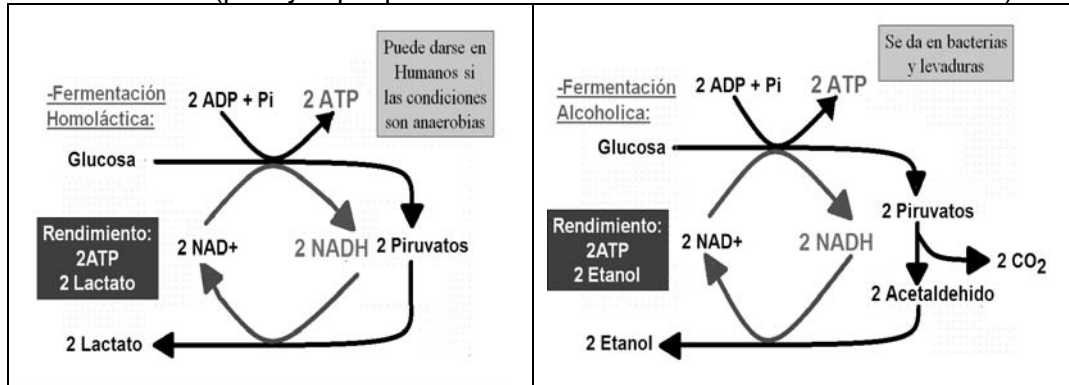
## 5.4.1. Vía Anaerobia: la Glucólisis.



-Tiene lugar en el citoplasma de las células. A partir de **una molécula de glucosa se forman dos de piruvato** (ácido pirúvico), mediante una serie de reacciones en las que se gastan 2 ATP y se producen 4 ATP, dando como resultado la **producción neta de 2 ATP**. Además al ser una ruta oxidativa, los electrones liberados van a parar a unas moléculas de nucleótido (NAD), produciéndose **2 NADH**. Cada reacción está catalizada por una enzima específica.

- Tras la formación de las dos moléculas de piruvato, como ya hemos indicado en el punto anterior, la degradación **puede seguir dos posibles rutas metabólicas dependiendo de las condiciones de aerobiosis o anaerobiosis** (nivel de oxígeno):

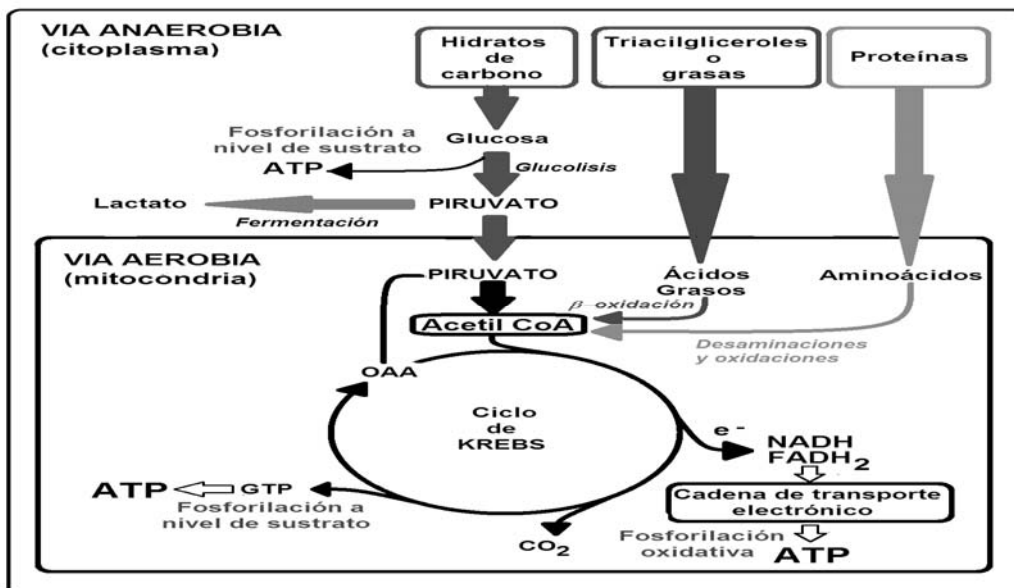
- En **organismos anaerobios o aerobios en condiciones anaerobiosis** (bajo nivel de oxígeno), la ruta preferente sería también de la **vía anaerobia**, la **ruta Fermentativa** (por ejemplo producción de lactato en la fermentación láctica).



