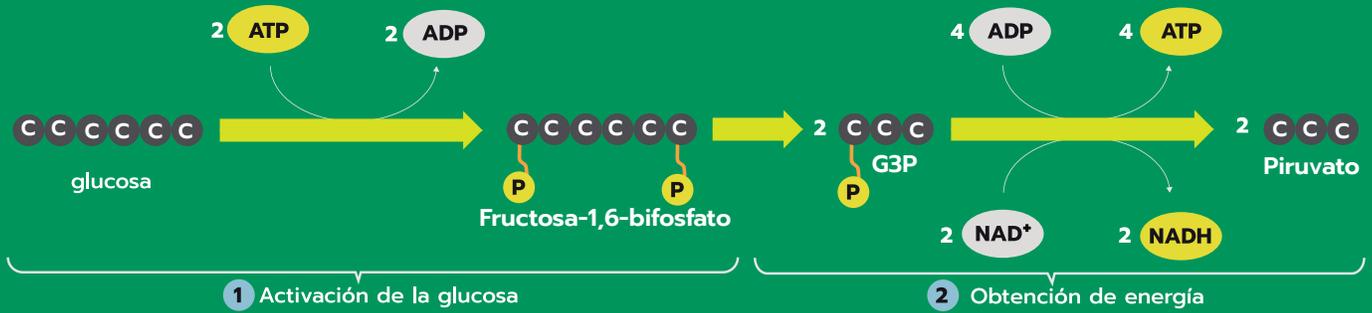


en el citosol



Glucólisis y Fermentación

Biología

RUTA DE APRENDIZAJE

- Con esta guía podrás reforzar las vías metabólicas de la glucólisis y de la fermentación alcohólica y láctica.
- Este tema está inserto en la unidad de vías catabólicas y anabólicas como se detalla a continuación.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN
CONTENIDO
La glucólisis
Fases de la glucólisis
Fermentación
ACTIVIDADES RESUELTAS
RESOLUCIÓN
PRUEBA TUS CONOCIMIENTOS
RESPUESTAS
SÍNTESIS
BIBLIOGRAFÍA

Introducción

Muchas de las tareas que realiza la célula, como la síntesis de biomoléculas o el movimiento, requieren de energía, por lo cual, la célula debe **obtener energía del entorno** y utilizarla para impulsar las **reacciones que requieran energía** (Cooper, 2000). Muchas células obtienen **energía metabólica** a partir

de **la glucosa**, en un proceso llamado **respiración celular**. La **oxidación de la glucosa** da lugar a la producción de energía libre que puede almacenarse en "**enlaces de alta energía**" dentro de moléculas como el **Adenosín Trifosfato (ATP)** (Bonara et al., 2012).

CONTENIDO

La glucólisis

La glucólisis es la ruta principal del **metabolismo de los carbohidratos** y ocurre en el citoplasma de las células. En la glucólisis, **una molécula de glucosa** es degradada en una serie de reacciones **catalizadas por enzimas**, para producir **dos moléculas de piruvato**, con la producción neta de dos moléculas de ATP, en condiciones **anaeróbicas** (no requiere de oxígeno) (Nelson & Cox, 2004). Además de la formación neta de dos moléculas de ATP, se forman **dos moléculas de NADH** (poder reductor) durante

el proceso. La glucólisis es una **ruta central del catabolismo de la glucosa** y representa una ruta única para la producción de energía en algunos tejidos y tipos de células en mamíferos (Ej. Eritrocitos) (Nelson & Cox, 2004). El **piruvato** producido, puede ser metabolizado en **condiciones anaeróbicas a lactato** (fermentación láctica) o **etanol** (fermentación alcohólica) o bien ser **completamente oxidado a CO₂ en condiciones aeróbicas**, generando mucho más ATP (Berg et al., 2006)(**Figura 1**).

