



Tema 1. Biología Molecular

1.8 Respiración celular



Germán Tenorio
Biología NM-Diploma BI



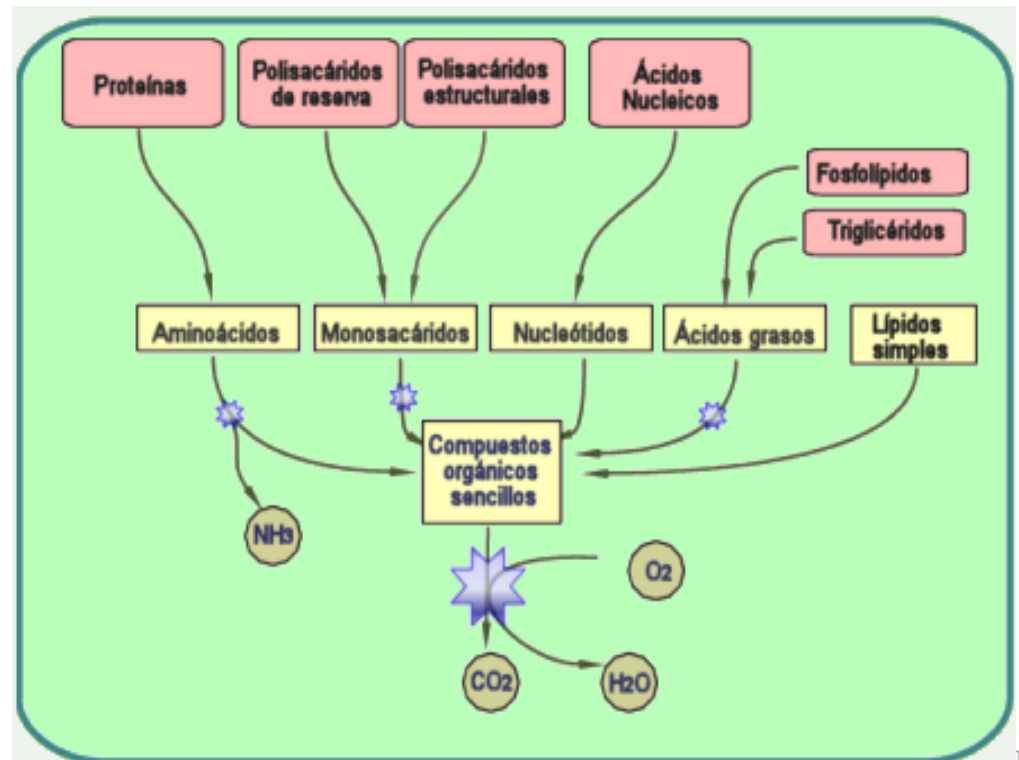
Idea Fundamental:
La respiración celular
suministra energía para
las funciones vitales.

XXXXXXXXXX



Catabolismo

- El catabolismo es el conjunto de reacciones metabólicas cuya **finalidad** consiste en **proporcionar a la célula** los siguientes recursos:
 - **Precusores metabólicos.** Se trata de moléculas orgánicas a partir de la cuales se lleva a cabo la biosíntesis de los compuestos celulares.
 - **Energía** en forma de **ATP**.
 - **Poder reductor** acumulado en forma de dos nucleótidos en su forma reducida (**NADH y NADPH**). El poder reductor se define como la capacidad para ceder electrones.
- Para obtener estos recursos, la célula debe tomar de su entorno nutrientes y energía, y someterlos a una serie de transformaciones, que constituyen las reacciones catabólicas.



XXXXXXXXXX



Tipos de catabolismo

- **Respiración celular:** tipo de **catabolismo**, consistente en la liberación controlada de energía de los compuestos orgánicos para producir ATP. Puede ser a su vez de dos tipos:

- Respiración celular aerobia. Conjunto de reacciones que dan como productos finales CO_2 y H_2O , debido a que se utiliza el oxígeno como aceptor para recoger los H liberados de las oxidaciones y reducirse formando agua. La realizan todas las **células eucariotas y algunas procariotas**.

- Respiración celular anaerobia. Conjunto de reacciones que dan como productos finales moléculas orgánicas (aceptores de los H de las oxidaciones en lugar del O_2), que no llegan a descomponerse totalmente, por lo que liberan poca energía. La realizan principalmente **células procariotas**, pero también **algunas eucariotas como las levaduras y algunas células animales** (musculares) cuando no disponen de suficiente oxígeno.

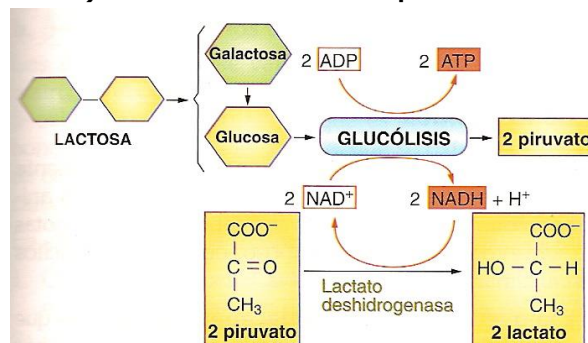


Fig. 54. Fermentación láctica.

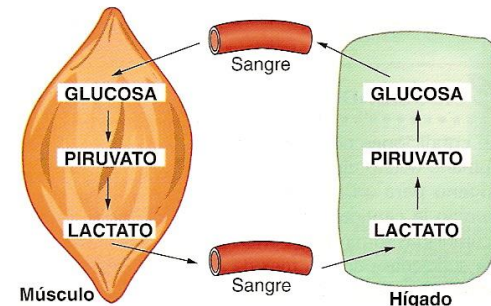
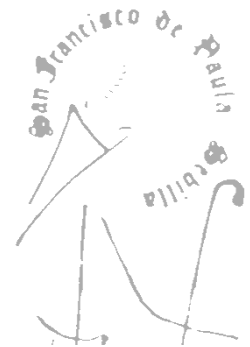


Fig. 55. Esquema del ciclo de la glucosa y el lactato entre el músculo y el hígado.