- En **organismos aerobios y en condiciones aerobias** (presencia de suficiente oxígeno), la ruta preferente sería de la **vía aerobia** (oxidativa aerobia mitocondrial), que la estudiaremos a fondo en el punto siguiente.

### 5.4.2. Vía Aerobia:

- Tiene lugar en las **mitocondrias de eucariotas**, y en estructuras especiales de procariontas.
- La **energía (ATP)**, se obtiene mayoritariamente **transporte electrónico y fosforilación oxidativa**, y **requiere oxígeno** (cuyo mecanismo explicaremos más adelante), aunque también puede obtenerse GTP por fosforilación a nivel de sustrato.
- Se realiza en **tres fases**: Obtención de Acetil CoA, Ciclo de Krebs y Transporte electrónico.



**5.4.2.1.- Obtención de Acetil CoA:**

- La acetil-CoA tiene un papel fundamental en el metabolismo por dos razones:
  - a).- Se origina en la degradación de las diferentes biomoléculas orgánicas.
  - b).- Actúa como precursor de varias rutas biosintéticas.
- Puede obtenerse por varias vías:

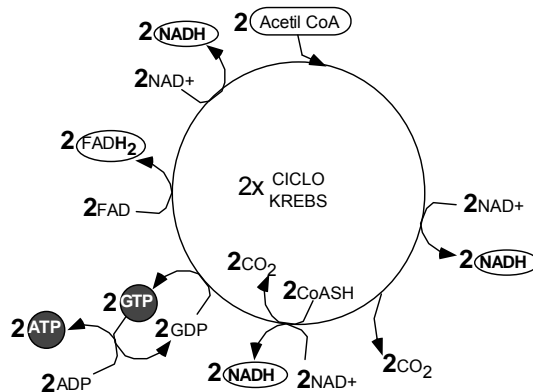
**-Mediante oxidación del Piruvato** procedente de la Glucólisis (vía anaerobia):

-El ácido pirúvico, mediante el complejo enzimático piruvato-deshidrogenasa, el NAD y la CoA (transportador energético), se descarboxila y origina Acetil-CoA, y una molécula portadora de electrones y protones (poder reductor: NADH).

-Esta reacción se inhibe cuando la cantidad de ATP en la célula es alta. Esto ocurre porque su función es proporcionar combustible al ciclo de Krebs para obtener energía.

**-De la Beta-oxidación de los ácidos grasos:** es un proceso que se lleva a cabo en la matriz mitocondrial, mediante una serie de enzimas y genera Acetil CoA para el ciclo de Krebs.

**-Del catabolismo de aminoácidos:** de los 20 aminoácidos proteicos solo algunos de ellos son capaces de dar lugar a síntesis de Acetil CoA.

**5.4.2.2.- El ciclo de Krebs:** (Ciclo del ácido cítrico o de los ácidos tricarbónicos)

- Es la vía común en todas las células aerobias para la oxidación completa de los glúcidos, grasas y proteínas.

- También puede ser el punto de partida de algunas reacciones de biosíntesis (anabólicas).

- Se lleva a cabo en la matriz de la mitocondria. En él se degradan los restos acetilo del Acetil CoA, se **forma CO<sub>2</sub>**, moléculas portadoras de electrones y protones (poder reductor (**NADH y FADH<sub>2</sub>**)), y se obtiene energía por fosforilación a nivel de sustrato (**GTP**).