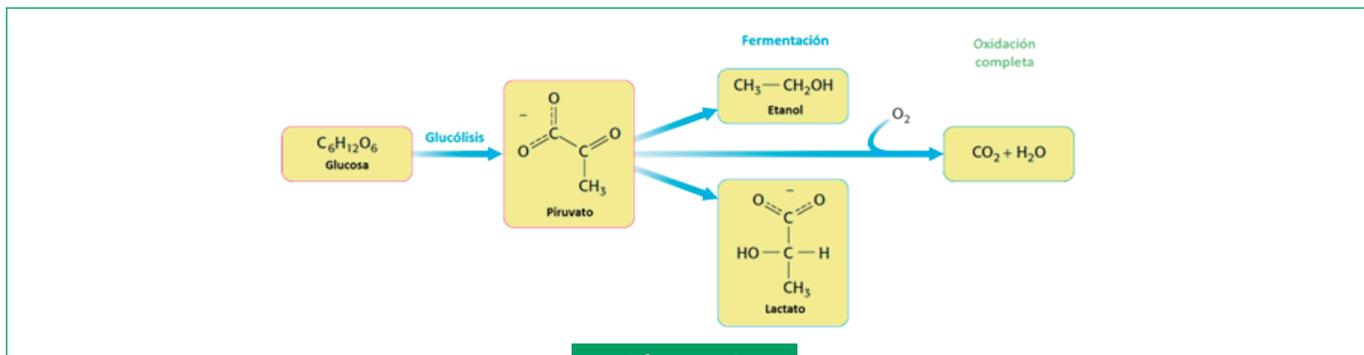


Figura 1

Algunos destinos de la glucosa. En condiciones anaeróbicas el piruvato obtenido por glucólisis puede ser metabolizado a lactato o etanol o ser oxidado completamente en condiciones aeróbicas hasta CO_2 (Berg et al., 2006).

Fases de la glucólisis

La obtención de **dos moléculas de piruvato** a partir de **una molécula de glucosa** ocurre en **diez pasos enzimáticos**, los cuales se agrupan en dos fases de la glucólisis: la **fase preparatoria** y la **fase de rendimiento** (Berg et al., 2006).

- **Fase preparatoria:** en esta fase hay un gasto **energético (2 ATP)**. En esta etapa **la glucosa** se convierte en **fructosa 1,6-bifosfato** en tres etapas: una **fosforilación**, una **isomerización** y una **segunda reacción de fosforilación**. Para ambas fosforilaciones, el ATP es el donante del grupo fosforilo (Berg et al., 2006). La fase preparatoria se completa con **la escisión (ruptura) de la fructosa 1,6-bifosfato** en dos moléculas de **tres carbonos: dihidroxiacetona fosfato y gliceraldehído-3-fosfato (triosas fosfato)**. Solo el gliceraldehído-3-fosfato **continúa** en los siguientes pasos y la dihidroxiacetona fosfato **es isomerizada** en una segunda molécula de gliceraldehído-3-fosfato (Nelson & Cox, 2004) (**Figura 2**).