ATP

- La células necesitan energía para tres tipos principales de actividades:
 - **Biosíntesis de macromoléculas**, como por ejemplo la síntesis de polímeros de nucleótidos o de aminoácidos.
 - **Procesos de transporte activo** para el bombeo de moléculas, como iones, a través de membrana en contra de gradiente de concentración.
 - **Movimiento intracelular**, como el desplazamiento de los cromosomas, de vesículas o de las fibras de actina y miosina para la contracción muscular.

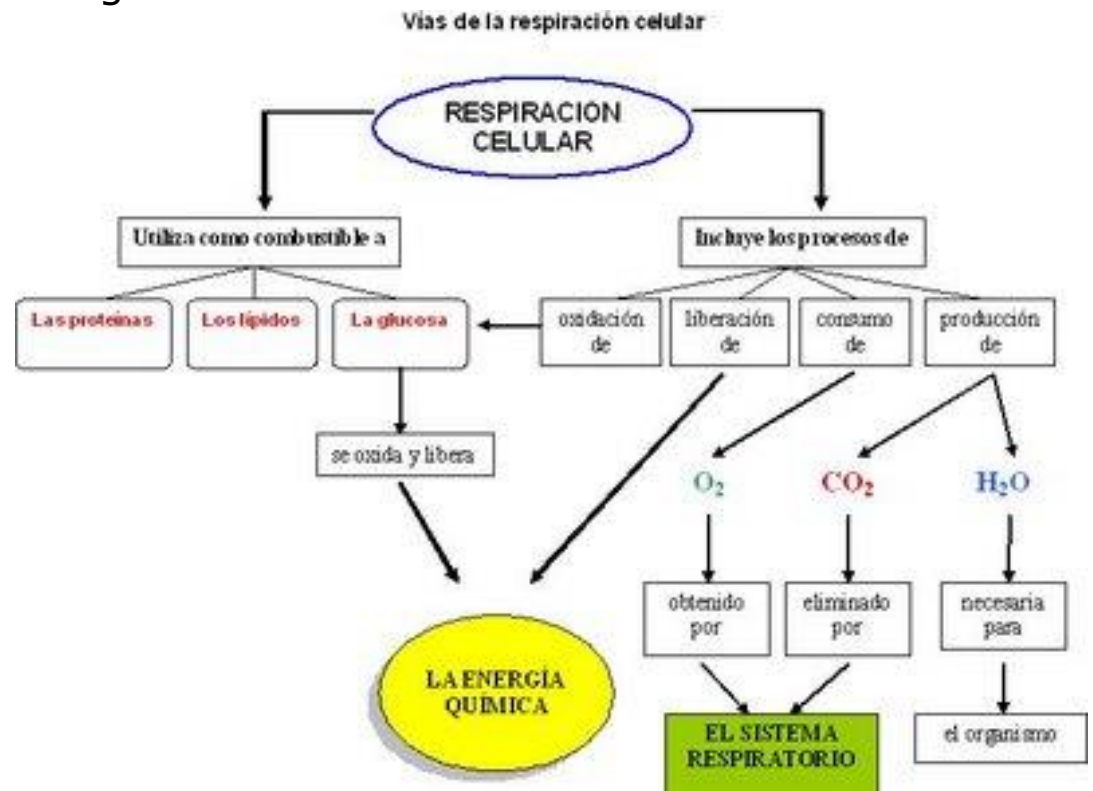


- La energía necesaria para estos procesos la aporta el **ATP, obtenido de la respiración celular y que está disponible de forma inmediata como una fuente de energía en la célula.**
- El ATP se obtiene por fosforilación del ADP (unión de un tercer P_i) en los procesos catabólicos, como la respiración celular, y se consume en los anabólicos.



Respiración celular aerobia

- Catabolismo total de cualquier forma de materia orgánica que se oxida hasta dar CO_2 , liberando energía e hidrógenos, los cuales son aceptados por el oxígeno, que se reduce hasta agua.
- Las células utilizan como sustrato respiratorio preferentemente los glúcidos y los lípidos, las moléculas energéticas por excelencia. Es por esto que se identifique el **catabolismo total de los glúcidos** en presencia de oxígeno como la respiración aerobia, aunque sea sólo una parte principal del total.

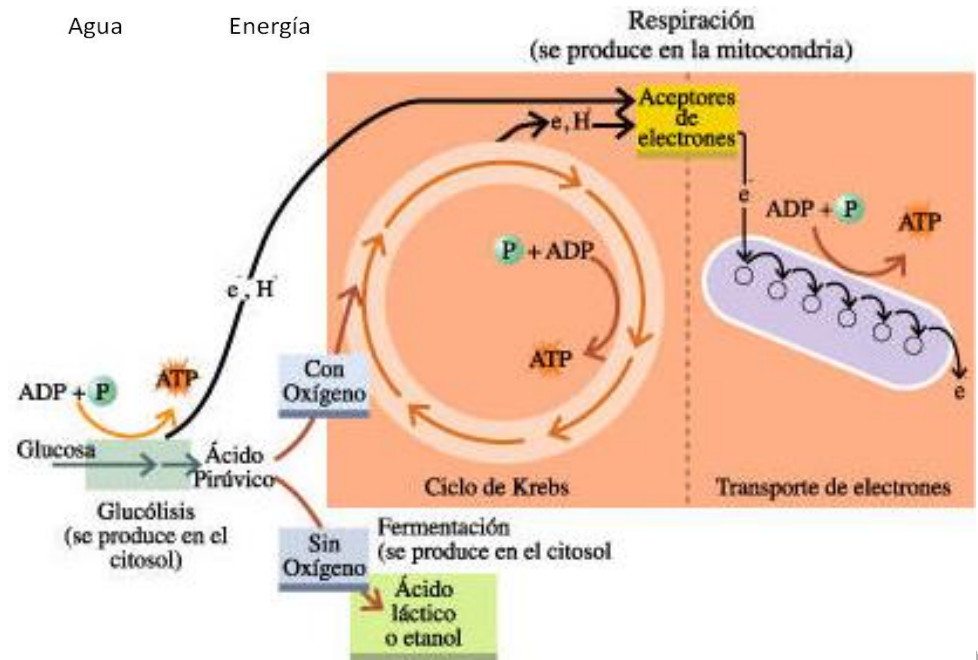
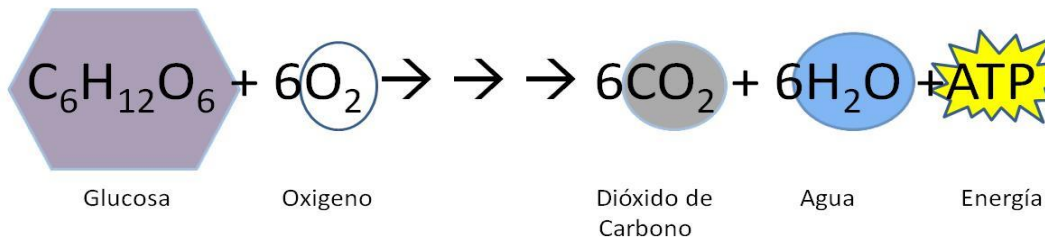


