

Catabolismo de los glúcidos

(un ejemplo del uso de $\text{L}_\text{Y}\text{X}/\text{L}_\text{A}\text{T}_\text{E}\text{X}$ en Biología)

M^a José Góngora Luque

Resumen

Práctica final del curso Software Libre y Educación: Guadalinux (Thales-Cica 2004-05).
Estudio de la degradación total de la glucosa en la respiración aerobia y balance energético del proceso. Para un nivel de 2^o de bachillerato.

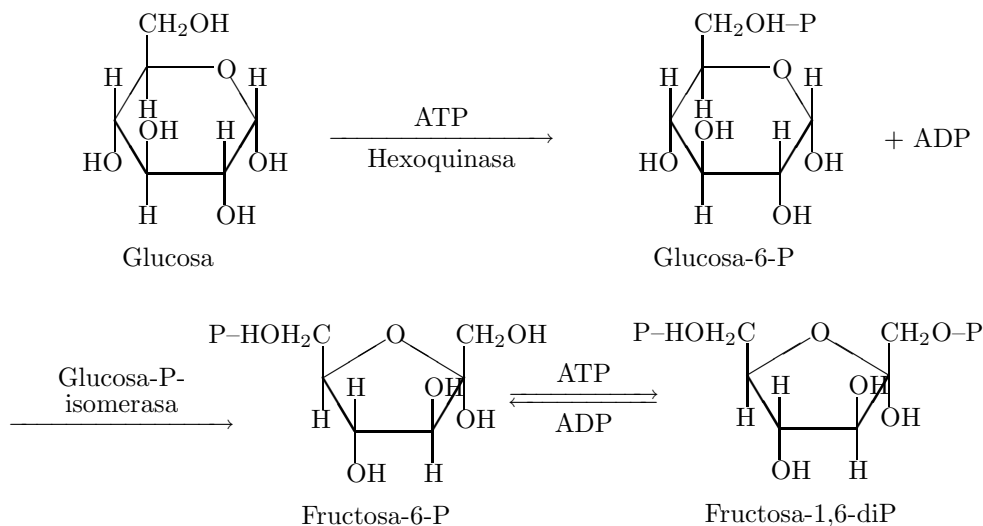
Introducción

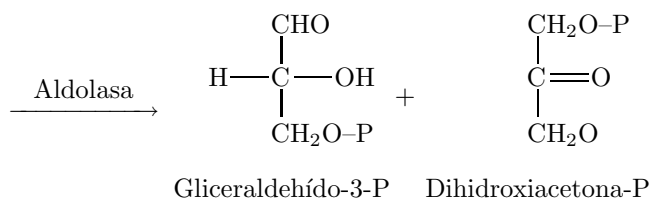
Los disacáridos o polisacáridos ingeridos por los seres vivos deben ser hidrolizados hasta monosacáridos para poder ser utilizados por las células. Esta hidrólisis se lleva a cabo en el interior del tubo digestivo mediante enzimas hidrolíticas. Una vez hidrolizados, los monosacáridos obtenidos serán degradados para obtener la energía acumulada en sus enlaces.

El principal monosacárido es la glucosa, por lo que vamos a ver la energía que se obtiene en la degradación total de una molécula de glucosa. El catabolismo de la glucosa puede llevarse a cabo mediante fermentación o respiración (que a su vez puede ser aerobia o anaerobia). Vamos a ver las fases de la degradación en la respiración aerobia: glucólisis, ciclo de Krebs y cadena respiratoria.