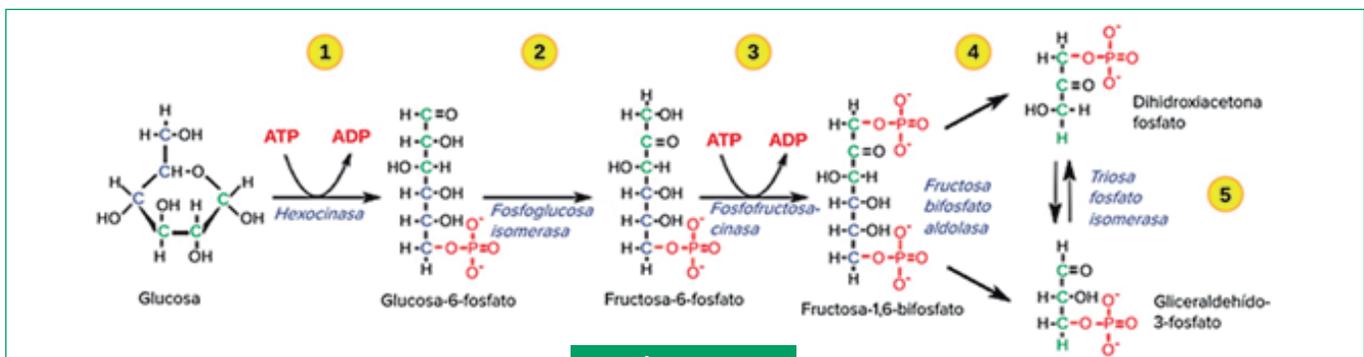


Figura 2

Fase preparatoria de la glucólisis. Esta fase termina con la escisión (ruptura) de una molécula de fructosa-1,6-bifosfato (6C) en dos triosas fosfato.

- **Fase de rendimiento:** en esta fase las **triosas fosfato se oxidan formando piruvato**, produciéndose **4 ATP** y **2 NADH**. Cada molécula de **gliceraldehído-3-fosfato** se oxida y fosforila con fosfato inorgánico para formar **1,3-bifosfoglicerato**. Luego, se libera energía cuando las dos moléculas de 1,3-bifosfoglicerato se convierten en **dos moléculas de piruvato** (pasos del 7 al 10) (Nelson & Cox, 2004) (**Figura 3**). Por cada molécula de glucosa se forman cuatro moléculas de ATP y dos moléculas de NADH, sin embargo, en la fase de preparación se utilizan dos moléculas de ATP, por lo cual **el rendimiento neto de la glucólisis son 2 ATP, 2 NADH y 2 piruvatos por molécula de glucosa** (Figura 4).

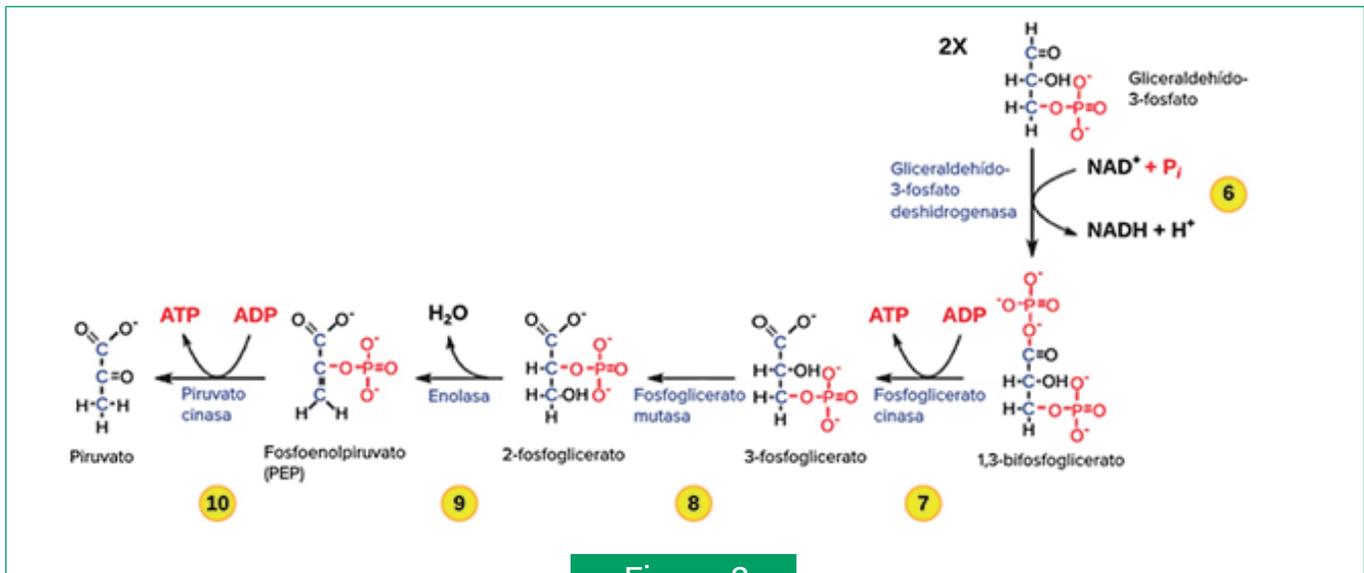


Figura 3

Fase de rendimiento de la glucólisis. El rendimiento neto de la glucólisis son 2 ATP, 2 NADH y 2 piruvatos.