in limbo
XXXXXXXXXX



Respiración celular aerobia

- Si consideramos que la **glucosa** es la molécula más utilizada por las células para obtener energía, es lógico que se emplee la reacción química que expresa su degradación total en presencia de oxígeno para representar en conjunto todo el proceso de la respiración aerobia:





Balance energético de la respiración celular

Resumen del rendimiento energético máximo obtenido por la oxidación completa de la glucosa

Producción de moléculas en:

Proceso		Citosol	Matriz mitocondrial	Transporte electrónico
Glucólisis		2 ATP		2 ATP
		2 NADH		6 ATP
Respiración	Ácido Pirúvico a acetil CoA		2 x (1 NADH)	2 x (3 ATP) → 6 ATP
	Ciclo de Krebs		2 x (1 ATP)	2 ATP
			2 x (3 NADH)	2 x (9 ATP) → 18 ATP
			2 x (1 FADH ₂)	2 x (2 ATP) → 4 ATP
				Total: 38 ATP

Animación1

* En algunas células, el costo energético de transportar electrones desde el NADH formado en la glucólisis, a través de la membrana interna del mitocondrio, baja la producción neta de estos 2 NADH a 4 ATP; así, la producción máxima total en estas células es 36 ATP.

XXXXXXXXXX



Respiración celular anaerobia o fermentación

- En condiciones **aerobias** el pirúvico producido en la glucólisis penetra rápidamente en la mitocondria, donde continúa su oxidación.
- Sin embargo, en condiciones **anaerobias** el pirúvico permanece en el citosol, siendo transformado en etanol, en ácido láctico o en otros productos, que serán excretados posteriormente, lo que es útil, ya que proporciona energía rápidamente (aunque poca) cuando el oxígeno escasea.
- Estas reacciones anaerobias se denominan **fermentaciones**, siendo las principales la láctica y la alcohólica.



Web1

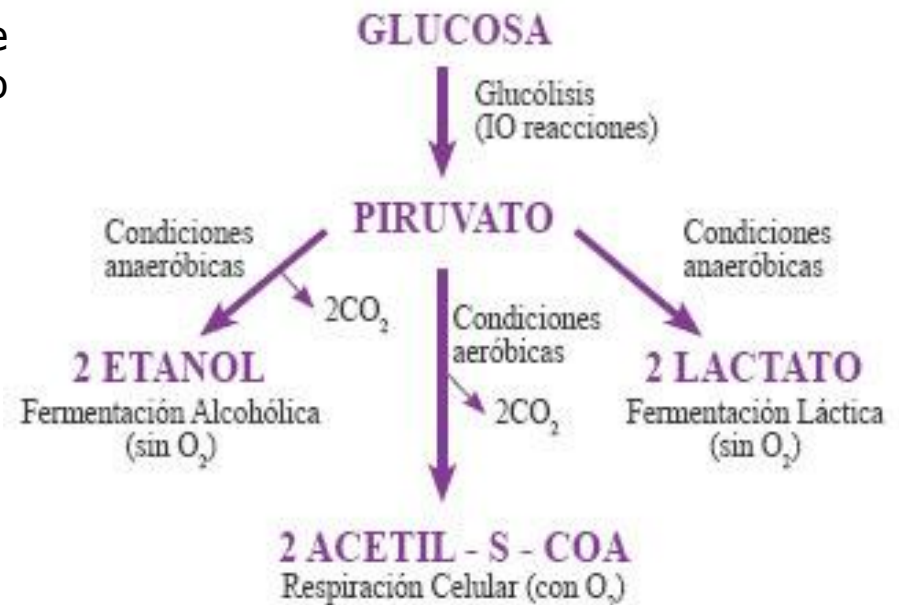
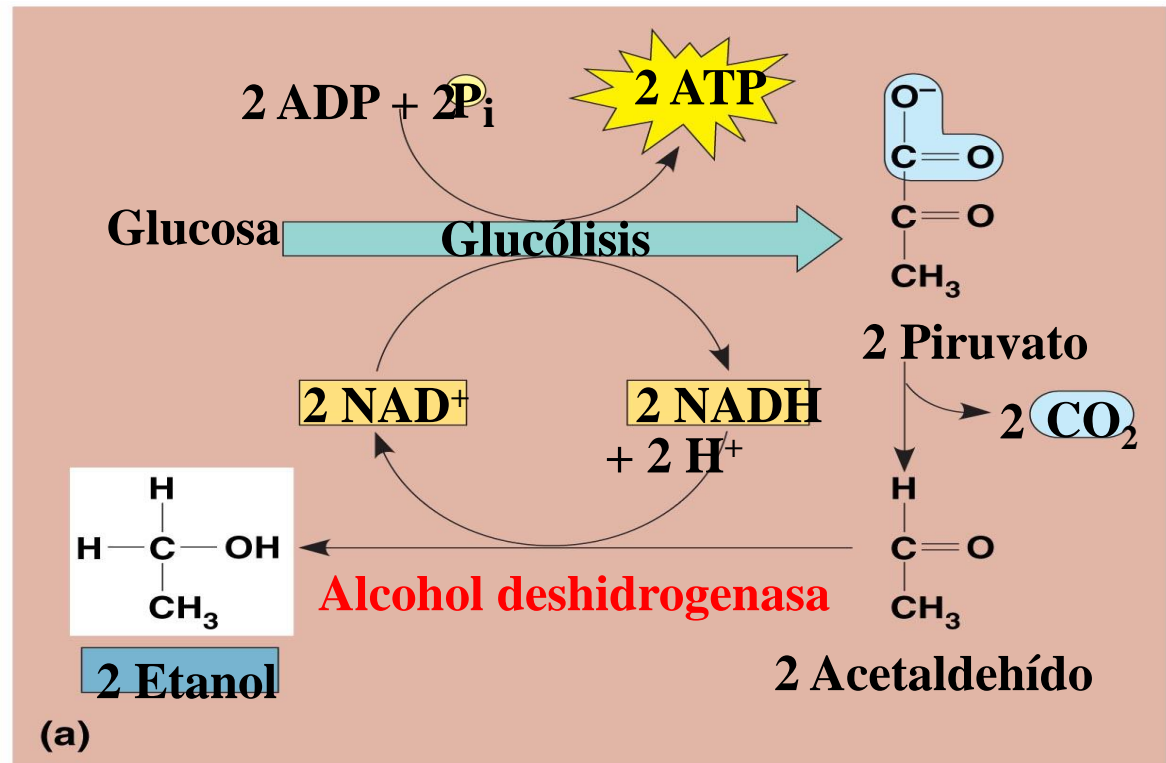