**5.4.2.3.- Transporte electrónico y fosforilación oxidativa:**

- Transporte de electrones y protones desde las moléculas con poder reductor (**NADH y FADH<sub>2</sub>**), hasta el **O<sub>2</sub>** (aceptor final de los electrones). Este flujo de electrones y protones va **acoplado a la fosforilación del ADP a ATP** (fosforilación oxidativa).

- Son un conjunto de reacciones redox encadenadas en serie. Estas reacciones están catalizadas por determinados complejos enzimáticos que hacen posible el flujo de electrones y protones de unos transportadores a otros hasta alcanzar el **O<sub>2</sub>**



- En mitocondrias, la **cadena de transporte electrónico se localiza en la membrana interna mitocondrial** y consta de **4 complejos enzimáticos** y **dos transportadores independientes**:

**a.- El COMPLEJO I ó NADH-CoQ reductasa:** es una de las posibles vías de entrada de electrones a la cadena. Toma los electrones procedentes del NADH (poder reductor), y los transfiere al Coenzima Q, que es un transportador móvil de la membrana interna. Al mismo tiempo este complejo es capaz de bombear protones al espacio intermembrana.

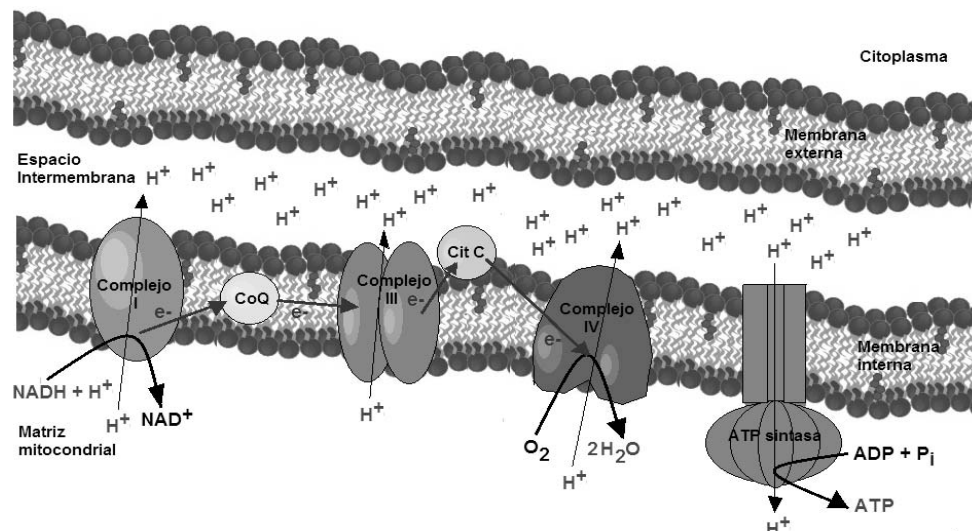
**b.- El COMPLEJO II ó Succinato deshidrogenasa:** es un enzima del ciclo de Krebs asociado a membrana interna mitocondrial. Lleva como coenzima el FAD, y representa la entrada de los electrones del FADH<sub>2</sub> (podre reductor), producido en Krebs, a la cadena de Te<sup>-</sup>.

**c.- Coenzima Q:** es un transportador electrónico capaz de moverse en la membrana y actuar de puente entre los complejos I ó II y el Complejo III.

**d.- COMPLEJO III ó Citocromo reductasa:** este complejo, toma los electrones del Coenzima Q y los transfiere al Citocromo C. Además este complejo es capaz de bombear protones al espacio intermembrana.

**e.- Citocromo C:** es un transportador que sin ser móvil está accesible tanto al complejo III como al IV. Capta un electrón, cada vez, del complejo III y lo transfiere al complejo IV.

**f.- COMPLEJO IV ó Citocromo Oxidasa:** transfieren 1e<sup>-</sup> cada vez entre el Citocromo C y el Oxígeno (O<sub>2</sub>) (aceptor final). Este complejo es capaz de bombear protones al espacio intermembrana.