Figura 4

Reacción neta en la transformación de glucosa a piruvato.



Recordando

En la glucólisis se oxida una **molécula de glucosa (6C)** en **10 reacciones enzimáticas** hasta la obtención de **dos moléculas de piruvato (3C)**. La glucólisis se divide en dos grandes fases: la **fase preparatoria** y la **fase de rendimiento**. En la fase preparatoria hay un consumo de energía en forma de ATP (2 moléculas). En cambio, en la fase de rendimiento se producen 4 moléculas de ATP y 2 moléculas de NADH (poder reductor). La **producción neta de la glucólisis son 2 piruvatos, 2 ATP y 2 NADH**.

Fermentación

La **fermentación** representa el destino del **piruvato en condiciones anaeróbicas**, permitiendo la **regeneración del NAD⁺**, el cual es necesario para mantener las tasas de glucólisis. La mayoría de los organismos modernos regeneran el NAD⁺ a través de la transferencia de electrones desde el NADH para formar un **producto final reducido**, como **lactato** o **etanol** (Nelson & Cox, 2004).

- **Fermentación láctica:** en este tipo de fermentación el NAD⁺ es regenerado desde el NADH por la **reducción de piruvato en lactato**, reacción catalizada por la **enzima lactato deshidrogenasa** (Figura 5). Este proceso es llevado a cabo por varios microorganismos, así como también se lleva a cabo en el músculo esquelético y eritrocitos (Nelson & Cox, 2004)(Figura 5).

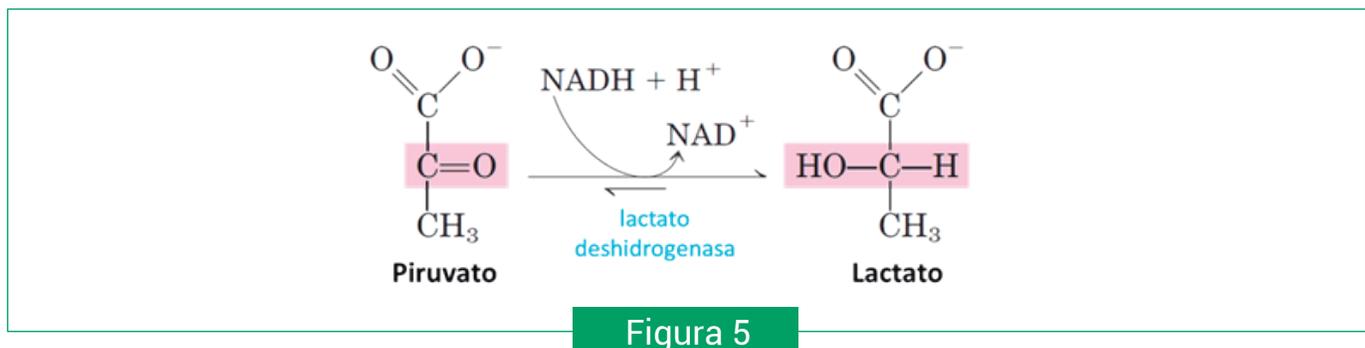


Figura 5

Figura 5. Fermentación láctica. El productos de esta reacción es el lactato (Nelson & Cox, 2004).