Figura 2. Rutas del piruvato: en células animales el piruvato puede pasar a lactato o a acetil CoA



Fermentación alcohólica

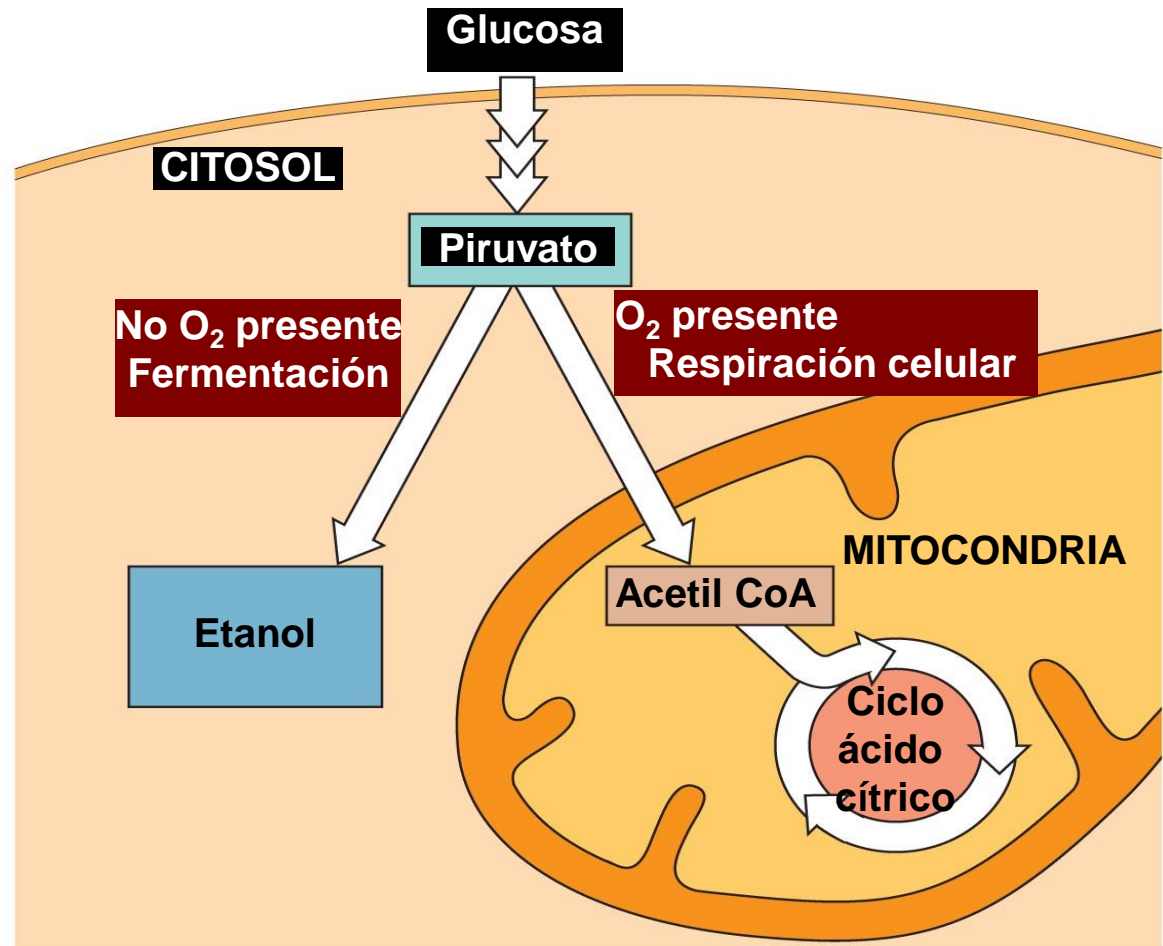
- Consiste en la transformación anaerobia de la glucosa en **etanol y CO₂**.
- La glucosa se transforma en dos moléculas de pirúvico (glucólisis), el cual se descarboxila (se libera CO₂) y pasa a acetaldehído, que a continuación es reducido a etanol con el NADH.
- La realizan algunas levaduras, como *Saccharomyces*.
- **Balance:** Por cada molécula de glucosa se obtiene:
 - 2 moléculas ATP.
 - 2 moléculas CO₂.
 - 2 moléculas etanol.