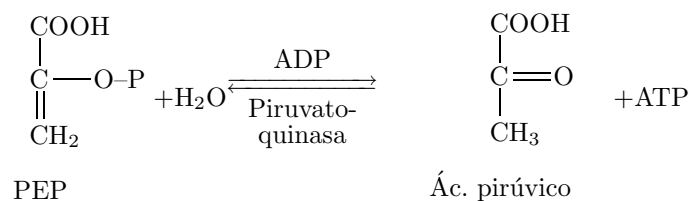
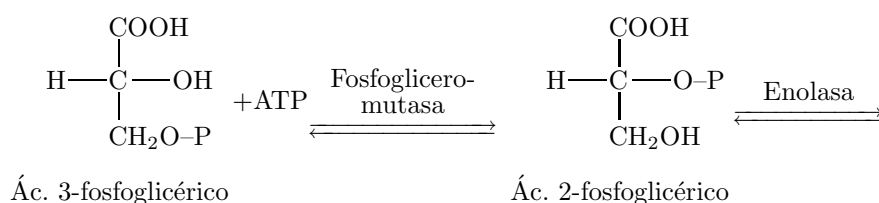
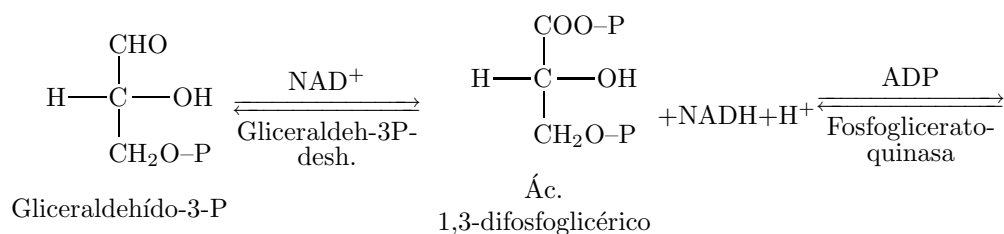
1. Glucólisis (ruta de Embden-Meyerhof)

En esta fase la glucosa se degrada en dos moléculas de ácido pirúvico. Es una fase totalmente anaerobia y transcurre en el citoplasma celular.

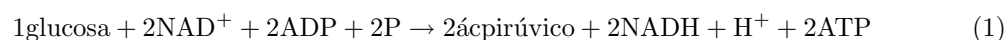




Al llegar a este punto la Dihidroxiacetona-P (6) se transforma en Gliceraldehído-3-P (5) con la intervención de la Triosa-fosfato-isomerasa, y será este último el que continúe la transformación en pirúvico.



Balance final de la glucólisis:

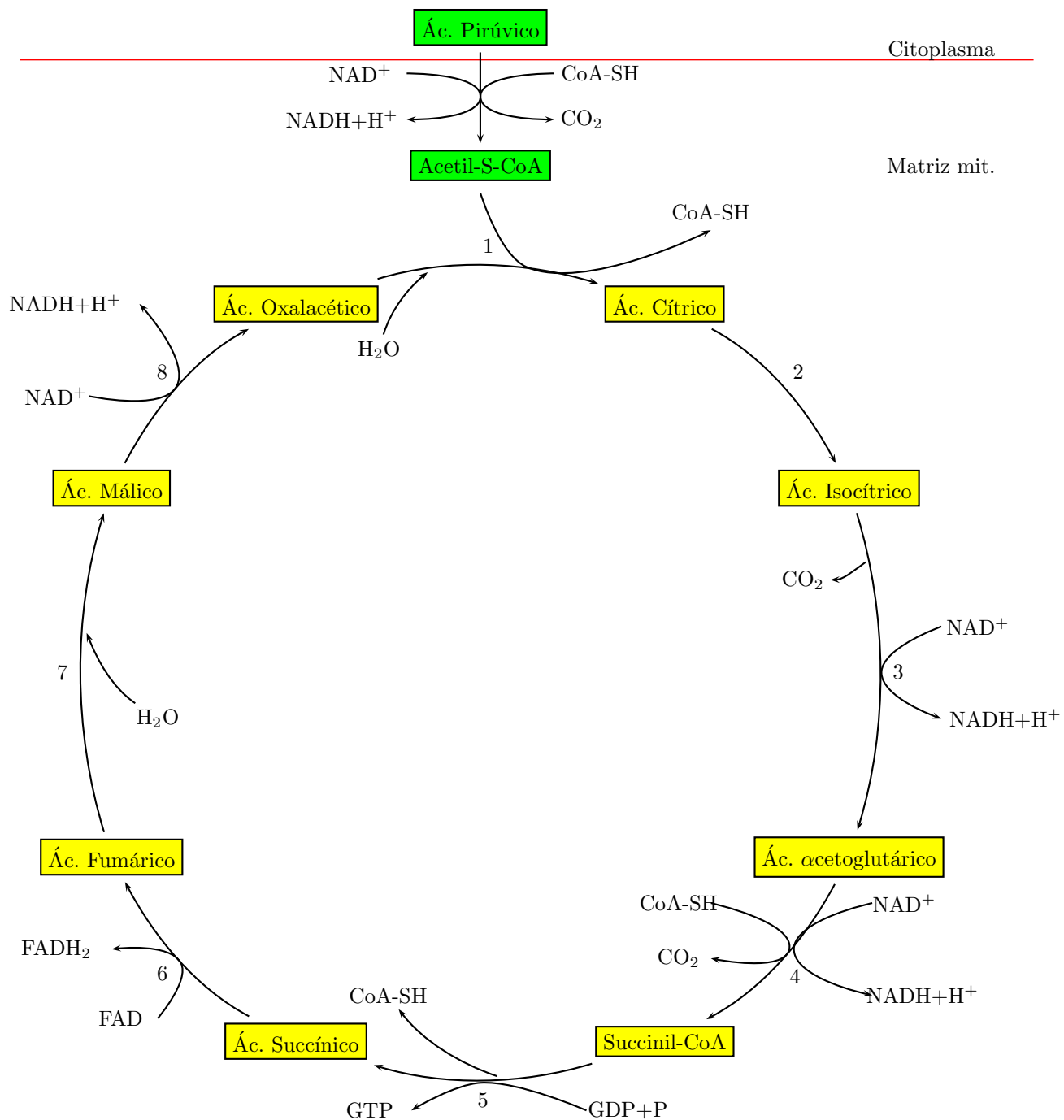


2. Ciclo de Krebs

El ácido pirúvico obtenido en la glucólisis atraviesa la membrana mitocondrial y, en la matriz mitocondrial, se transforma en Acetil-S-CoA. En este proceso se requiere la participación de un complejo enzimico, el sistema de la piruvato deshidrogenasa.

El Acetil-S-CoA se incorpora al ciclo de Krebs¹ donde, mediante una serie de reacciones sucesivas, se degrada completamente. A través del ciclo de Krebs se produce la oxidación total de los distintos metabolitos obtenidos por la célula. El esquema es el siguiente:

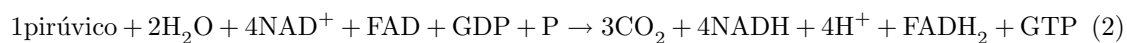
¹En el ciclo de Krebs no sólo se degradan los monosacáridos, sino que se pueden incorporar otras moléculas producto de la degradación de los aminoácidos o los ácidos grasos.



1. Condensación del acetil-S-CoA (2C) con el ácido oxalacético (4C) para formar una molécula de 6C (ác. cítrico). Interviene la citrato sintetasa.
2. Isomerización del ácido cítrico en isocítrico mediante la aconitasa.
3. Descarboxilación y deshidrogenación del ácido isocítrico formándose ácido α -cetoglutarico (5C). El enzima que interviene es la isocitrato deshidrogenasa.
4. Se produce una nueva descarboxilación y deshidrogenación, formándose succinil-CoA (4C). Actúa la cetoglutarato deshidrogenasa.
5. Eliminación del CoA para dar lugar al ácido succínico, en presencia de la succinil-CoA sintetasa.

6. Interviene la succinato deshidrogenasa y el ác. succínico se oxida a fumárico.
7. Hidratación del ác. fumárico. Actua la fumarasa.
8. Mediante la malato deshidrogenasa el ác. málico se transforma en ác. oxalacético, que vuelve a iniciar el ciclo.