- **Fermentación alcohólica:** este tipo de fermentación es llevada a cabo por levaduras y otros microorganismos, donde el **piruvato es convertido en etanol** y **CO₂** en un proceso de dos etapas. El primer paso es la **descarboxilación del piruvato**. Esta reacción es catalizada por **piruvato descarboxilasa**. El segundo paso es la reducción de **acetaldehído a etanol** por el NADH, en una reacción catalizada por la **alcohol deshidrogenasa**, regenerando así el NAD⁺ (Nelson & Cox, 2004) (Figura 6).

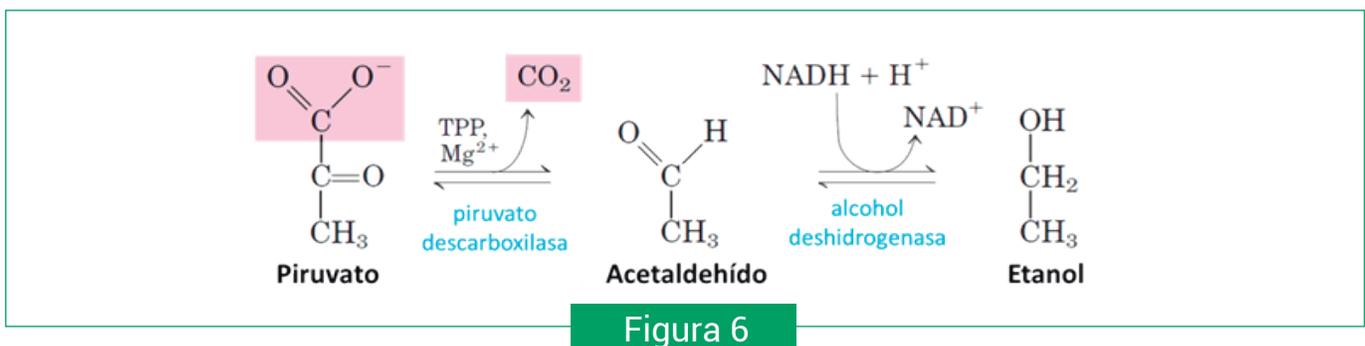


Figura 6

Fermentación alcohólica. El producto final de estas dos reacciones es el etanol (Nelson & Cox, 2004).



Recordando

En **condiciones anaeróbicas** el destino de piruvato es la **fermentación**, permitiendo la **regeneración del NAD^+** . En el músculo esquelético y eritrocitos ocurre **fermentación láctica**, donde el producto final es el **lactato**. En cambio, en levaduras y otros microorganismos, ocurre **fermentación alcohólica**, donde el producto final es el **etanol**.

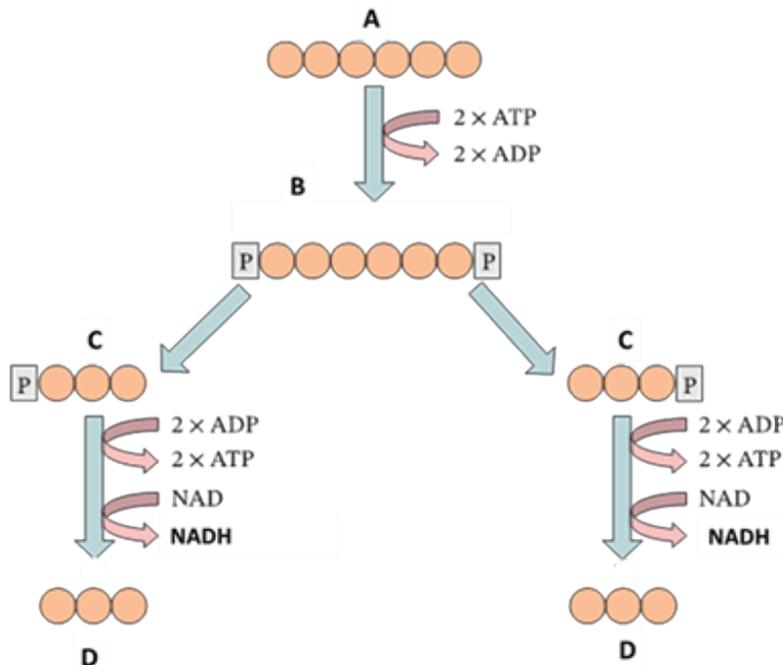
PROBLEMAS RESUELTOS

Las siguientes actividades propuestas te ayudarán a practicar lo aprendido e identificar aquello que debes reforzar.

- Lee comprensivamente.
- Repasa y apóyate en el texto.
- No revises la resolución hasta el final, ¡Desafíate!
- Si te surgen dudas anótalas para luego consultar a tu tutor o tutora.

¡Buen trabajo!

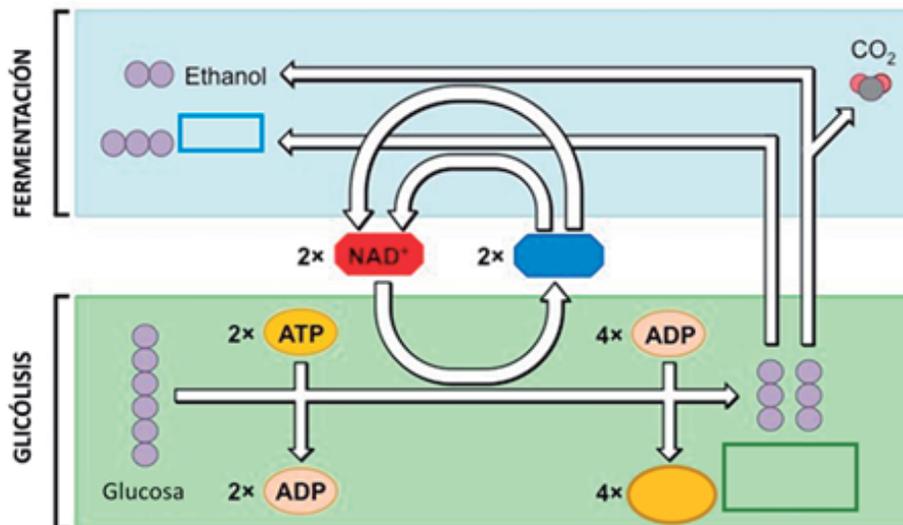
1. El siguiente esquema representa algunas etapas de la glucólisis. Indica qué moléculas son señaladas con las letras A, B, C y D.





Para realizar esta actividad revisa las figuras 2 y 3, y lee nuevamente el contenido de esta guía. Con esta actividad podrás repasar la ruta de la glucólisis.

2. El siguiente esquema representa la glucólisis y fermentación. Completa las figuras vacías con los conceptos que corresponden.



Para realizar esta actividad revisa de la figura 2 a la figura 6, y lee nuevamente el contenido de esta guía. Con esta actividad podrás repasar la ruta de la glucólisis y el destino del piruvato en condiciones anaeróbicas.

Resolución

1)

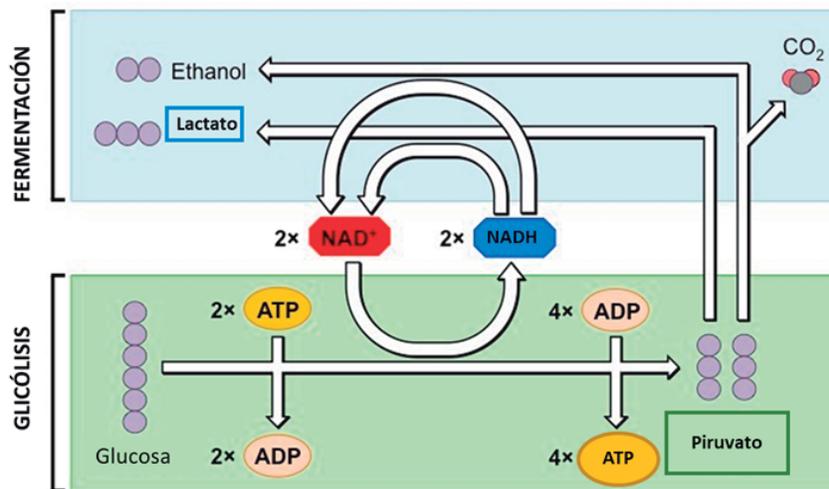
A: Glucosa

B: fructosa-1,6-bifosfato

C: Gliceraldehido 3-fosfato

D: Piruvato

2)



PROBLEMAS PROPUESTOS

Aquí te presentamos una actividad de **selección múltiple** donde encontrarás **cinco enunciados**, para los cuales hay tres alternativas en cada uno de ellos (una correcta). Esta actividad te servirá para confirmar cuanto has aprendido. Si te surgen dudas revisa nuevamente el texto y repasa el contenido. Si aún quedas con dudas anótalas, para luego consultar a tu tutor o tutora, recuerda que el objetivo es que aprendas. ¡Buen trabajo!

Selecciona **la** alternativa correcta.

1) ¿En cuál de los siguientes compartimentos ocurre la glucólisis?

- a) Las mitocondrias.
- b) El citosol.
- c) El retículo endoplasmático.

2) ¿Cuál de las siguientes moléculas comienza la fase de rendimiento?

- a) Glucosa.
- b) Dihidroxiacetona fosfato.
- c) Gliceraldehído-3-fosfato.

3) ¿Cuál es el producto final de la glucólisis?

- a) Piruvato.
- b) Etanol.
- c) Lactato.

4) ¿Cuántas moléculas de ATP se consumen en la glucólisis?

- a) 4 ATP.
- b) 1 ATP.
- c) 2 ATP.

5) ¿En cuál proceso el piruvato se reduce a lactato?

- a) Fermentación láctica.
- b) Fermentación alcohólica.
- c) Glucólisis.

RESPUESTAS

- 1) b
- 2) c
- 3) a
- 4) c
- 5) a

SÍNTESIS

La **glucólisis** es una **vía del catabolismo** destinada a la degradación de la **glucosa** (6C), mediante una serie de reacciones químicas catalizadas por enzimas, donde el producto neto final son **dos moléculas de piruvato** (3C), dos moléculas de **NADH** y dos moléculas de **ATP**. En condiciones **anaeróbicas**, el destino del piruvato es la **fermentación**, la cual puede ser **alcohólica** (levaduras y otros microorganismos) o **láctica** (musculo esquelético, eritrocitos y microorganismos), permitiendo la **regeneración del NAD⁺**.



Glucosa; Glucólisis; ATP; NADH; Piruvato; Fermentación; Lactato; Etanol



Abreviaturas

ATP: Adenosin trifosfato.

NADH: Nicotinamida Adenina Dinucleótido (reducido).

NAD⁺: Nicotinamida Adenina Dinucleótido (oxidado).

BIBLIOGRAFÍA

- Berg, J., Tymoczko, J., Gatto, G. & Stryer, L. (2015). Biochemistry. 8ª edición. W. H. Freeman, USA.
- Bonora, M., Patergnani, S., Rimessi, A., De Marchi, E., Suski, J. M., Bononi, A., Giorgi, C., Marchi, S., Missiroli, S., Poletti, F., Wieckowski, M.R., & Pinton, P. (2012). ATP synthesis and storage. Purinergic signalling, 8(3), 343-357.
- Nelson, D. & Cox, M. (2004). Lehninger Principles of Biochemistry. 4ª edición. W. H. Freeman, USA

¿Quieres recibir orientación para optimizar tu estudio en la universidad?

CONTAMOS CON PROFESIONALES EXPERTOS EN EL APRENDIZAJE QUE TE PUEDEN ORIENTAR

[SOLICITA NUESTRO APOYO](#)



[Sitio Web de CIMA](#)



[Ver más fichas](#)



[Solicita más información](#)