Fermentación alcohólica

- La levadura realiza una ruta u otra en función de la disponibilidad de oxígeno.
- La función de la producción de etanol es oxidar el $\text{NADH} + \text{H}^+$ para regenerar el NAD^+ necesario para la glucólisis, y por tanto para que continúe la producción de ATP.





APLICACIÓN: Uso de la respiración anaerobia de levaduras en panadería y repostería

- La levadura *Saccharomyces cerevisiae* utiliza como materia prima la harina de cereales (generalmente de trigo), sal y agua.
- La **descripción del proceso** es la siguiente:

1. Mezcla y amasado. En presencia de agua, las amilasas contenidas en la harina hidrolizan el almidón y producen glucosa libre.

2. Adición de la levadura a la mezcla rica en glucosa. Se añade la levadura y se mantiene durante unas horas para que la masa del pan «suba». Este proceso se debe al dióxido de carbono liberado que, al quedar atrapado en el interior de la masa, esponja el pan, incrementando su volumen.

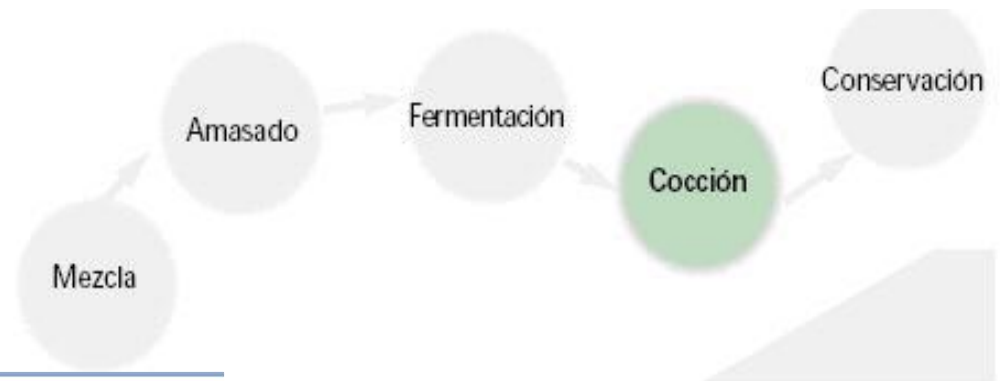




APLICACIÓN: Uso de la respiración anaerobia de levaduras en panadería y repostería

3. Cocción. El pan se trocea, se da forma y se hornea. La cocción elimina agua, evapora el alcohol producido en la fermentación y destruye las levaduras.

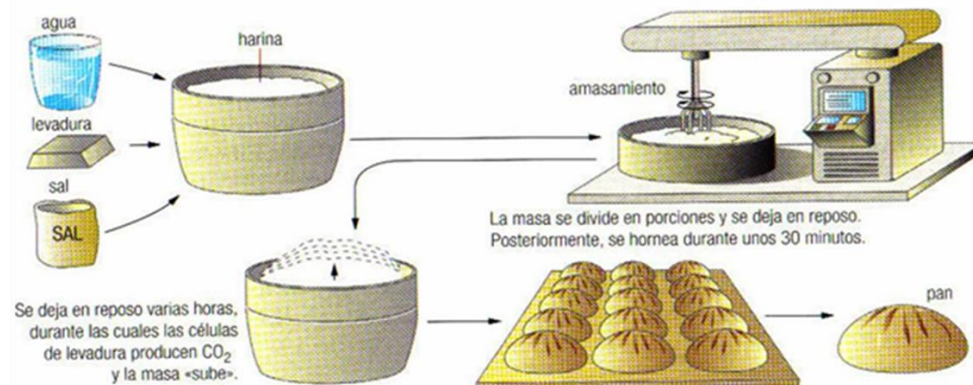
Video1



Transformación de alimentos.

Producción de pan

Fermentación alcohólica: *Saccharomyces cerevisiae*



■ Resumiendo:

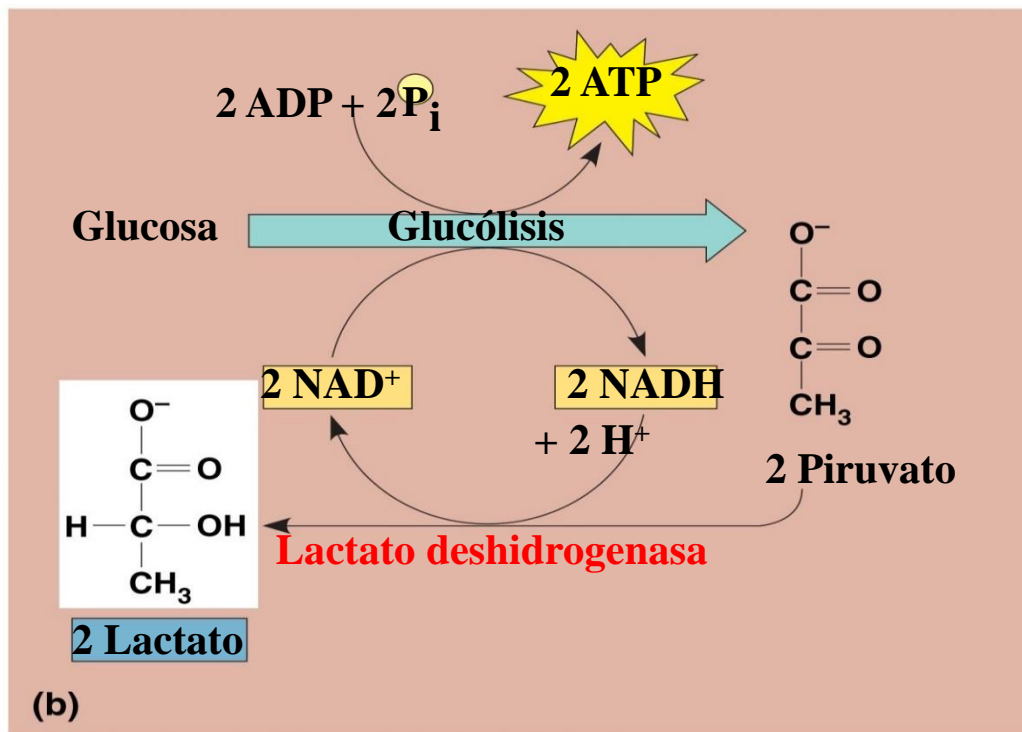
- La levadura fermenta los azúcares de la masa del pan.
- El CO_2 hace que el pan aumente de volumen.
- La cocción en el horno mata las levaduras, para la fermentación y evapora el etanol.