-Los protones bombeados al espacio intermembrana alcanzan una alta concentración dentro del mismo (gradiente). La salida de dichos protones hacia la matriz mitocondrial a través de la **ATP sintasa** (complejo V), liberaría energía suficiente para sintetizar ATP (**fosforilación oxidativa**).

-En general, la cadena de transporte electrónico mitocondrial podría producir por fosforilación oxidativa:

- Por cada **NADH<sub>2</sub>** unos **3 ATP**.
- Por cada **FADH<sub>2</sub>** unos **2 ATP**.

### 5.4.3. Rendimiento energético de la glucosa:

#### - Balance de la oxidación de glucosa en condiciones aerobias (vía aerobia):

- Esta ruta produciría más energía en forma de ATP (ver rendimiento más abajo), por cada molécula de glucosa gastada. Sin embargo, debido a la complejidad del proceso de fosforilación oxidativa en la mitocondria (obtención de ATP), esta energía se obtendría muy lentamente, si bien, la glucosa también se gastaría más lentamente. Esto significa que esta forma de obtener energía sería más útil para situaciones que requirieran cantidades mayores de energía pero suministradas lentamente en el tiempo (por ejemplo: esfuerzo muscular de fondo (una carrera de maratón)).

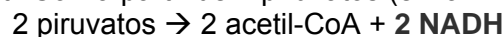
-El balance neto de la degradación de la glucosa, en condiciones aerobias,

:

1) Glucólisis (vía anaerobia hasta 2 piruvatos en el citoplasma):



2) Obtención de 2 Acetil CoA a partir de 2 piruvatos (en la mitocondria):

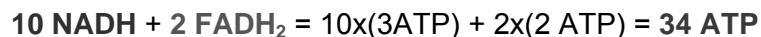


3) Ciclo de Krebs (mitocondrial): se harían 2 ciclos de Krebs (uno por cada Acetil CoA)



Los 2 GTP producirían 2 ATP

4) Fosforilación oxidativa (cadena de transporte e- mitocondrial ): asumiendo que todos los NADH y FADH<sub>2</sub> obtenidos en los pasos anteriores ceden sus electrones a la cadena de transporte electrónico, el rendimiento obtenido por fosforilación oxidativa (asumiendo 3 ATP por NADH y 2 ATP por FADH<sub>2</sub>), sería:



Si sumamos los 2 ATP de la glucólisis + los 2 ATP de los 2 GTP, el balance final sería:

<b>En definitiva, 38 ATP.</b>
-------------------------------

#### - Balance de la oxidación de glucosa en condiciones anaerobias (vía anaerobia):

-En condiciones anaerobias (fermentaciones) el balance neto de la degradación de la glucosa en el citoplasma **produce solo 2 ATP**

- Esta ruta **gastaría rápidamente glucosa produciendo 2 ATP cada vez**. La ventaja es que **permitiría obtener energía con mucha velocidad (aun a costa de gastar mucha glucosa en poco tiempo)**, siendo ideal para situaciones que requieren energía rápidamente (por ejemplo ejercicio muscular muy intenso y rápido (carreras rápidas)).



## 5. RESUMEN

### 5.1.- CONCEPTO DE RESPIRACIÓN CELULAR.

-Respiración celular:

a).- Respiración Aerobia.

b).- Respiración Anaerobia.

-Fermentación

### 5.2.- SIGNIFICADO BIOLÓGICO DE LA RESPIRACION AEROBIA.

### 5.3.- LOCALIZACIÓN INTRACELULAR DE LOS PROCESOS RESPIRATORIOS.

### 5.4.- DIFERENCIAS ENTRE LAS VIAS AEROBIA Y ANAEROBIA.

5.4.3.1. *Vía Anaerobia: la Glucólisis.*

5.4.2. *Vía Aerobia:*

5.4.2.1.- Obtención de Acetil CoA:

-Mediante oxidación del Piruvato.

-De la Beta-oxidación de los ácidos grasos.

-Del catabolismo de aminoácidos.