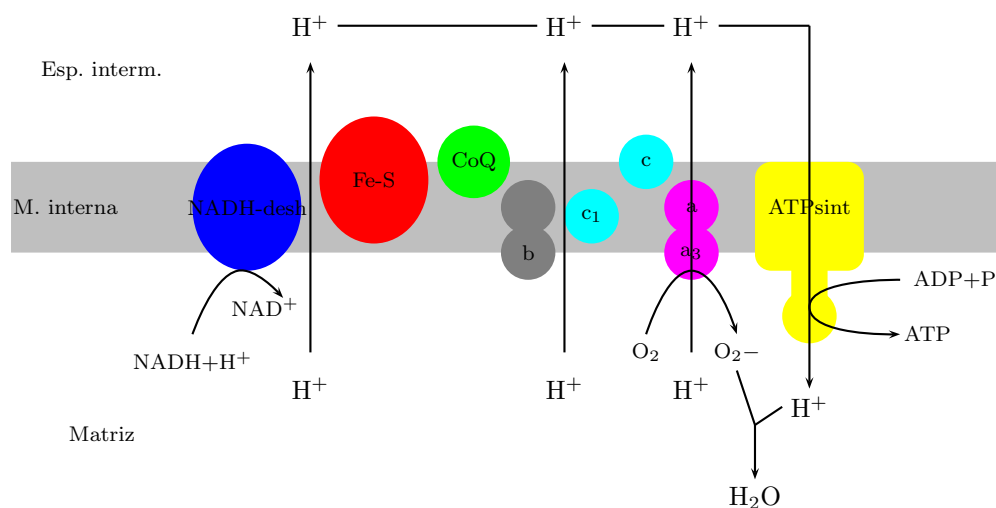
Balance final del ciclo de Krebs:



En el ciclo de Krebs penetra un compuesto de 2C (acetil-S-CoA) que queda totalmente degradado con las dos descarboxilaciones que se producen en los pasos 3 y 4. Como en la glucólisis se obtienen dos moléculas de ác. pirúvico, son necesarias dos vueltas del ciclo para degradar una molécula de glucosa.

3. Cadena respiratoria

En las membranas de las crestas mitocondriales se encuentran una serie de moléculas que se encargan del transporte de protones y electrones mediante una serie de reacciones acopladas de oxidación y reducción. Los protones y electrones se transfieren desde el sustrato ($\text{NADH} + \text{H}^+$ y FADH_2) hasta el oxígeno, que se reduce formándose agua. Como el aceptor final es el oxígeno, hablamos de respiración aerobia.



La transferencia de electrones provoca, en tres puntos de la cadena respiratoria (llamados lugares de acoplamiento), la salida de protones desde la matriz mitocondrial al espacio intermembranal, induciendo la formación de gradientes electroquímicos a través de la membrana interna. La vuelta a la matriz de los protones debido al gradiente produce, a nivel de los oxisomas, la activación de la

ATP-sintetasa formándose ATP y H₂O. A la formación de moléculas de ATP mediante la energía de óxidoreducción se le llama fosforilación oxidativa.

Balance:

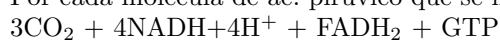


4. Balance energético de la respiración aerobia

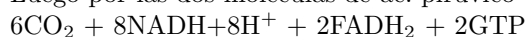
En la glucólisis, por cada molécula de glucosa que se degrada, obtenemos (véase 1):



Por cada molécula de ác. pirúvico que se incorpora al ciclo de Krebs (véase 2):



Luego por las dos moléculas de ác. pirúvico tendremos:

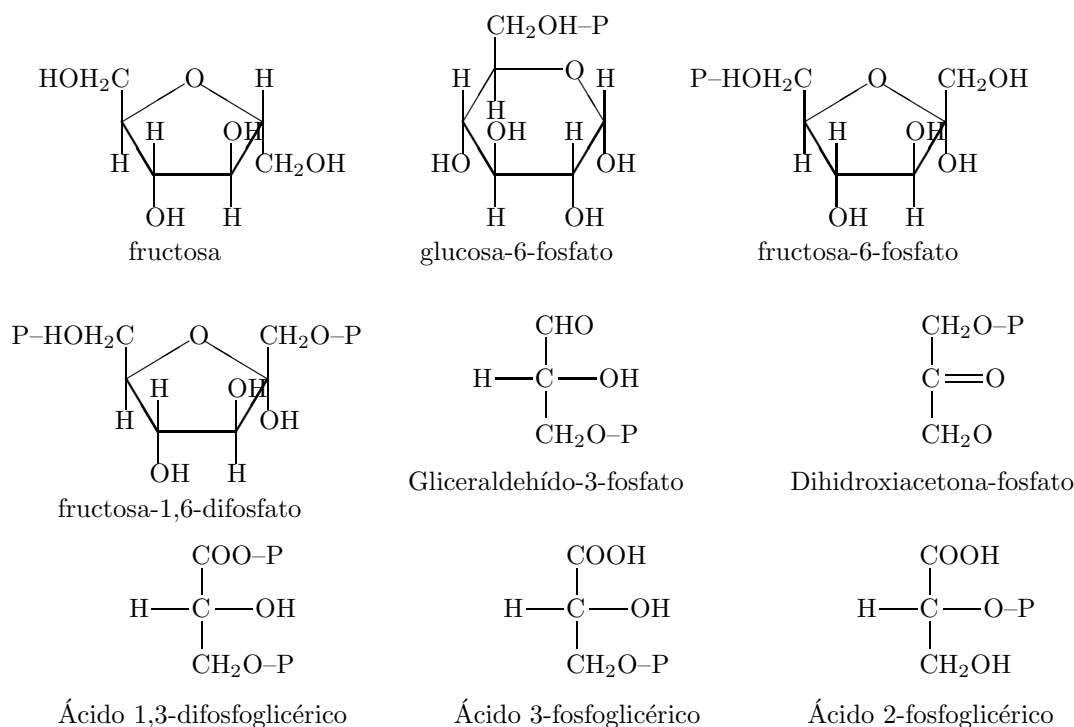


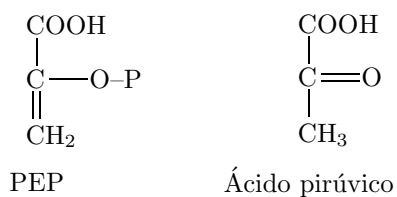
Las coenzimas reducidas penetran en la cadena respiratoria originando ATP (ver 3 y 4). El balance final de la degradación total de una molécula de glucosa será:

Glucólisis	2 ATP
Ciclo Krebs	2 GTP = 2 ATP
10 NADH	30 ATP
2 FADH ₂	4 ATP
Total	38 ATP

A. Estructura de los compuestos químicos

A.1. Glucólisis





A.2. Ciclo de Krebs

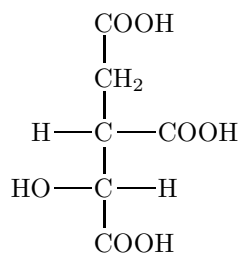


Figura 1: Ác. cítrico

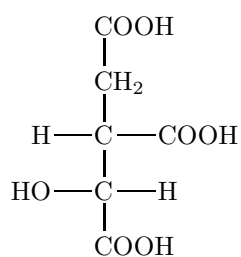


Figura 2: Ác. isocítrico

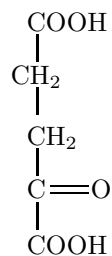


Figura 3: Ác. alfa-cetoglutarico

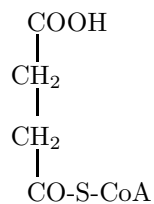


Figura 4: Succinil-CoA

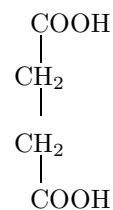


Figura 5: Ác. succínico

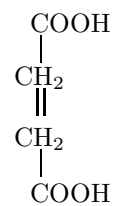


Figura 6: Ác. fumárico

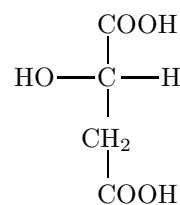


Figura 7: Ác. málico

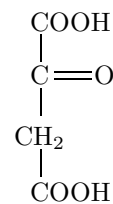


Figura 8: Ác. oxalacético