Decoración decorativa



Fermentación láctica

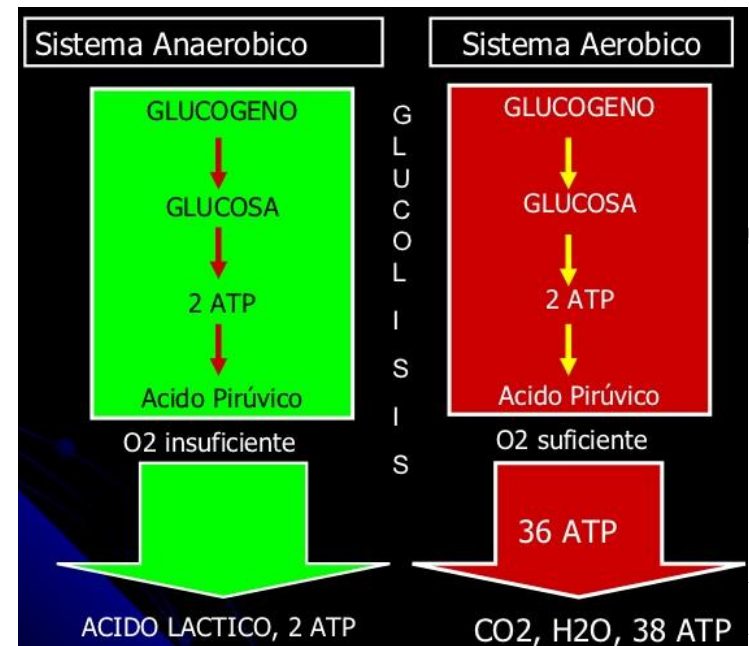
- Consiste en la transformación anaerobia de la glucosa en **ácido láctico**.
- La lactosa de la leche se hidroliza en glucosa y galactosa, la cual se convierte a su vez en glucosa.
- La glucosa se transforma en dos moléculas de pirúvico (glucólisis), es reducido a ácido láctico con el NADH.
- La realizan algunas bacterias, como las del género *Lactobacillus*, para obtener la energía de la leche.
- También se produce en el músculo estriado cuando no hay un aporte adecuado de energía.
- **Balance:** Por cada molécula de glucosa se obtiene:
2 moléculas ATP.
2 moléculas ácido láctico.





APLICACIÓN: Producción de lactato en humanos para maximizar las contracciones musculares

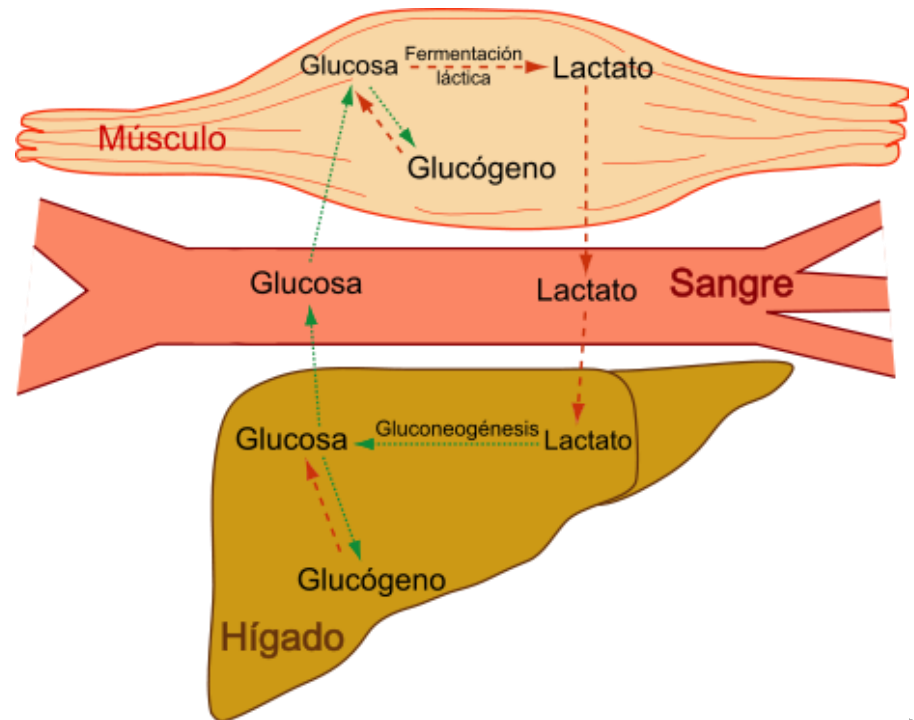
- El ejercicio aeróbico, como correr grandes distancias, necesita del aporte continuado de oxígeno a los músculos, a través de los pulmones y de la sangre, para la obtención de energía mediante respiración celular aerobia.
- Sin embargo, durante el ejercicio anaeróbico, como correr los 100 metros lisos, se hace uso de la respiración anaerobia (fermentación láctica) en los músculos para obtener energía de forma rápida.
- La función de la producción de lactato es oxidar $\text{NADH} + \text{H}^+$ para regenerar el NAD^+ necesario para la glucólisis, y por tanto para que continúe la producción de ATP.
- **En los humanos se produce el lactato cuando se usa la respiración anaeróbica para maximizar la capacidad de las contracciones musculares.**





APLICACIÓN: Producción de lactato en humanos para maximizar las contracciones musculares

- La cantidad de respiración anaerobia que se puede realizar está limitada por la concentración de lactato que el cuerpo puede tolerar. Esta es la razón por la que solo se puede hacer un sprint en distancias cortas (no más de 400 metros).
- Una vez realizada una contracción muscular vigorosa, el lactato producido debe ser degradado, para lo que se necesita oxígeno, dado que pasa a la sangre para ser captado por el hígado y reconvertido en glucosa y glucógeno (**gluconeogénesis**).
- Al ciclo que comprende la glucólisis en la célula muscular y su reciclaje por gluconeogénesis en el hígado se le conoce como **ciclo de Cori**.

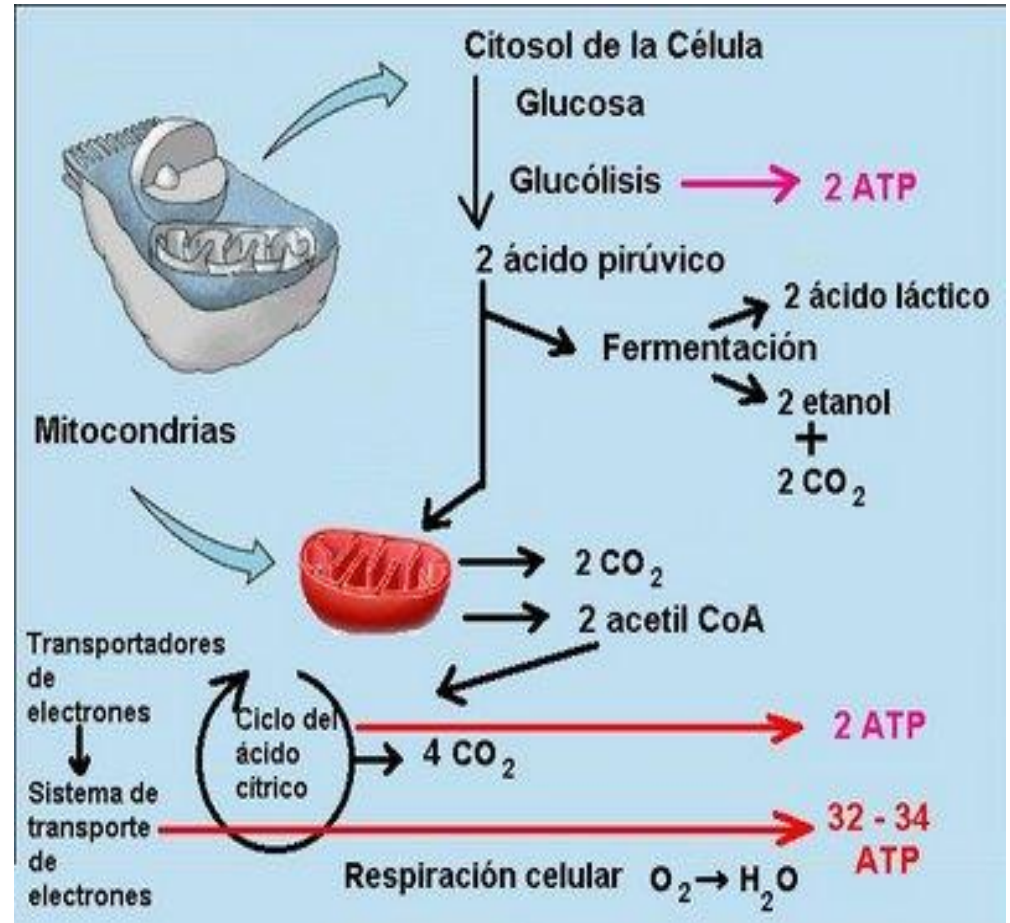


COLEGIO DE SAN FRANCISCO DE PAULA



Fermentación vs Respiración

- Ambos procesos comienzan con la oxidación de la glucosa hasta piruvato (glucólisis).
- Tienen diferentes aceptores finales de electrones: oxígeno molecular la respiración celular y moléculas orgánicas, como el piruvato, la fermentación.
- **La respiración celular anaeróbica (fermentación) proporciona un pequeño rendimiento de ATP a partir de glucosa, mientras que la respiración celular aeróbica requiere oxígeno y proporciona un gran rendimiento de ATP a partir de glucosa.**

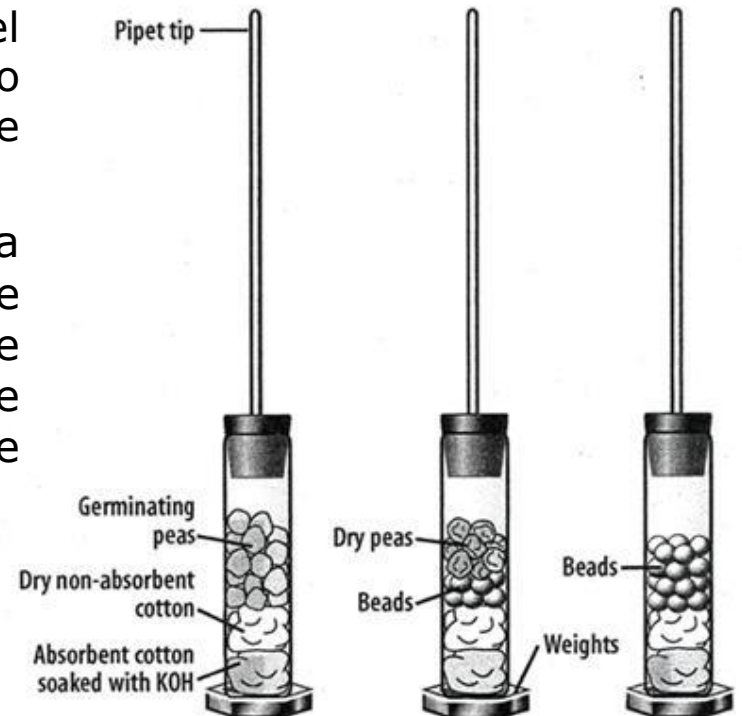
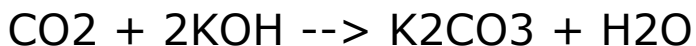


in Linn
XXXXXX



HABILIDAD: Análisis de resultados de tasas de respiración mediante el uso de respirómetros

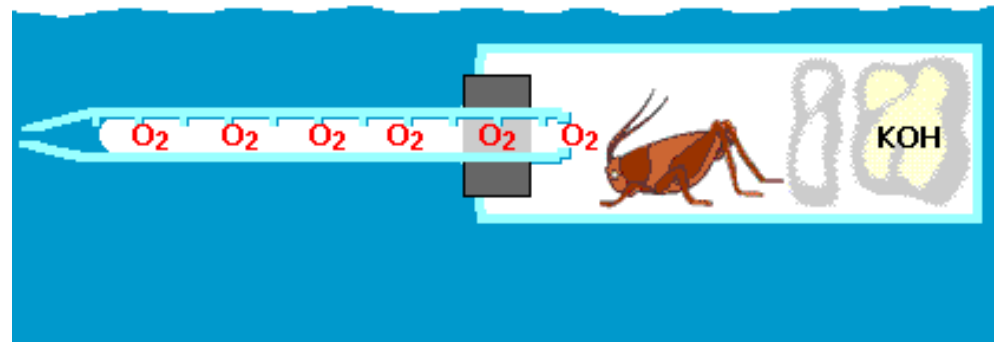
- Un **respirómetro** es un dispositivo diseñado para medir la tasa de respiración, y consta de una cámara donde se coloca el organismo al que se quiere medir la tasa de respiración, junto con una base o álcali y un tubo capilar que contiene un fluido con una burbuja de aire.
- Los respirómetros miden el cambio en el volumen de O_2 y CO_2 , proporcionando información acerca de la tasa de respiración celular.
- Para ello, el respirómetro interacciona simultáneamente con los cambios de volumen para ambos gases, lo que se consigue introduciendo hidróxido de potasio en el dispositivo, ya que absorbe el CO_2 según la ecuación:





HABILIDAD: Análisis de resultados de tasas de respiración mediante el uso de respirómetros

- El carbonato de potasio (K_2CO_3) producido es un precipitado sólido, de manera que cualquier CO_2 que se produzca es inmediatamente convertido de gas a sólido, por lo que no interfiere con la Ley de los gases ideales y permite que el respirómetro mida una sola variable, el consumo de oxígeno gaseoso por las células.
- Al realizarse la respiración aeróbica, el volumen de aire en el interior del dispositivo disminuirá, dado que el O_2 se consume y el CO_2 producido es inmovilizado como K_2CO_3 .
- Por tanto, la burbuja dentro del fluido se desplazará hacia la cámara que contiene al organismo, por lo que puede medirse la tasa de respiración a partir del desplazamiento de la burbuja en la unidad de tiempo.

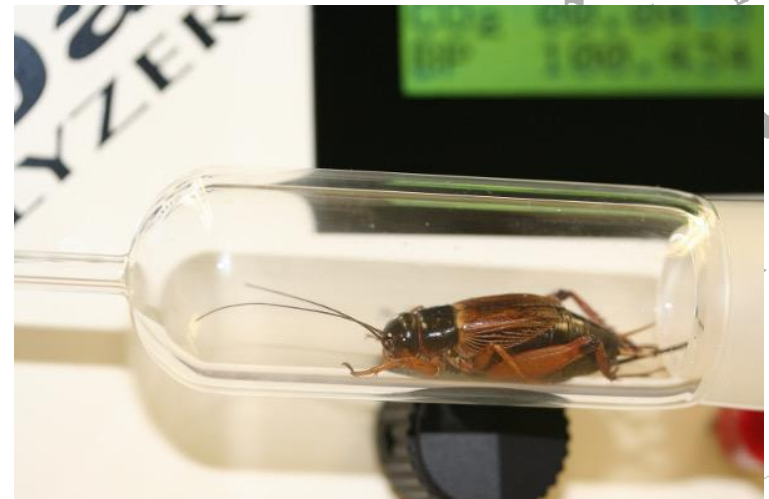


Handwritten notes in the bottom right corner, including a signature and some illegible scribbles.



NATURALEZA CIENCIAS: Implicaciones éticas del uso de invertebrados en respirómetros

- Antes de realizar un experimento con, por ejemplo grillos, en el que se mida su tasa de respiración mediante un respirómetro, hay que evaluar la viabilidad ética del experimento, respondiendo a las siguientes preguntas:
 - ¿Es aceptable capturar a estos grillos de su medio natural y colocarlos en un lugar confinado?
 - ¿Serán devueltos sanos y salvos a su medio natural?
 - ¿Sufrirán algún daño o dolor durante el experimento?
 - ¿Pueden minimizarse los riesgos de accidente que puedan causar dolor a los grillos?
 - ¿Es esencial el uso de animales en este experimento o puede usarse una alternativa?
 - ¿Cumple el experimento con la política de experimentación animal del IBO?



XXXXXXXXXX