5.4.2.2.- El ciclo de Krebs: (Ciclo del ácido cítrico o de los ácidos tricarboxílicos)

5.4.2.3.- Transporte electrónico y fosforilación oxidativa:

a.- El COMPLEJO I ó NADH-CoQ reductasa:

b.- El COMPLEJO II ó Succinato deshidrogenasa

c.- Coenzima Q.

d.- COMPLEJO III ó Citocromo reductasa:

e.- Citocromo C:

f.- COMPLEJO IV ó Citocromo Oxidasa:

5.4.3. *Rendimiento energético de la glucosa:*

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Biología / 2º Bachillerato  
ISBN: 978-84-675-3471-9

Editorial: J. Alcami (y otros)  
SM

BIOLOGÍA: Ed. Bruño (2009). ISBN:  
978-84-216-6443-8

Editorial: Panadero Cuartero (y otros)  
Bruño, S,L.

Biología 2º Bto.  
ISBN: 978-84-982-6473-9

Editorial: Varios Autores  
ECIR

Biología  
ISBN: 978-84-977-1545-4

Editorial: Juan Manuel Velasco (y otros)  
EDITEX

Biología / 2º Bachillerato  
Método @pruebas  
ISBN: 978-84-481-6708-0

Editorial: Fernandez (y otros autores)  
McGraw-Hill

- Cualquiera de los libros recomendados actualmente en los institutos para la asignatura de Biología de 2º de Bachiller.

## 7. ACTIVIDADES

- Explicaciones de aula.
- Discusiones y debates.
- Planteamiento de trabajos en la biblioteca, buscando información (en libros, revistas, periódicos...) sobre los diversos temas.
- Consultar ciertas webs especializadas de Biología.
- Ayuda mediante el correo electrónico.

## 8. GLOSARIO

**-Respiración celular:** es un proceso catabólico que consiste en una oxidación completa de los compuestos orgánicos hasta  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , los electrones generados en este proceso de oxidación se transferirían a través de una serie de compuestos intermediarios de oxido-reducción (cadena de transporte electrónico), hasta el *aceptor final inorgánico*.

**-Respiración Aerobia:** es aquella en la cual el aceptor final de electrones es el oxígeno ( $\text{O}_2$ ) que se reduce a agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Se da en organismos aerobios y se localiza normalmente a nivel de la mitocondria.

**-Respiración Anaerobia:** es aquella en la cual el aceptor final de electrones es un compuesto inorgánico distinto del oxígeno, como iones nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) o  $\text{CO}_2$ . Suele darse en determinados tipos de microorganismos.

**-Fermentación:** es un proceso catabólico en el que los compuestos orgánicos no se oxidan completamente y en la que los electrones generados en el proceso se transferirían hasta un *aceptor final orgánico*.

**-Vía Anaerobia:** es una vía catabólica que no precisa oxígeno y en la que los compuestos orgánicos como los azúcares (glucosa), son oxidados hasta compuestos orgánicos más pequeños: caso de la *Glucólisis*.

**-Vía Aerobia:** que sí precisa oxígeno y en la que ciertos compuestos orgánicos (productos de la glucólisis, ácidos grasos, aminoácidos, ácidos nucleicos), resultarían oxidados totalmente hasta  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  (*Ciclo de Krebs*), cediendo los electrones a una *cadena de transporte electrónico*, cuyo aceptor final sería el oxígeno.

**-Acetil CoA:** es una molécula orgánica que tiene un papel fundamental en el metabolismo por dos razones. Suele obtenerse en el catabolismo de la mayoría de las biomoléculas orgánicas (azúcares, lípidos y proteínas), y actúa como precursor de varias rutas biosintéticas.

**-Ciclo de Krebs:** es la vía común en todas las células aerobias para la oxidación completa de los glúcidos, grasas y proteínas.

## 9. EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN

- Durante el desarrollo de la clase el profesor interrogará frecuentemente a los alumnos con la finalidad de evaluar los conocimientos adquiridos y su propia labor con la finalidad de detectar los errores en el aprendizaje y en la enseñanza.

## 10. SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN