

II- FISIOLÓGÍA CELULAR:

II.3.- La nutrición celular.

- Concepto y funcionalidad de la misma
- Tipos de nutrición: Autótrofa y Heterótrofa. Diferencias en sus mecanismos y requerimientos
- **Metabolismo celular:**
 - Concepto y finalidad del metabolismo
 - Fases metabólicas: Catabolismo y Anabolismo: concepto, finalidad y relación entre ambas.
 - Aspectos fundamentales, energéticos y de regulación de las reacciones metabólicas
 - Catálisis enzimática. Estudio de las **enzimas**:
 - Estructura enzimática, cofactores y coenzimas. Papel e importancia biológica de los principales coenzimas: ATP, NAD, NADP y FAD.
 - Regulación actividad enzimática
 - Clasificación de las enzimas.
- **Catabolismo**
 - El catabolismo como fuente de energía celular
 - Respiración celular: concepto, función biológica. Tipos: Aerobia y Anaerobia.
 - **Respiración aerobia de Glúcidos:** sustratos iniciales, productos finales, ubicación celular, significado y función biológica de :
 - Glucolisis
 - Ciclo de Krebs
 - Cadena respiratoria
 - Rendimiento energético total del proceso.
 - **Respiración anaerobia.** Fermentaciones. Significado biológico y diferencias con la respiración aerobia respecto a la rentabilidad energética y productos finales originados
 - **Idea general del catabolismo de Lípidos, Proteínas y Ácidos nucleicos.**
 - **Ubicación celular de los diferentes procesos catabólicos.**

- **Anabolismo.**

-Concepto y tipos.

- Anabolismo autótrofo:

- **Fotosíntesis.** Estudio detallado:

- Concepto y función biológica
- Ubicación celular de la misma
- Pigmentos fotosintéticos y Fotosistemas
- Etapas de la misma.
- Sustratos necesarios, productos finales y balance energético obtenido.
- Importancia biológica y medioambiental
- *Comparación con la fotosíntesis bacteriana*
- Quimiosíntesis: Concepto e importancia biológica del proceso

- **Anabolismo heterótrofo:** Idea general.

-Introducción al metabolismo: catabolismo y anabolismo.

Células autótrofas fotosintéticas o fotoautótrofas y quimiosintéticas o quimioautótrofas; células heterótrofas o quimiorganotrofas.

Características del metabolismo celular, introducción. Catabolismo y anabolismo.

El catabolismo, introducción, producción de energía en el catabolismo y Reacciones redox.

Tipos de catabolismos: Respiración aeróbica y anaeróbica y fermentación.

Respiración aerobia de la glucosa, introducción.

Glucolisis Primera fase, segunda fase y balance, sólo lo expuesto en el texto y esquema de balance final. Rendimiento energético de la glucolisis.

Formación del acetyl-CoA. Ciclo de Krebs¹. O: 227 "Resumiendo...".

Transporte de electrones, quimiósmosis² y fosforilación oxidativa.

Balance energético de la respiración aerobia.

Quimiosíntesis introducción y fases.

Anabolismo heterótrofo, introducción.

- La fotosíntesis. Fases, estructuras celulares implicadas y resultados.

La quimiosíntesis.

1. Nutrición.

Anabolismo, introducción B 202 Anabolismo autótrofo.

estructuras fotosintéticas

Los fotosistemas y tipos de fotosistemas los pigmentos de la fotosíntesis.

Fase lumínica o fotoquímica. Introducción.

Fosforilación no cíclica, oxigénica o Fase luminosa acíclica.

Hipótesis quimiosmótica.¹

Fase luminosa cíclica o Fosforilación cíclica, anoxigénica.

Balance de la fase luminosa de la fotosíntesis

El ciclo de Calvin sólo introducción-

Síntesis de compuestos de carbono; Completar El ciclo de Calvin.

La fotorrespiración y el ciclo C4; ¿Para qué sirve la fotorrespiración?; Plantas C4 la solución a la fotorrespiración.

Balance de la síntesis de compuestos de C, N y S,

Síntesis del catabolismo.

CATABOLISMO DE LOS HIDRATOS DE CARBONO

GLUCOSA

Bibliografía y gráficos:

Alberts y cols. Biología Molecular de la célula. 3ª edición española. Ed. Omega 1966.

Alberts y cols. Introducción a la Biología celular. Edición española. Editorial Omega. 1999.

Matews CK y Van Holde. Bioquímica. 2ª edición. Ed. McGraw-Hill Interamericana.

Nelson DL y Cox Mm. Lehninger Principios de Bioquímica. 3º edición. Editorial Omega.

FERMENTACIÓN Y RESPIRACIÓN OXIDATIVA DE LA GLUCOSA

La respiración oxidativa comprende tres procesos fundamentales:

Glucolisis: es la degradación de la **glucosa** (6 carbonos) hasta dos moléculas de **piruvato** (3 carbonos). Va seguida de la activación del piruvato a **Acetil CoA** (molécula de dos carbonos). Las reacciones de la **glucolisis** se producen en el **citoplasma celular**. La activación del **piruvato a Acetil CoA** se produce en la **matriz mitocondrial**.

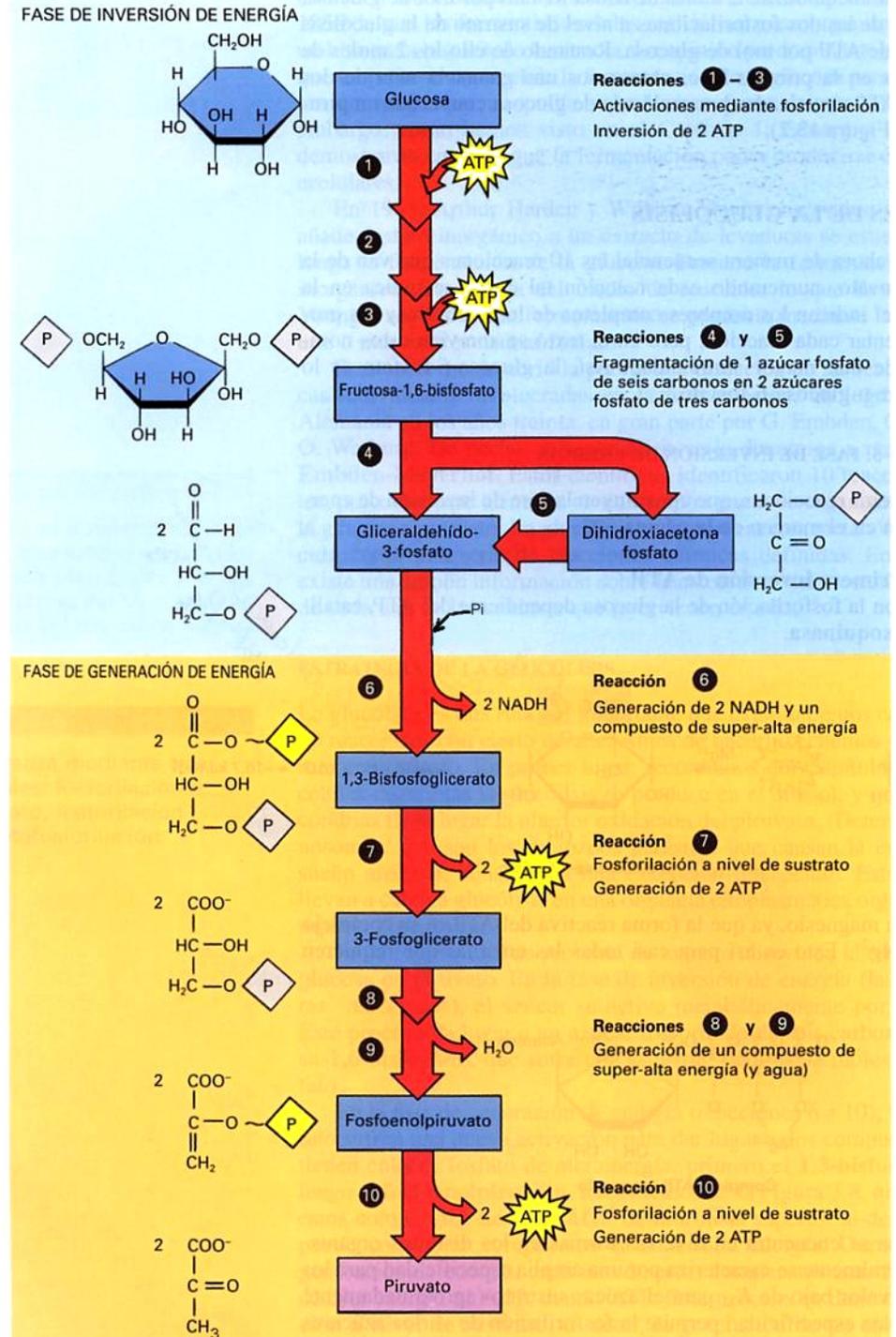
Ciclo de Krebs: es la degradación total del **acetil CoA** hasta **CO₂**. Todas las reacciones del ciclo de Krebs (excepto el paso de succinato a fumarato que se da en la membrana interna mitocondrial) se producen en la **matriz mitocondrial**.

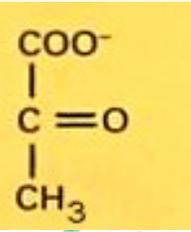
Cadena respiratoria (cadena transportadora de electrones). En ella se oxidan los compuestos reducidos formados en la glucolisis, activación del piruvato y ciclo de Krebs, produciéndose una fosforilación oxidativa (formación de ATP). Esta situada en la **membrana interna mitocondrial** en la que se encuentra el enzima **ATP sintasa**, reponsable de la formación de ATP

GLUCOLISIS

FIGURA 13.3

Visión general de la glucólisis. Esta presentación resumida de la glucólisis muestra los intermediarios clave y las reacciones en cada una de las dos fases principales. En la fase de generación de energía, se producen dos ATP por cada ATP utilizado en la fase de inversión de energía.



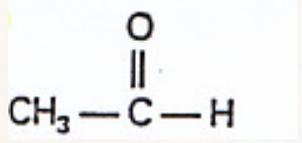


Piruvato

a Fermentación del ácido láctico
Células animales y bacterias del ácido láctico

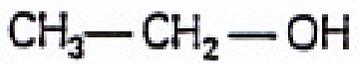
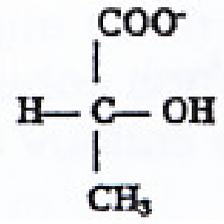
b Fermentación alcohólica
Levadura

Acetaldehído



Lactato

Etanol



H⁺ + NADH

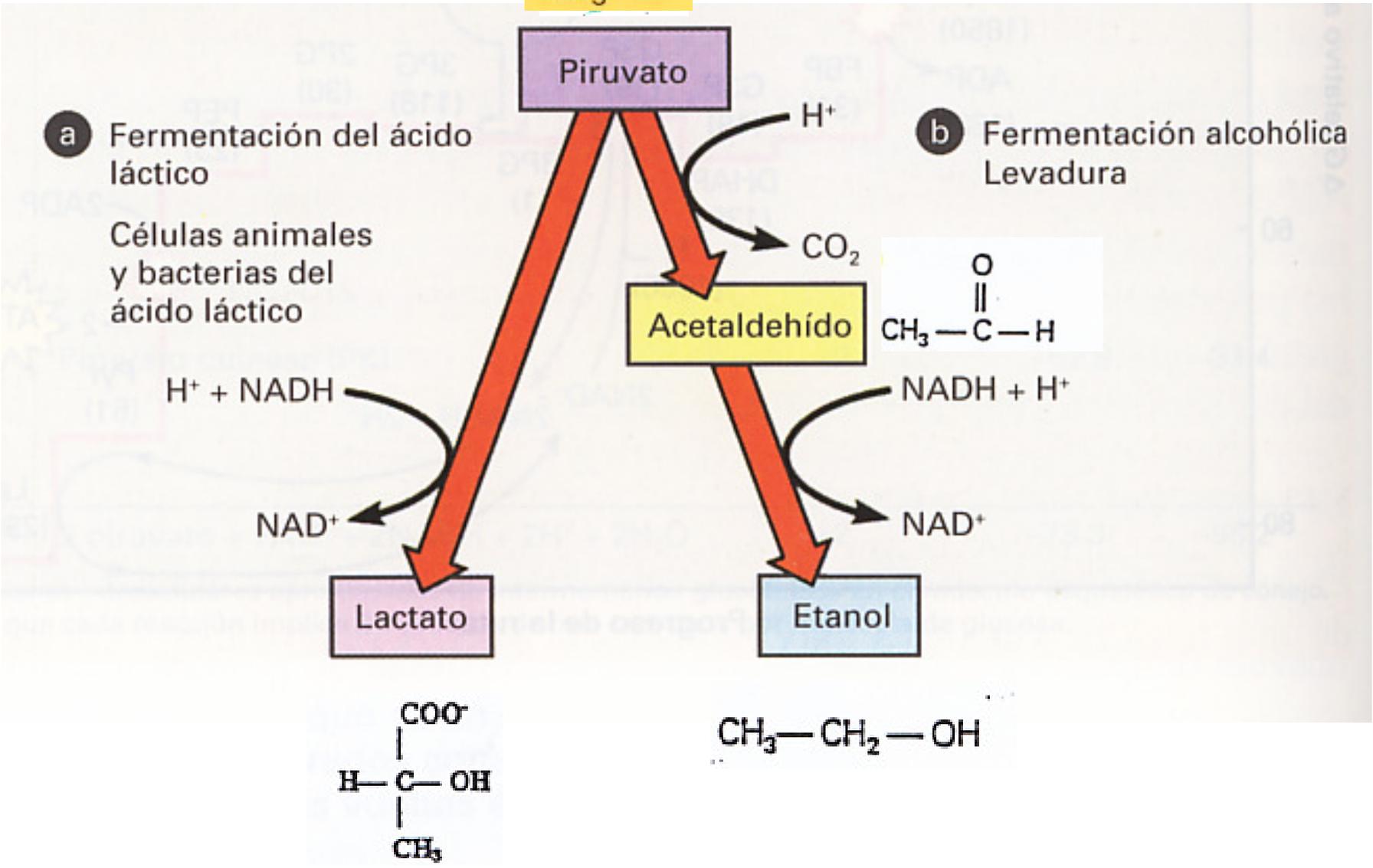
NAD⁺

H⁺

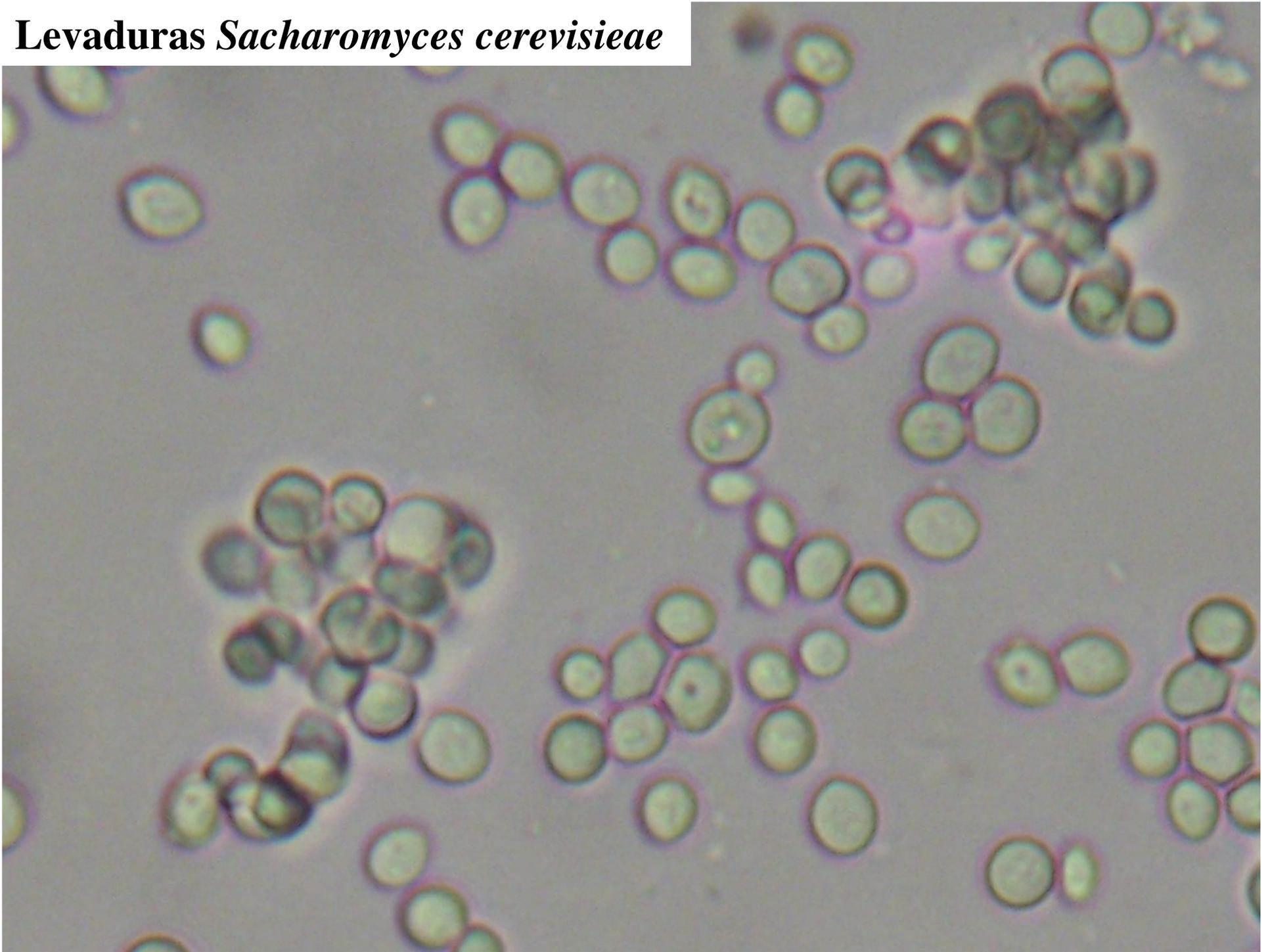
CO₂

NADH + H⁺

NAD⁺



Levaduras *Sacharomyces cerevisiae*

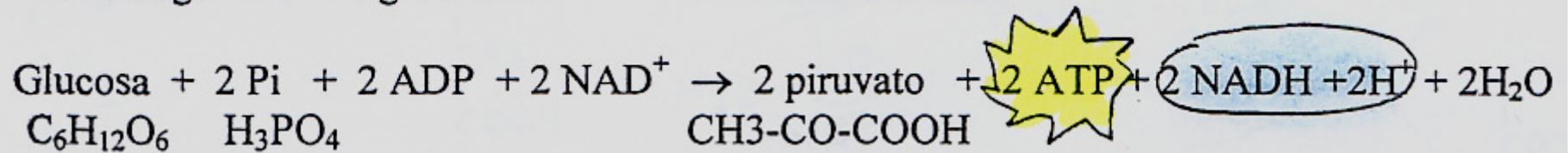


Lactobacillus bulgaricus x1000

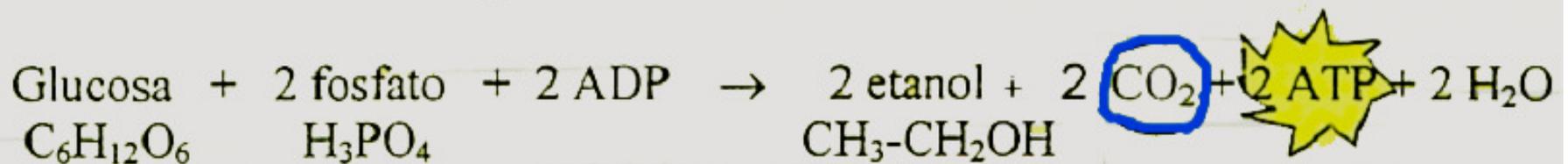
Streptococcus termophilus x1000



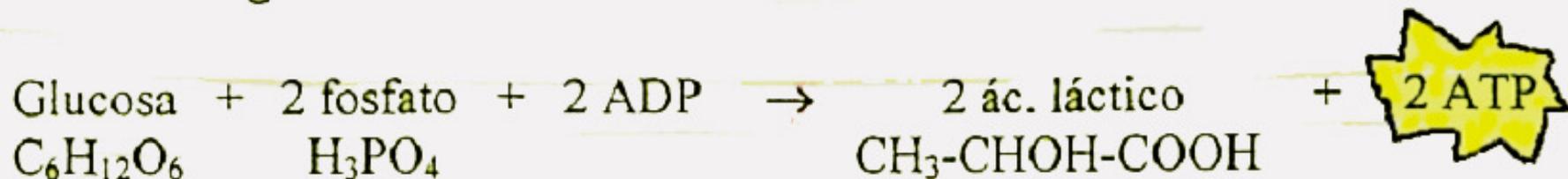
Balance global de la glucólisis:



Recordemos el balance global de la fermentación alcohólica:



El balance global de la fermentación láctica es:



CICLO DE KREBS

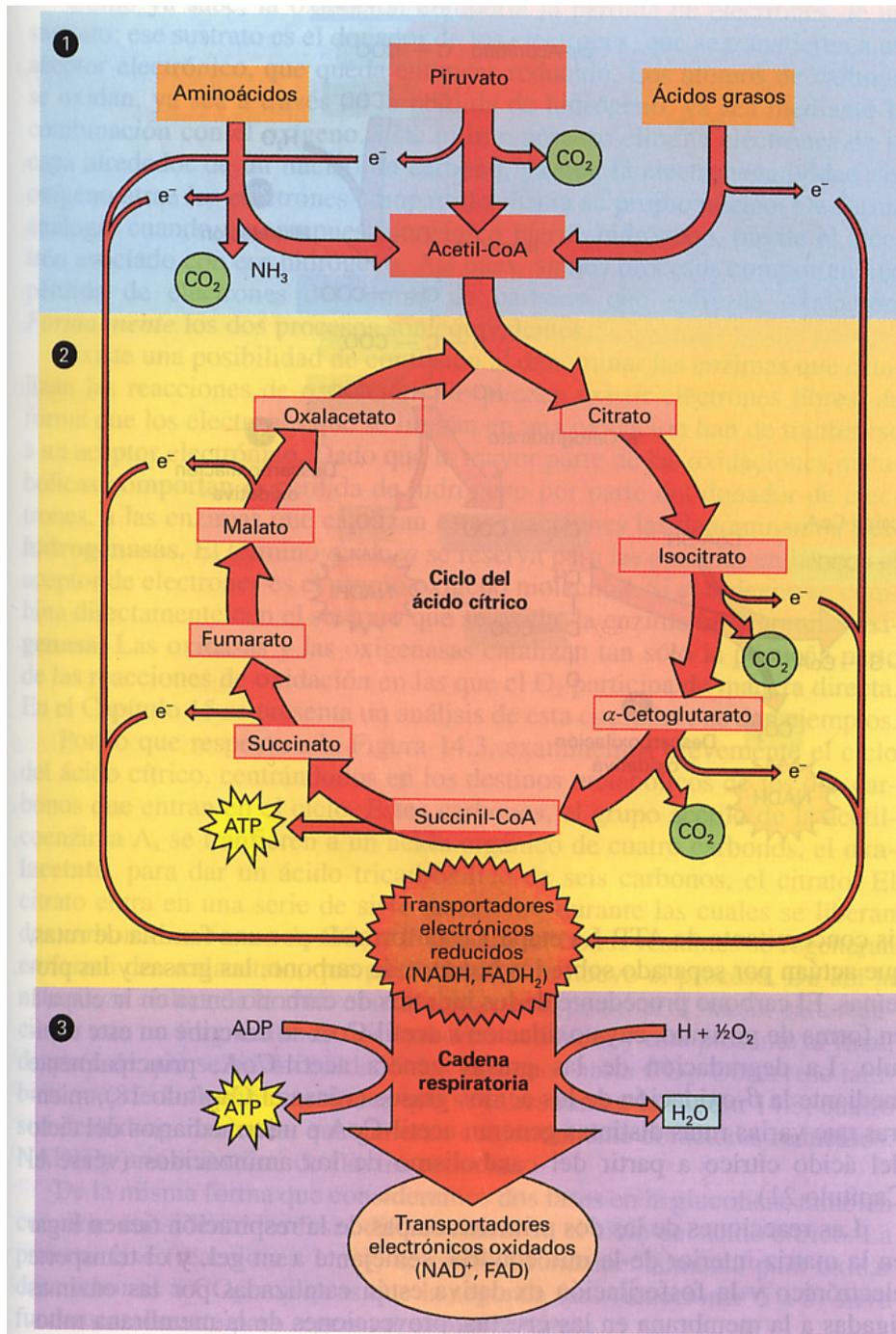
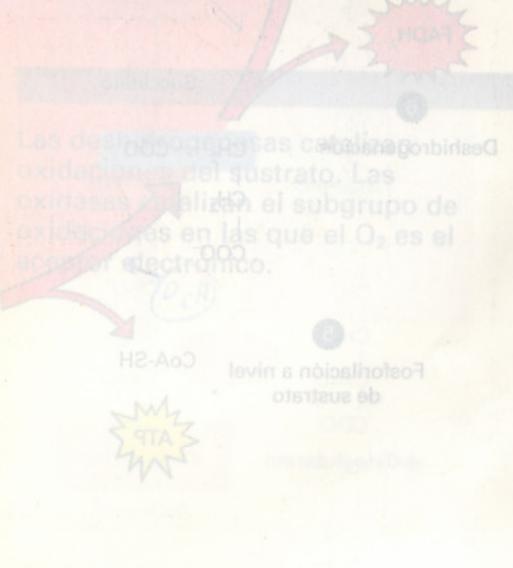
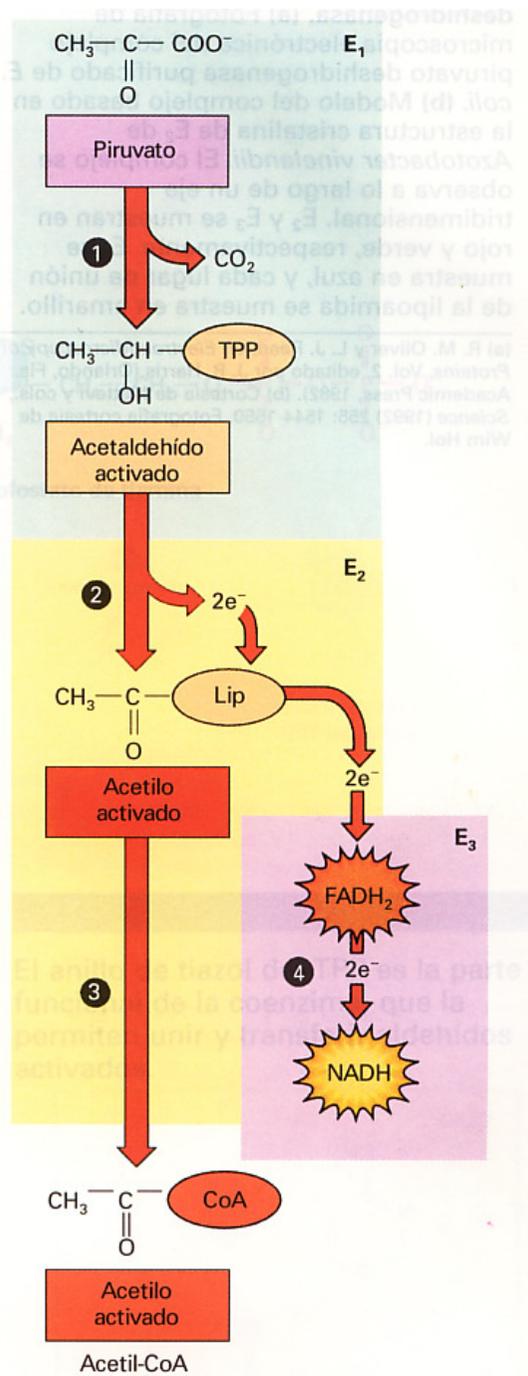


FIGURA 14.2

Las tres etapas de la respiración. En la etapa 1, el carbono de los combustibles metabólicos se incorpora a la acetil-CoA. En la etapa 2, el ciclo del ácido cítrico, la oxidación del carbono produce CO_2 , transportadores electrónicos reducidos y una pequeña cantidad de ATP. En la etapa 3, los transportadores electrónicos reducidos se reoxidan, aportando energía para la síntesis de ATP adicional.



Destino de los átomos de carbono en el ciclo del ácido cítrico. La acetil-CoA que se incorpora al ciclo del ácido cítrico está representada (en azul) para indicar el destino de sus carbonos hasta llegar al malato. Los grupos carboxilo que abandonan el ciclo como CO_2 se muestran en verde. Obsérvese que estos grupos que salen contienen carbonos incorporados como acetil-CoA en las primeras vueltas del ciclo.



Clave de las coenzimas:

-  TPP Pirofosfato de tiamina
-  Lip Ácido lipoico
-  FADH_2 Forma reducida del FAD, nucleótido de flavina y adenina
-  NADH Forma reducida del NAD^+ , dinucleótido de nicotinamida y adenina
-  CoA Coenzima A

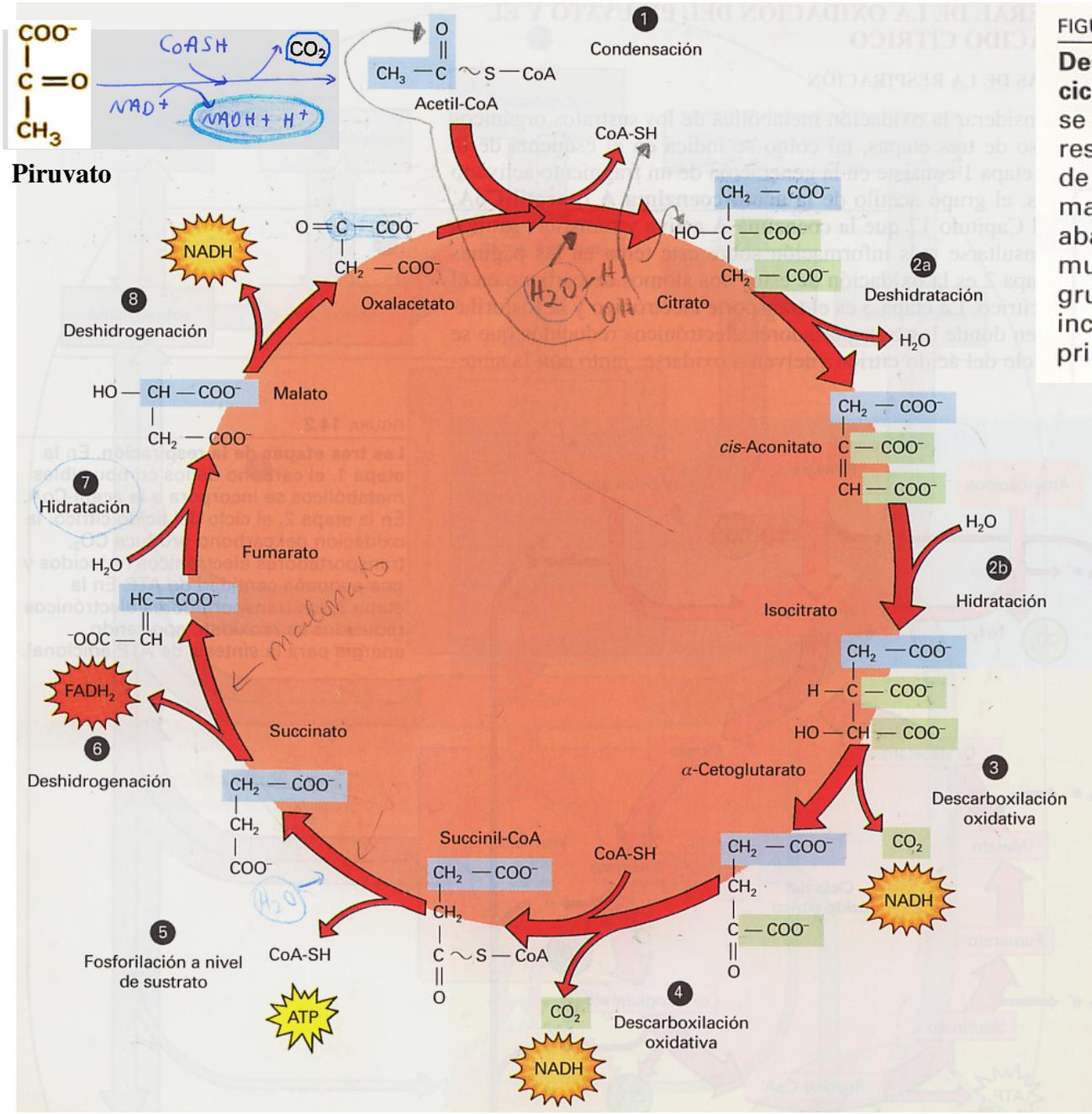
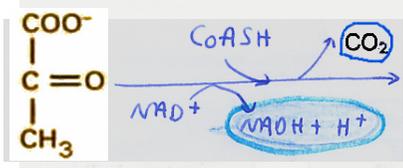


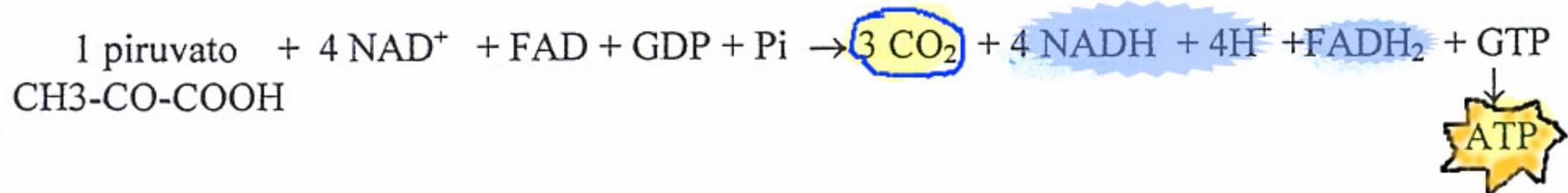
FIGURA 14.3

Destino de los átomos de carbono en el ciclo del ácido cítrico. La acetil-CoA que se incorpora al ciclo del ácido cítrico está resaltada (en azul) para indicar el destino de sus dos carbonos hasta llegar al malato. Los grupos carboxilo que abandonan el ciclo como CO₂ se muestran en verde. Obsérvese que estos grupos que salen contienen carbonos incorporados como acetil-CoA en las primeras vueltas del ciclo.

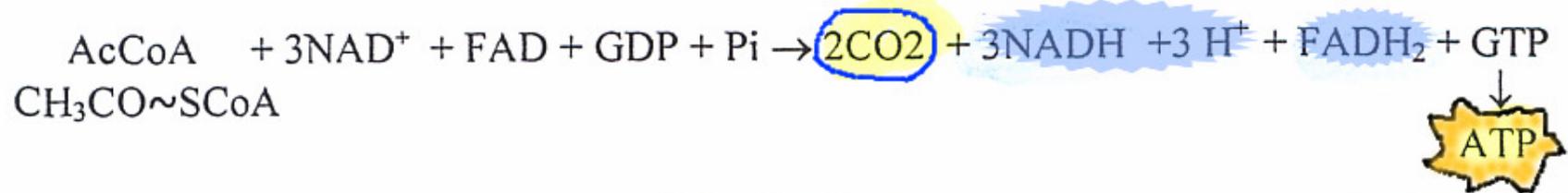
Piruvato



Balance de la degradación del ácido pirúvico:



Balance de la degradación del acetil Co A (ciclo de Krebs):



CADENA RESPIRATORIA

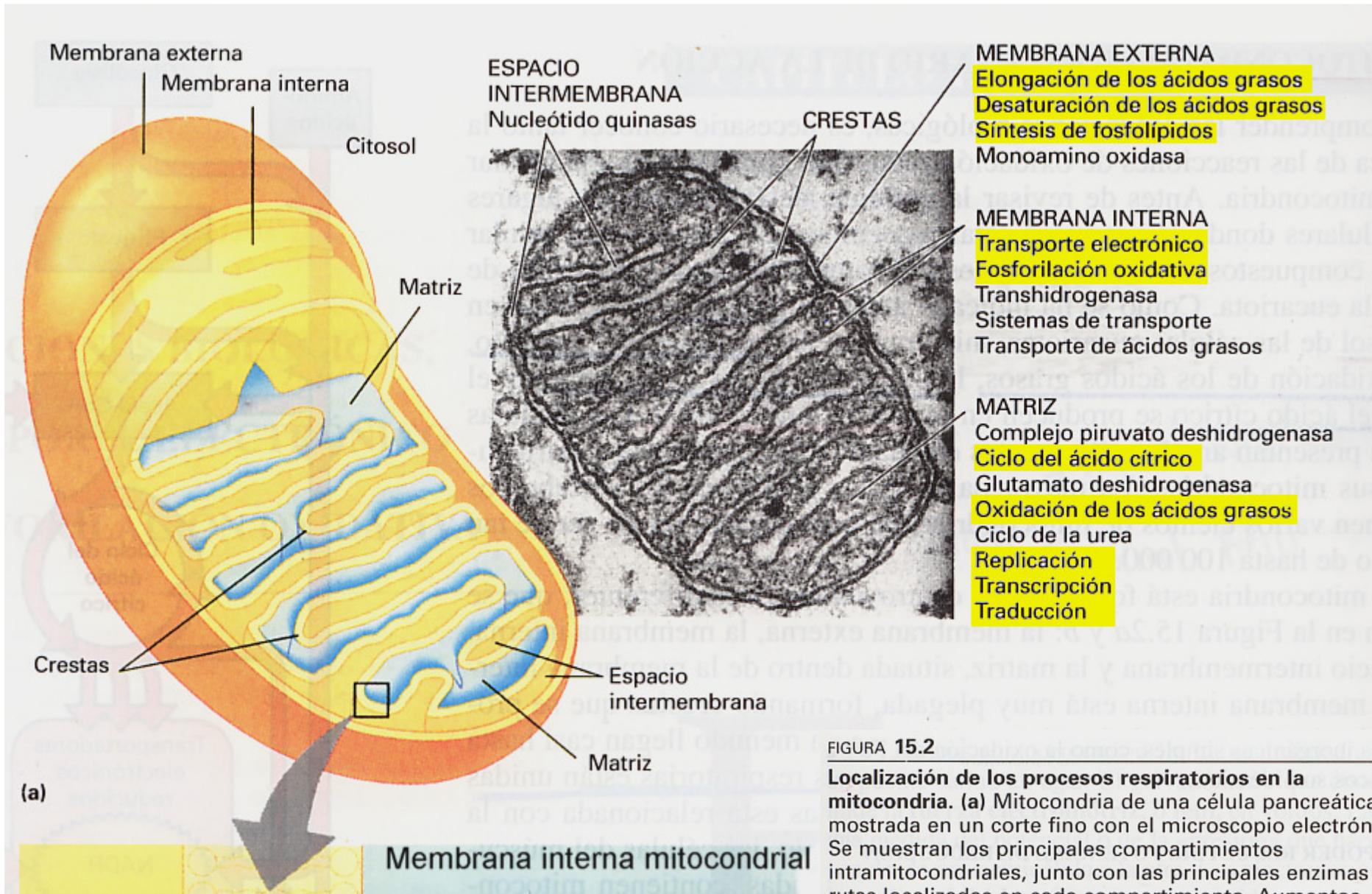
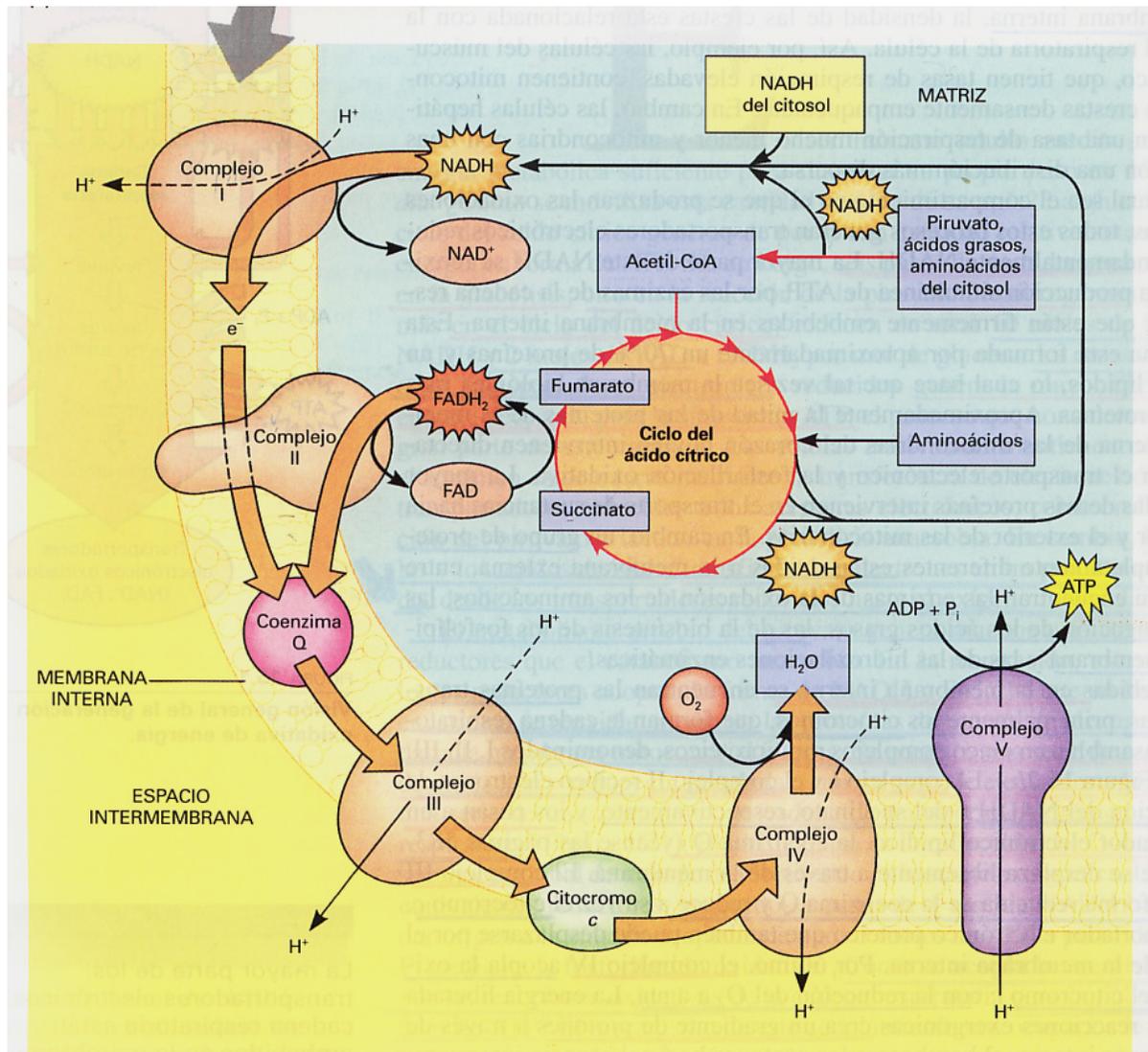


FIGURA 15.2

Localización de los procesos respiratorios en la mitocondria. (a) Mitocondria de una célula pancreática, mostrada en un corte fino con el microscopio electrónico. Se muestran los principales compartimentos intramitocondriales, junto con las principales enzimas y rutas localizadas en cada compartimento. Aumentos, $\times 155\,000$.



(b) Visión general de la fosforilación oxidativa. Los transportadores electrónicos reducidos, producidos por las deshidrogenasas citosólicas y las rutas oxidativas mitocondriales, vuelven a oxidarse por los complejos enzimáticos unidos en la membrana interna. Estos complejos bombean activamente protones hacia el exterior, creando un gradiente energético cuya descarga impulsa la síntesis de ATP.

(a) Fotografía cortesía de A. Tzagoloff, *Mitochondrial* (Nueva York: Plenum, 1982).

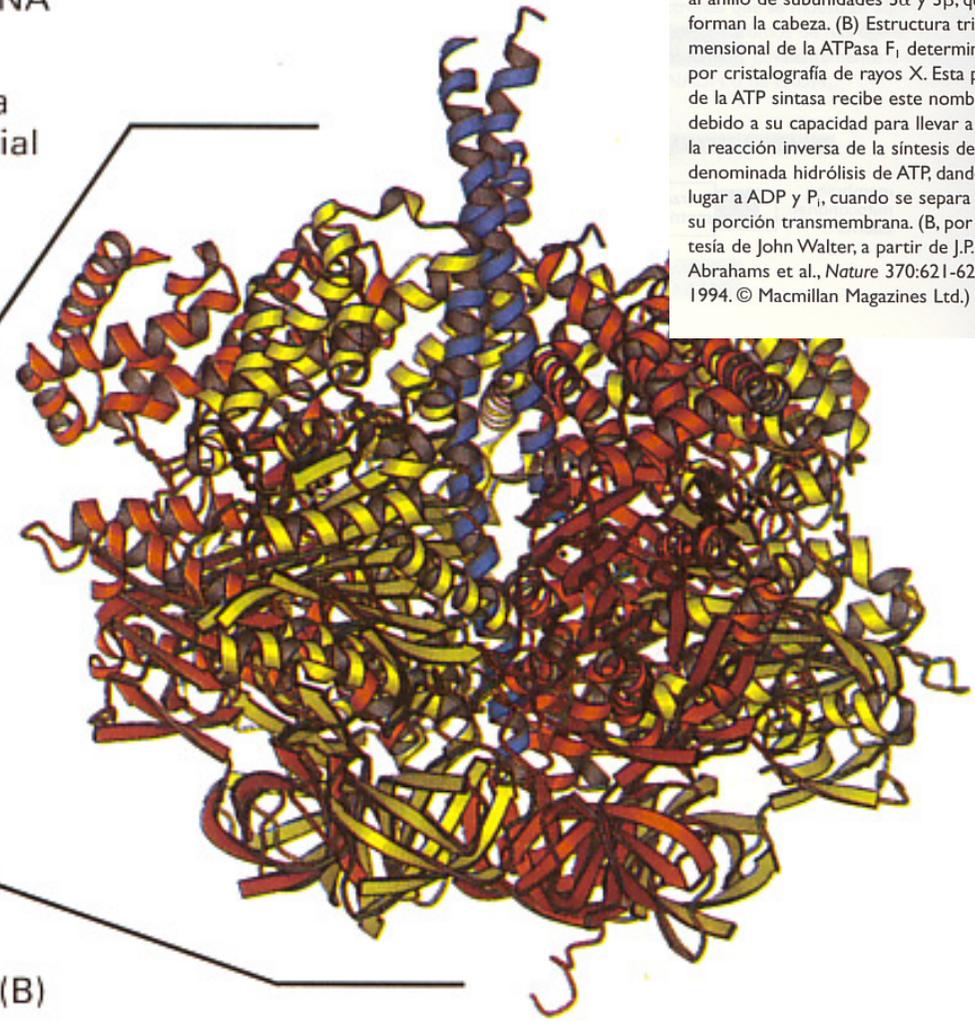
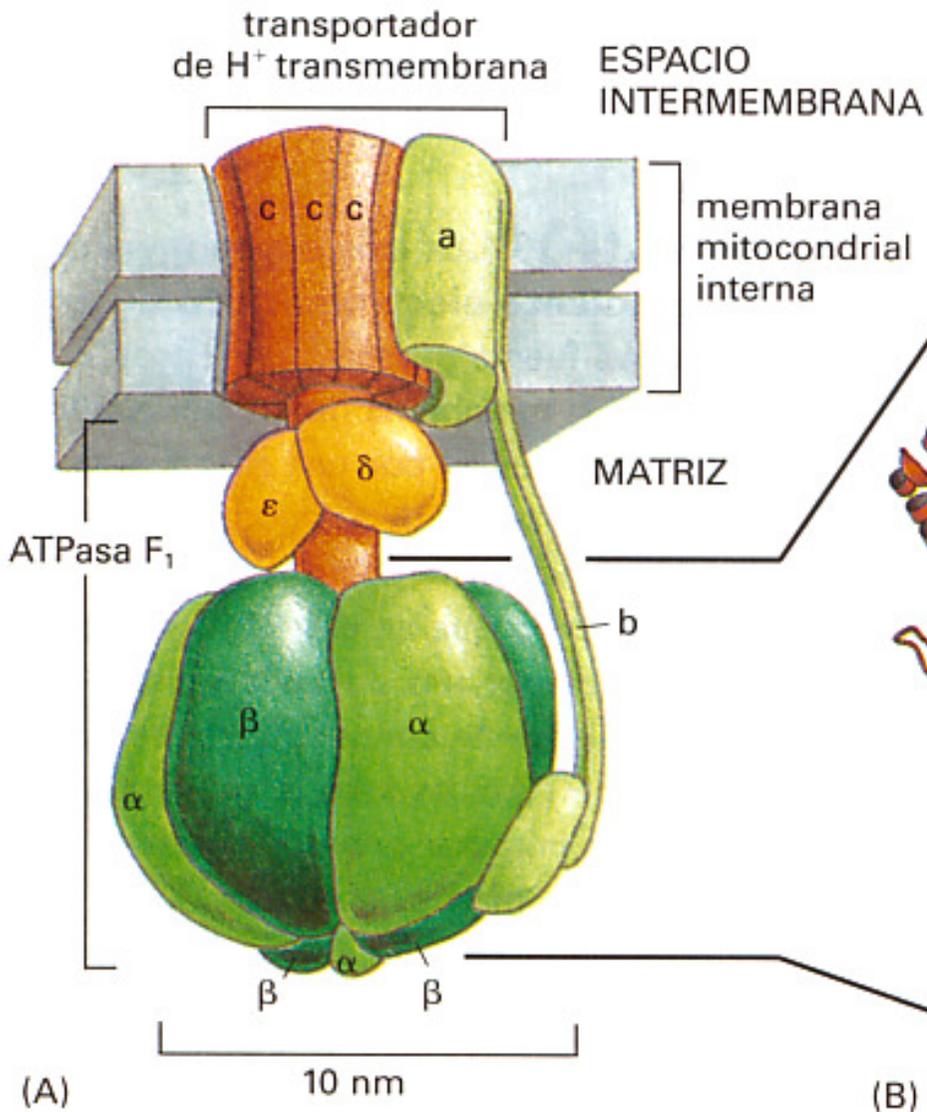


Figura 14-15 ATP sintasa. (A) La enzima está compuesta por una cabeza, denominada ATPasa F₁, y un transportador de H⁺ transmembrana, denominado F₀. Ambas partes están formadas por múltiples subunidades. Una especie de tallo rotatorio gira con un rotor formado por un anillo que tiene de 10 a 14 subunidades c en la membrana (rojo). El estativo (verde) está formado por una subunidad transmembrana a unida a otras subunidades que forman una especie de brazo alargado. Este brazo fija el estativo al anillo de subunidades 3α y 3β, que forman la cabeza. (B) Estructura tridimensional de la ATPasa F₁, determinada por cristalografía de rayos X. Esta parte de la ATP sintasa recibe este nombre debido a su capacidad para llevar a cabo la reacción inversa de la síntesis de ATP, denominada hidrólisis de ATP, dando lugar a ADP y P_i, cuando se separa de su porción transmembrana. (B, por cortesía de John Walter; a partir de J.P. Abrahams et al., *Nature* 370:621-628, 1994. © Macmillan Magazines Ltd.)

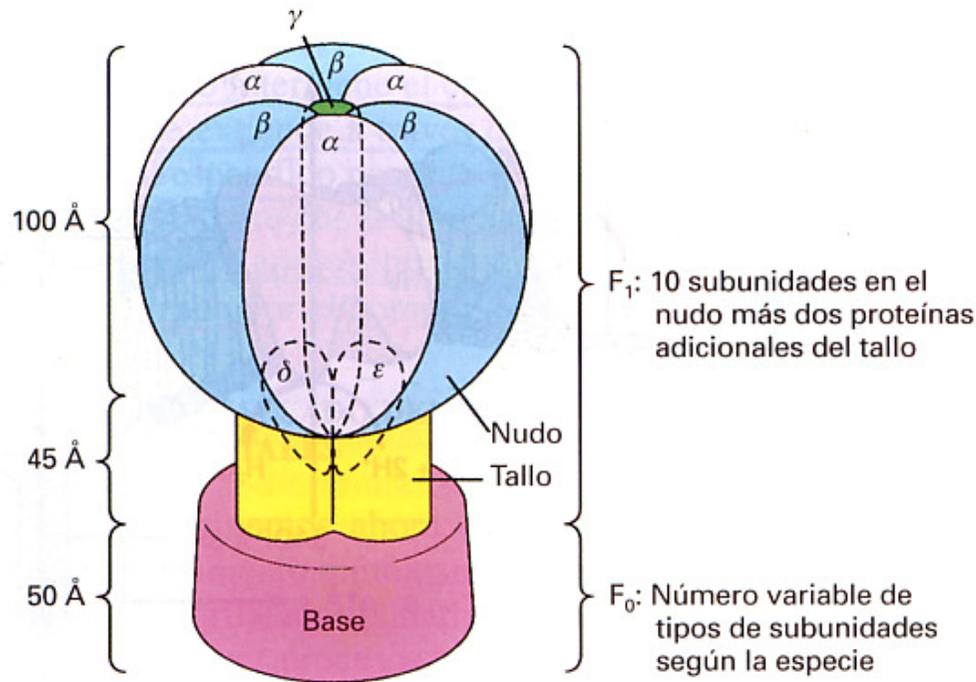


FIGURA 15.14

Estructura del complejo F₀F₁. El complejo F₀F₁, también denominado ATP sintasa o complejo V, contiene un nudo F₁ que se proyecta en la matriz y está conectado mediante un tallo a la base F₀. El nudo F₁ contiene tres dímeros de subunidades αβ y una copia de cada una de las subunidades γ, δ y ε. La composición de subunidades de la base F₀ es muy variable.

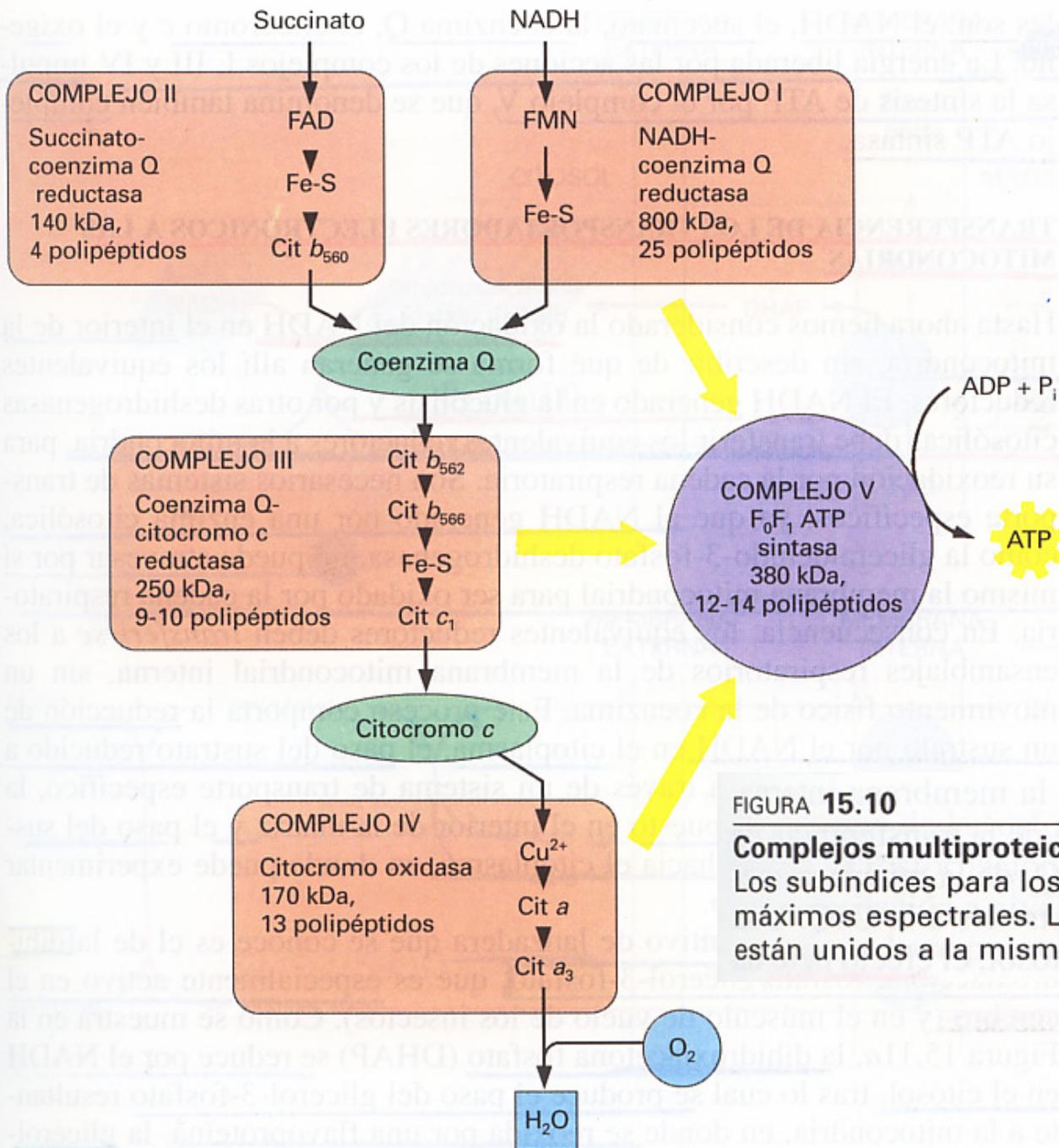
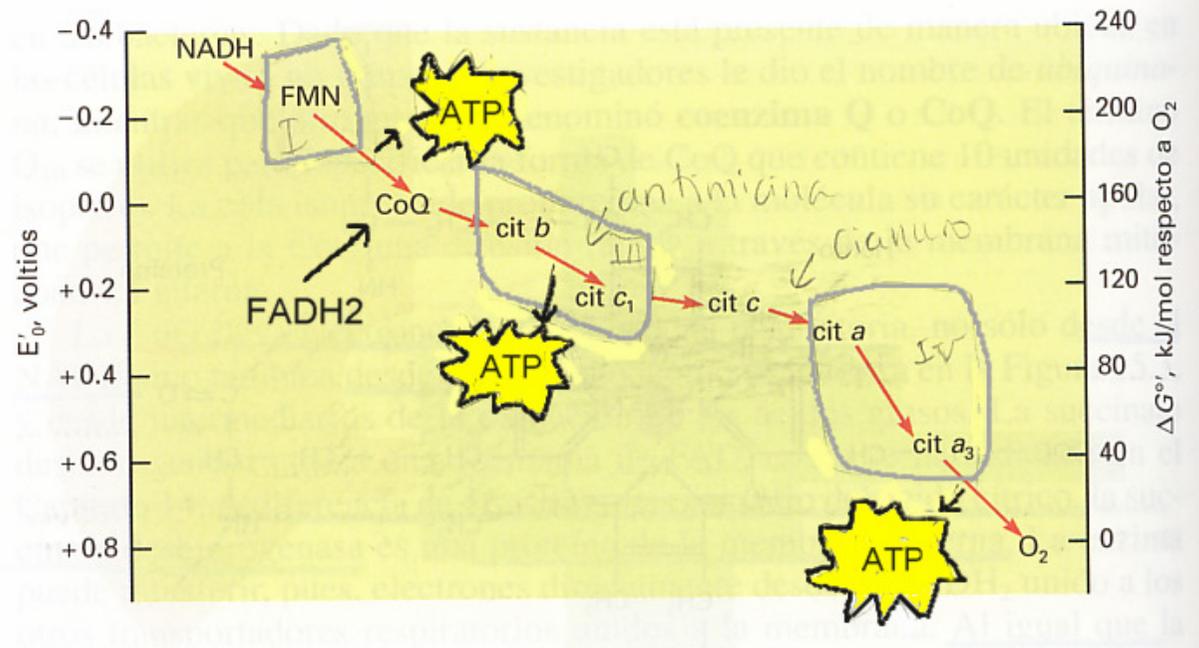


FIGURA 15.10

Complejos multiproteicos en el ensamblaje respiratorio. Los subíndices para los citocromos b indican sus máximos espectrales. Los dos hemos b del complejo III están unidos a la misma cadena polipeptídica.

FIGURA 15.7

Potenciales de reducción estándar de los principales transportadores electrónicos respiratorios. Tres reacciones de la cadena respiratoria tienen valores de ΔG° superiores a 31 kJ/mol, que es el valor de ΔG° para la hidrólisis del ATP: $\text{FMN} \rightarrow \text{CoQ}$, $\text{cit } b \rightarrow \text{cit } c_1$, y $\text{cit } a \rightarrow \text{O}_2$.

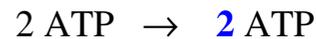


RENDIMIENTO ENERGÉTICO Y BALANCE GLOBAL DE LA RESPIRACIÓN

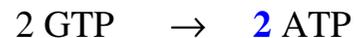
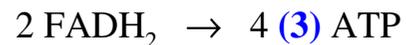
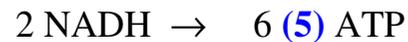
Como hemos dicho antes, en la cadena transportadora de e^- se van a oxidar tanto los NADH procedentes de la glucólisis, de la activación del piruvato acetil CoA y del ciclo de Krebs, como los $FADH_2$ producidos en el ciclo de Krebs.

Como cada $NADH_2$ rinde 3 (2,5) ATP en la cadena transportadora y cada $FADH_2$ rinde 2 (1,5) ATP, el rendimiento energético, por cada molécula de glucosa oxidada o respirada, en cada proceso, es el siguiente:

Glucolisis



Piruvato a acetil CoA y ciclo de Krebs. Hay que multiplicar todo por dos, porque por cada molécula de glucosa se producen 2 moléculas de ác. pirúvico.



Por lo tanto se producen 38 (32) ATP por cada molécula de glucosa oxidada. A veces se consideran 36 (30) ATP porque en algunos tipos celulares se gastan dos ATP al introducir en $NADH + H$ producido en la glucólisis en la mitocondria.

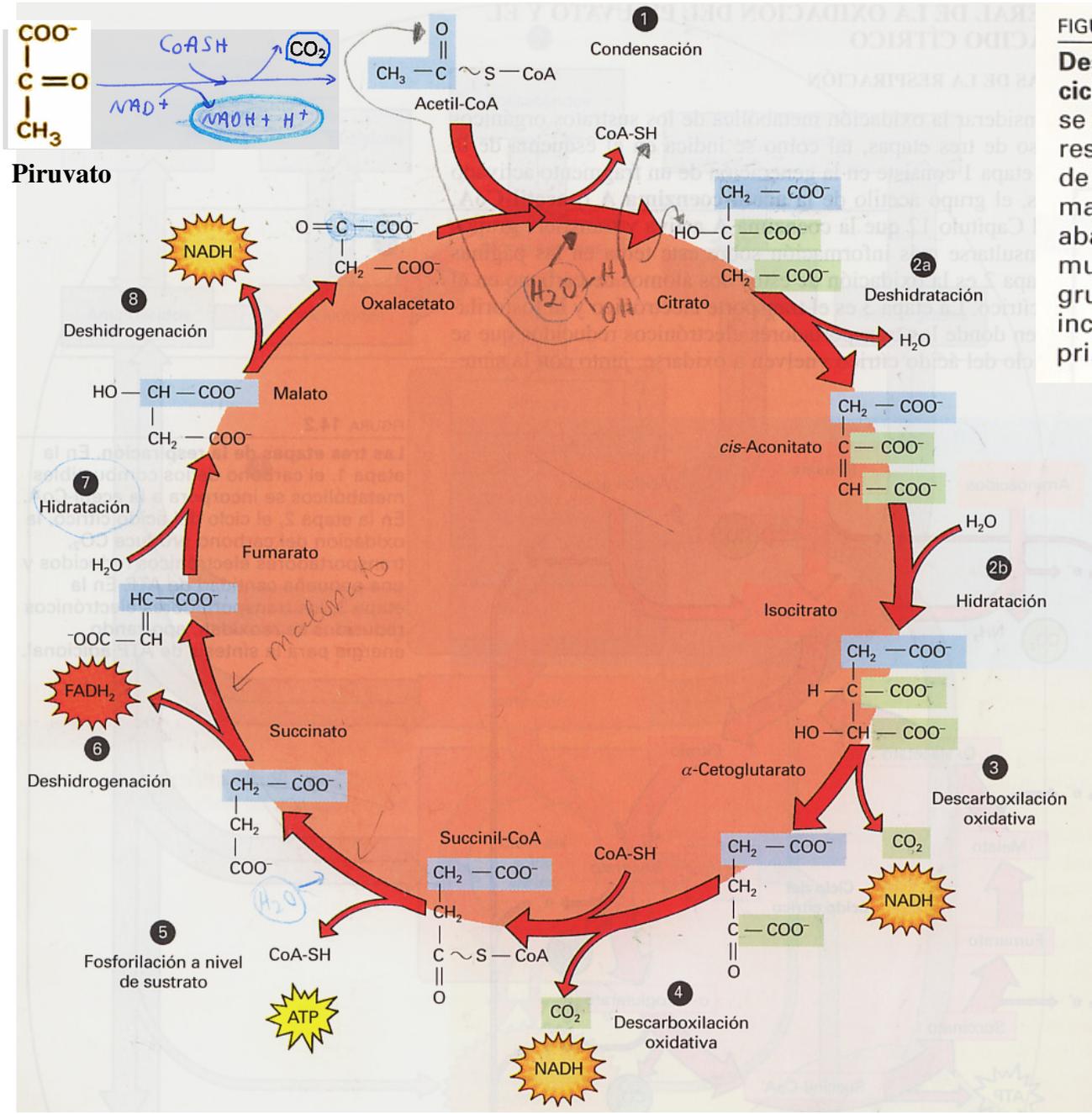
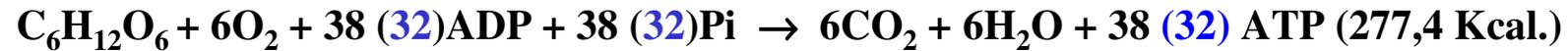


FIGURA 14.3

Destino de los átomos de carbono en el ciclo del ácido cítrico. La acetil-CoA que se incorpora al ciclo del ácido cítrico está resaltada (en azul) para indicar el destino de sus dos carbonos hasta llegar al malato. Los grupos carboxilo que abandonan el ciclo como CO₂ se muestran en verde. Obsérvese que estos grupos que salen contienen carbonos incorporados como acetil-CoA en las primeras vueltas del ciclo.

El balance global de la respiración aerobia de la glucosa es:



glucosa

Dado que cada enlace rico en energía del ATP equivale a 7,3 Kcal./mol, un mol de glucosa respirado (180 gr) produce una energía de 277,4 **(233,6)** Kilocalorías.

CATABOLISMO DE LOS LÍPIDOS

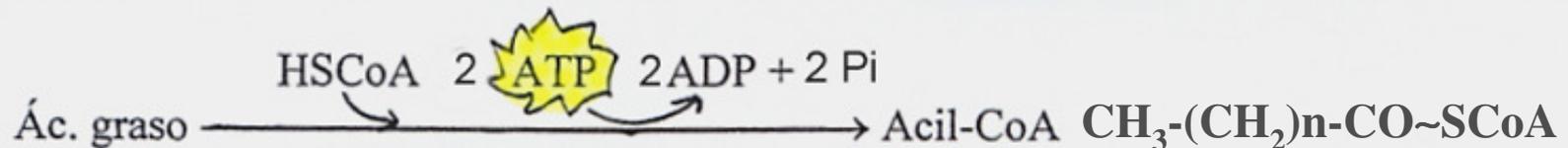
GRASAS

RESPIRACIÓN DE LOS ÁC. GRASOS

1. ACTIVACIÓN DEL ÁCIDO GRASO

Los ácidos grasos saturados con un número par de átomos de carbono son degradados a varias moléculas de Acetil-CoA en la matriz mitocondrial después de haber sido activados a nivel de las membranas mitocondriales.

La reacción de activación consiste en la unión del ácido graso con una molécula de CoASH. Esta reacción se produce gracias a la energía que aporta la hidrólisis de una molécula de ATP. Como consecuencia de esta activación se forma el Acil-CoA* o ácido graso activado que será transportado hasta la matriz mitocondrial a través de la membrana interna:



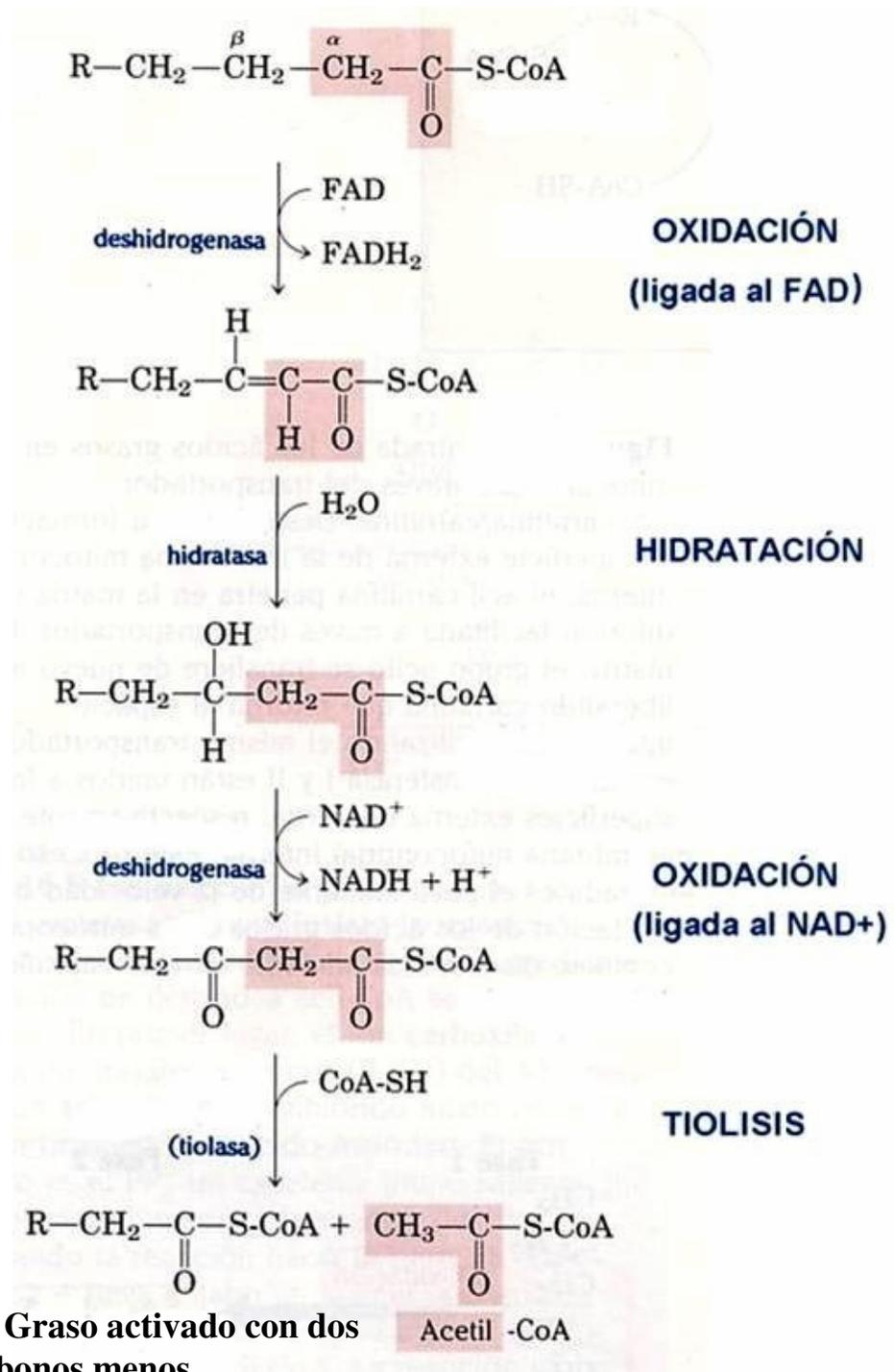
* No confundir el Acil-CoA que es el ácido graso activado con el Acetil-CoA, que es la forma activada del ácido acético y por lo tanto tiene únicamente dos carbonos.

2. β -OXIDACIÓN DEL ÁCIDO GRASO

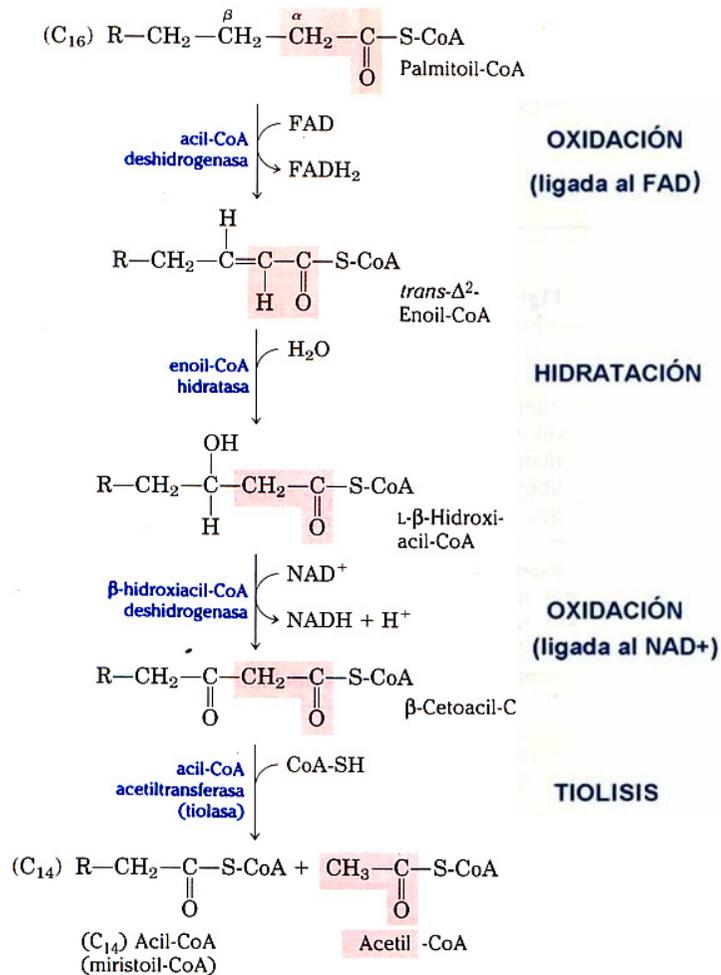
Consiste en la degradación del ácido graso a través de una secuencia repetitiva de 4 reacciones, que van rompiendo la molécula de ácido graso en fragmentos de dos carbonos (Acetil CoA) por el extremo carboxílico. Como el sitio de ruptura corresponde al carbono β , se denomina al proceso, en conjunto, β oxidación.

Las cuatro reacciones son:

- Oxidación ligada al FAD
- Hidratación
- Oxidación ligada al NAD
- Tiolisis (ruptura de la molécula de ácido graso e incorporación de una nueva molécula de CoASH)



Ác. Graso activado con dos carbonos menos. Acetil -CoA



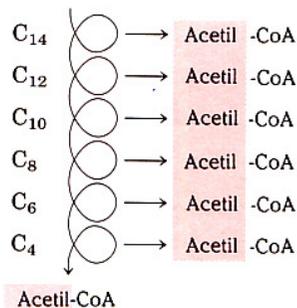
OXIDACIÓN
(ligada al FAD)

HIDRATACIÓN

OXIDACIÓN
(ligada al NAD⁺)

TIOLISIS

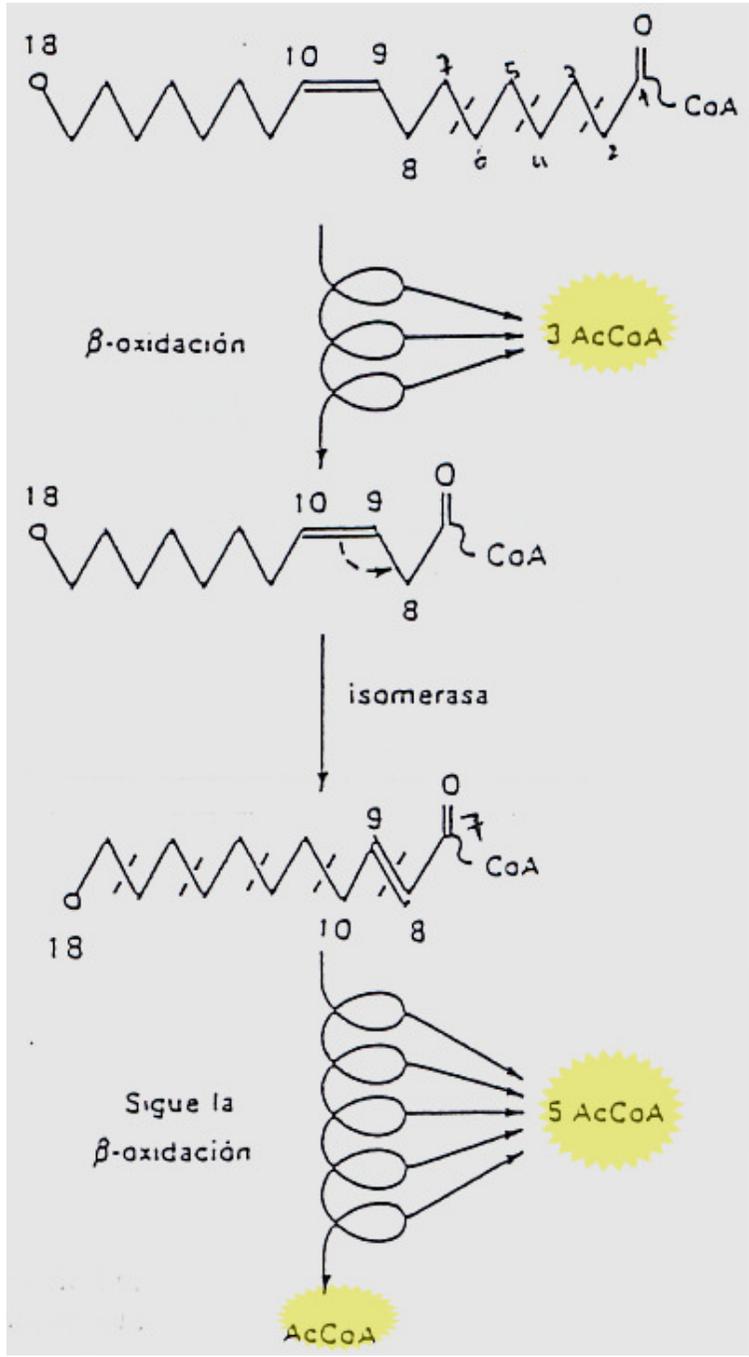
(a)



(b)

β oxidación de un ácido graso saturado,
ácido palmítico (ác. hexadecanoico):

Figura 16-8 Oxidación de ácidos grasos (β-oxidación). **(a)** En cada uno de los pasos de esta secuencia, un grupo acetilo (sombreado en rojo) es eliminado en forma de acetil-CoA del extremo carboxilo del palmitato (C₁₆), que entra en la secuencia en forma de palmitoil-CoA. **(b)** Seis pasos más a través de la vía generan siete nuevas moléculas de acetil-CoA, la séptima de las cuales procede de los dos últimos átomos de carbono de la cadena de 16 carbonos. En total se forman ocho moléculas de acetil-CoA.



Ejemplo: Ácidos grasos insaturados en posición impar (Δ^9): por ej., ácido oleico (9-cis-octadenoico)

Espiral de la β -oxidación de los ácidos grasos. En cada vuelta de la espiral se elimina un fragmento acetilo (dos carbonos) excepto en la última vuelta en que se obtienen dos fragmentos acetilo.

3. RENDIMIENTO ENERGÉTICO

Las moléculas de Acetil CoA que se forman en la tiolisis se van a oxidar en el ciclo de Krebs (condensándose con el ác. oxalacético).

Como sabemos en **cada ciclo de Krebs se generan 3 moléculas de NADH, 1 de FADH₂ y se forma una molécula de ATP**. Además cada molécula de NADH cuando se oxida en la cadena transportadora de electrones libera suficiente energía para formar 3 (**2,5**) moléculas de ATP y de igual manera cada molécula de FADH₂ oxidada también en la cadena transportadora de electrones da lugar a la síntesis de 2 (**1,5**) moléculas de ATP.

También se van a oxidar en la cadena transportadora de electrones los NADH y los FADH₂ procedentes de la β-oxidación: **1 NADH y un FADH₂ por cada β-oxidación**.

Ejemplo. Rendimiento energético de la oxidación del ác. palmítico, ácido graso saturado de 16 átomos de carbono:

Sufre 7 β-oxidaciones que originan 8 moléculas de Acetil-CoA, 7 NADH y 7 FADH₂. Cada AcetilCoA origina 3 NADH y 2 FADH₂.

7 FADH ₂ de las 7 β-oxidaciones	→	(14 ATP)	10,5 ATP
7 NADH de las 7 β-oxidaciones	→	(21 ATP)	17,5 ATP
8 FADH ₂ de 8 ciclos de Krebs	→	(16 ATP)	12 ATP
24 NADH de 8 ciclos de Krebs	→	(72 ATP)	60 ATP
8 ATP formados a nivel de sustrato (Krebs)	→	<u>8 ATP</u>	8 ATP
Total		(131 ATP)	108 ATP

Como se ha gastado dos ATP en la activación inicial del ácido graso, el rendimiento neto es de **106 ATP** (antes **129 ATP**).

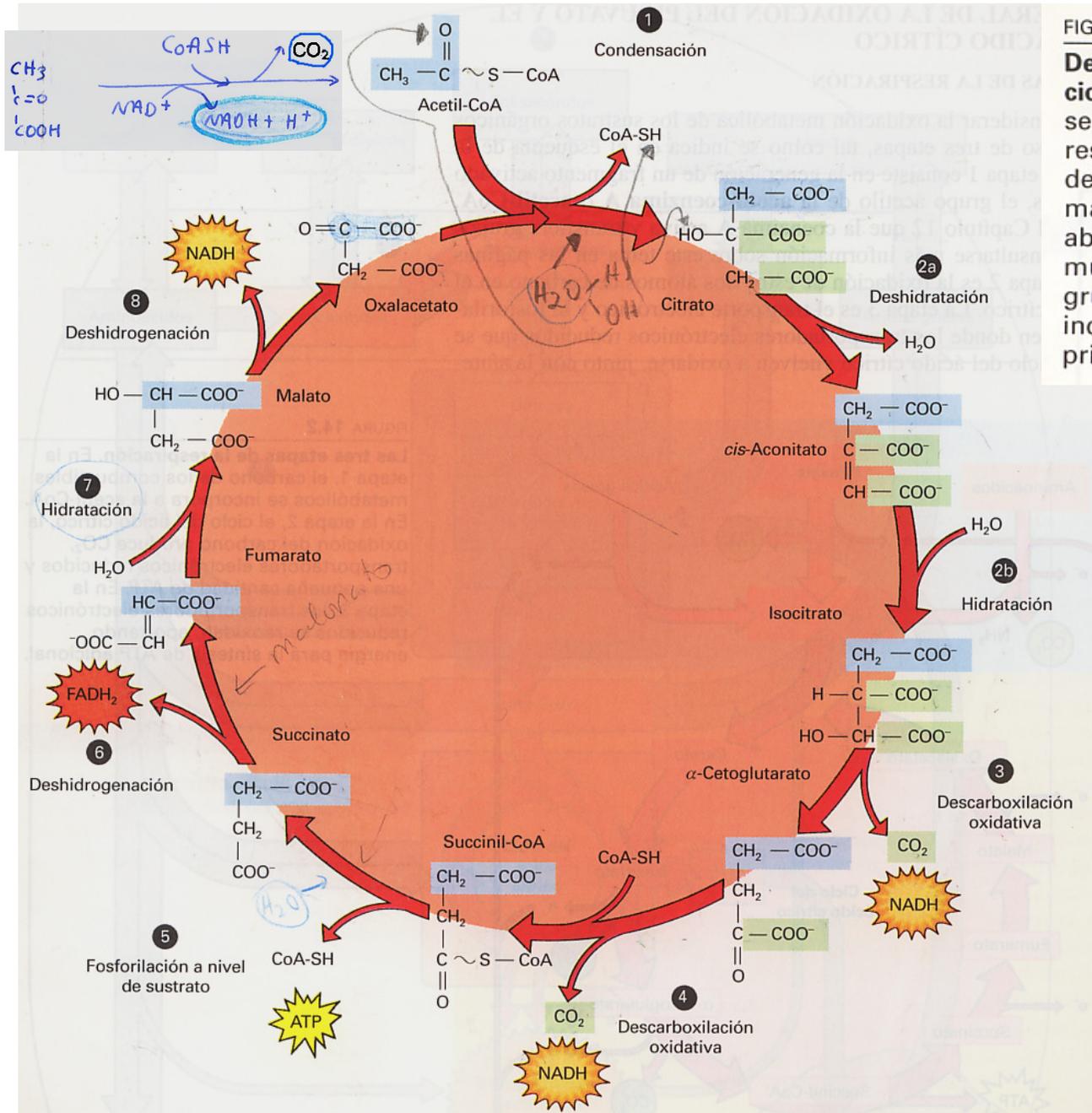


FIGURA 14.3

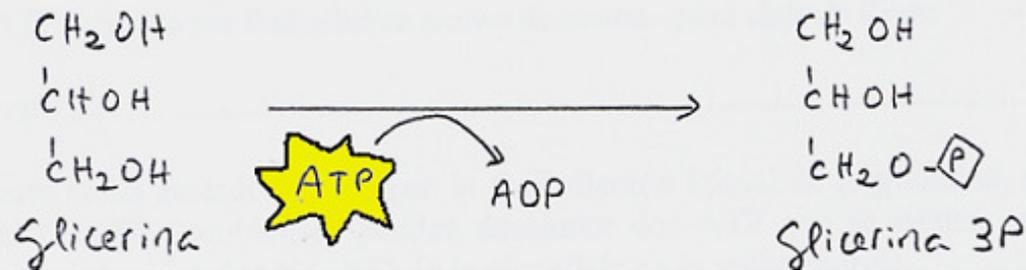
Destino de los átomos de carbono en el ciclo del ácido cítrico. La acetil-CoA que se incorpora al ciclo del ácido cítrico está resaltada (en azul) para indicar el destino de sus dos carbonos hasta llegar al malato. Los grupos carboxilo que abandonan el ciclo como CO_2 se muestran en verde. Obsérvese que estos grupos que salen contienen carbonos incorporados como acetil-CoA en las primeras vueltas del ciclo.

RESPIRACIÓN DE LA GLICERINA

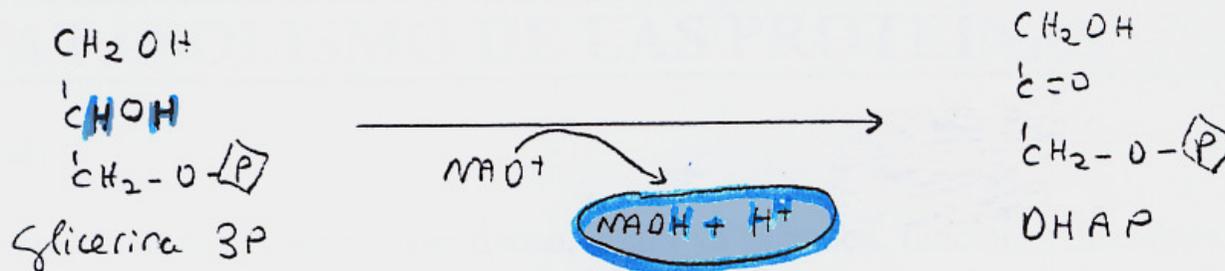
1. FORMACIÓN DE LA DIHIDROXIACETONA-3-FOSFATO.

La glicerina que se obtiene de la hidrólisis de muchos lípidos puede transformarse en dihidroxiacetona e seguir las demás reacciones de la glucólisis para formar finalmente Acetil CoA que se degradará en el ciclo de Krebs. Las reacciones de transformación de la glicerina en dihidroxiacetona **tienen lugar en el citoplasma**, son las siguientes:

- **Fosforilación de la glicerina** (mediante una **quinasa**) a glicerina 3 P. Se gasta una molécula de ATP.



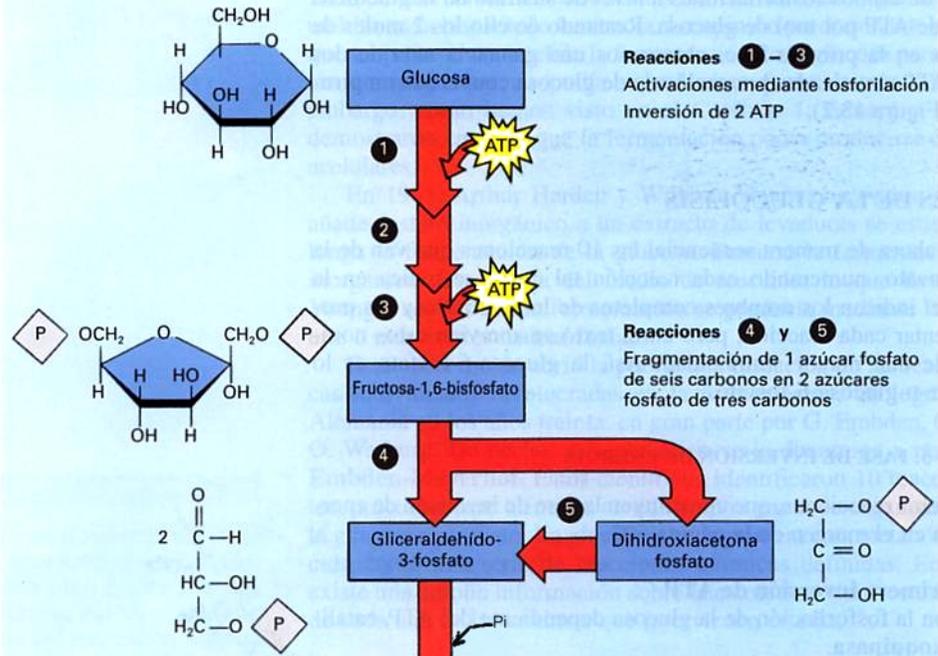
- **Oxidación de la glicerina 3 P** (mediante una **deshidrogenasa**) a dihidroxiacetona 3P.



- **Isomerización** de la dihidroxiacetona 3 P a gliceraldehído 3 P.



FASE DE INVERSIÓN DE ENERGÍA



FASE DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

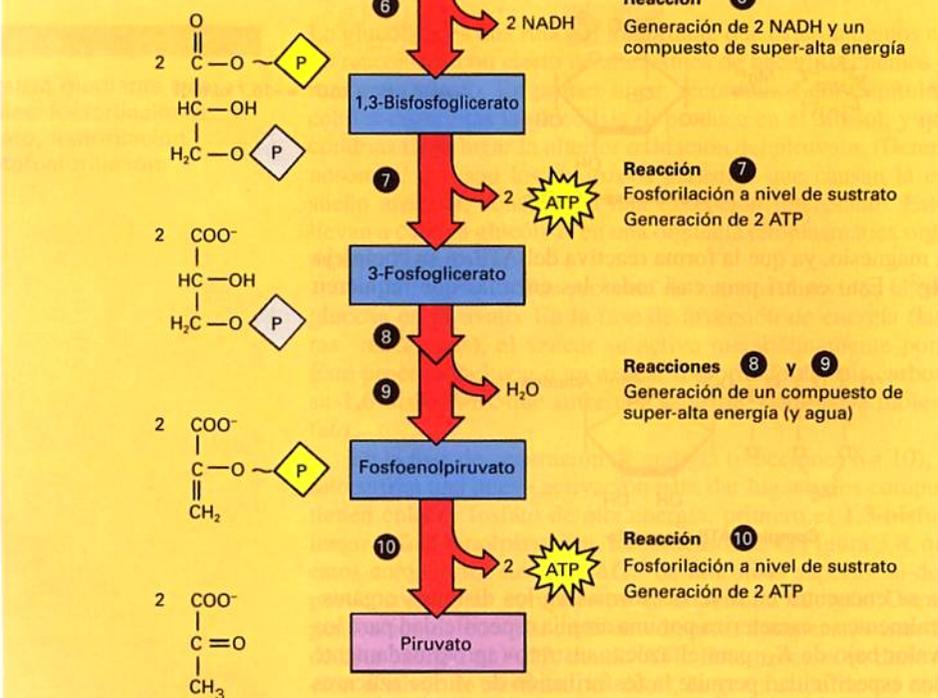
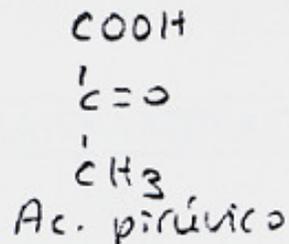


FIGURA 13.3

Visión general de la glucólisis. Esta presentación resumida de la glucólisis muestra los intermediarios clave y las reacciones en cada una de las dos fases principales. En la fase de generación de energía, se producen dos ATP por cada ATP utilizado en la fase de inversión de energía.

2. REACCIONES COMUNES A LA GLUCOLISIS.

Son idénticas a las estudiadas anteriormente y conducen a la formación de ácido pirúvico. Escribe la fórmula del ácido pirúvico.



Se forman **2 ATP** y

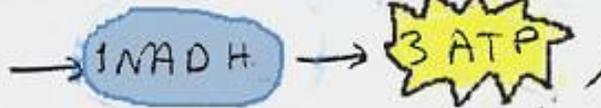


2,5 ATP

3. REACCIONES COMUNES AL METABOLISMO DE LOS GLÚCIDOS.

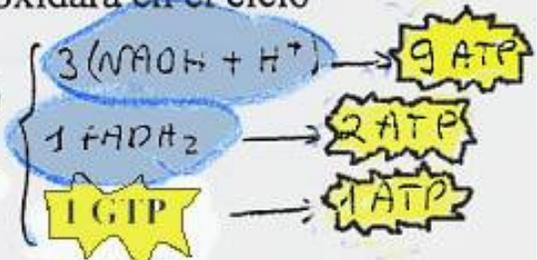
Al ácido pirúvico se decarboxila para dar Acetil CoA que luego se oxidará en el ciclo de Krebs.

de piruvato
a Acetil CoA



2,5 ATP

El Acetil CoA
en el ciclo de
Krebs



7,5 ATP

1,5 ATP

1 ATP

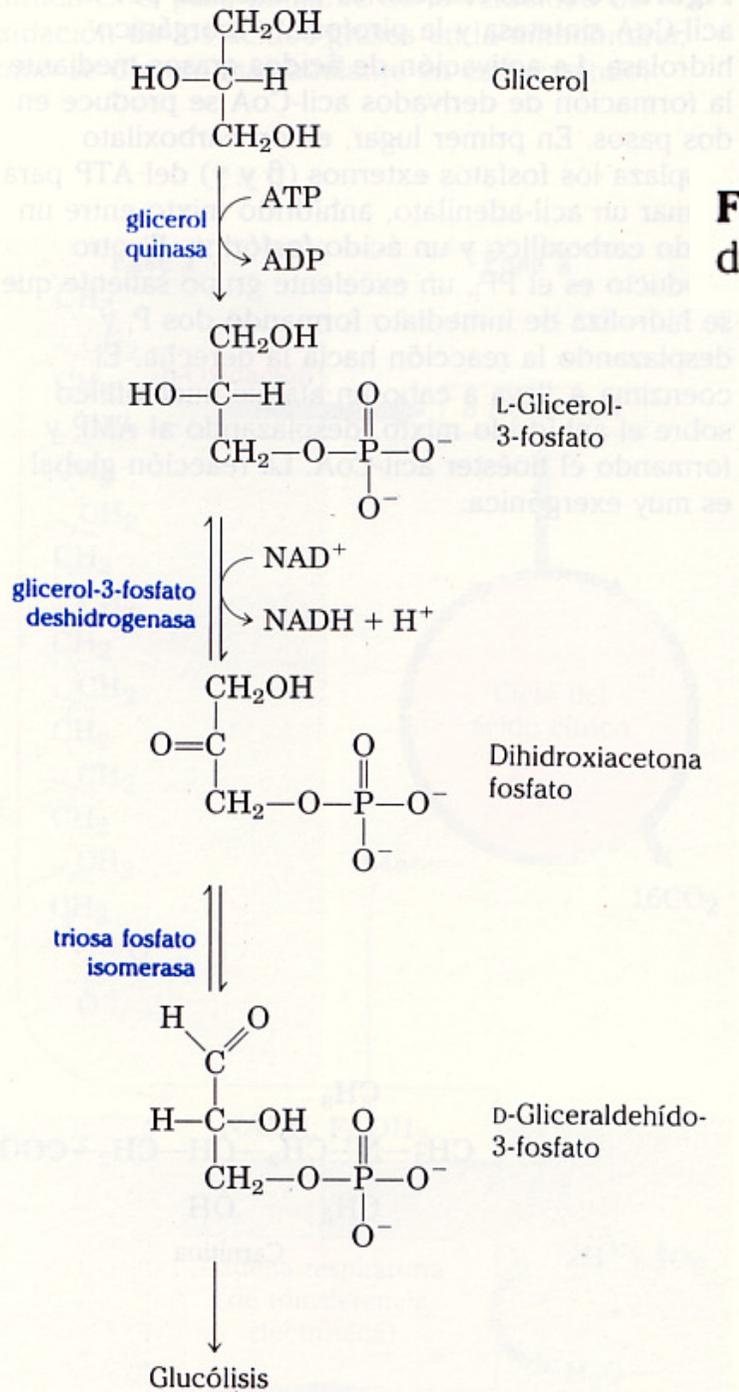
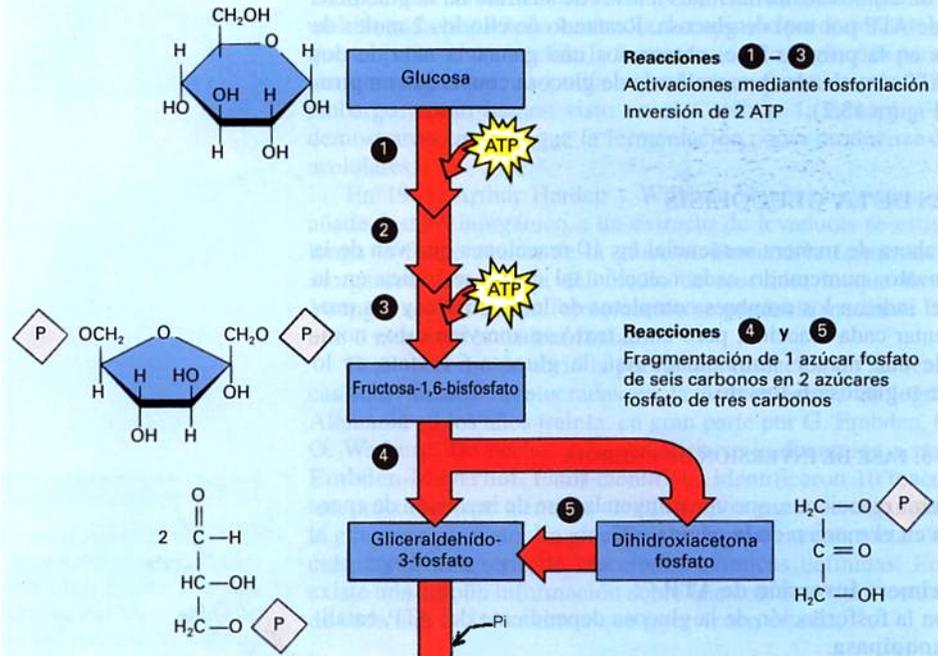


Figura 16-4 Ruta por la que el glicerol procedente de triacilgliceroles penetra en la glucólisis.

FASE DE INVERSIÓN DE ENERGÍA



FASE DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

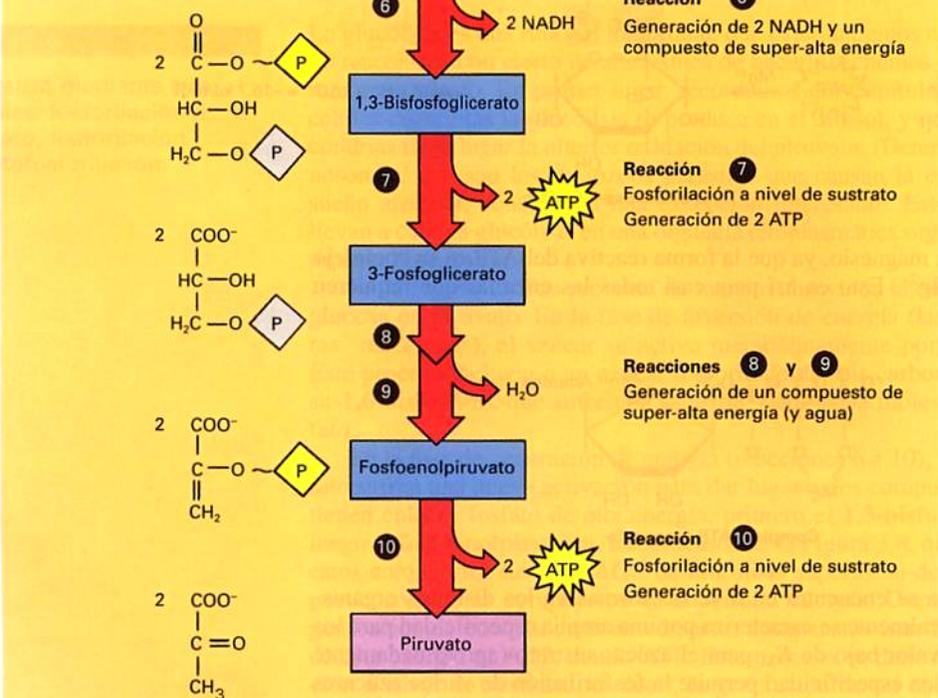


FIGURA 13.3

Visión general de la glucólisis. Esta presentación resumida de la glucólisis muestra los intermediarios clave y las reacciones en cada una de las dos fases principales. En la fase de generación de energía, se producen dos ATP por cada ATP utilizado en la fase de inversión de energía.

4. BALANCE ENERGÉTICO DE LA OXIDACION DE LA GLICERINA

1 NADH en la oxidación de glicerina 3 P a dihidroxiacetona 3 P	→	3 ATP	2,5 ATP
1 NADH en la etapa de la glucolisis	→	3 ATP	2,5 ATP
2 ATP formados por fosforilación a nivel de sustrato en la glucolisis	→	2 ATP	2 ATP
1 NADH en la decarboxilación oxidativa de ácido pirúvico	→	3 ATP	2,5 ATP
3 NADH en el ciclo de Krebs	→	9 ATP	7,5 ATP
1 FADH ₂ en el ciclo de Krebs	→	2 ATP	1,5 ATP
1 ATP formado por fosforilación a nivel de sustrato en el ciclo de Krebs	→	1 ATP	1 ATP
Total		23 ATP	19,5ATP

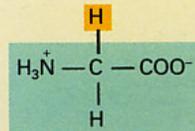
Como se ha gastado un ATP en la fosforilación inicial de la glicerina, el rendimiento neto es de 22 ATP (también se pueden descontar dos ATP que se gastan en algunos tipo celulares para introducir los NADH de la glucolisis en la mitocondria).

Ejercicio: ¿Cuál sería el rendimiento energético de la tripalmitina?. Dadlo en ATP y Kcal.

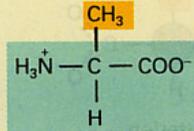
18,5 ATP

CATABOLISMO DE LAS PROTEÍNAS

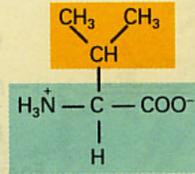
AMINOÁCIDOS ALIFÁTICOS



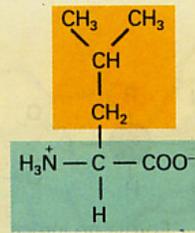
Glicina (Gly) G



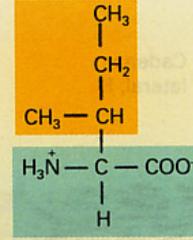
Alanina (Ala) A



Valina (Val) V

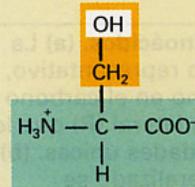


Leucina (Leu) L

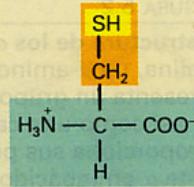


Isoleucina (Ile) I

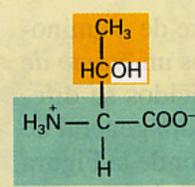
AMINOÁCIDOS CON CADENAS LATERALES QUE CONTIENEN HIDROXILO O AZUFRE



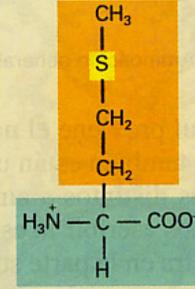
Serina (Ser) S



Cisteína (Cys) C

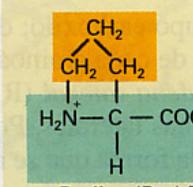


Treonina (Thr) T



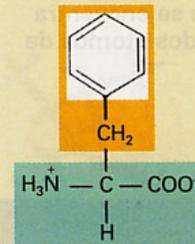
Metionina (Met) M

AMINOÁCIDO CÍCLICO

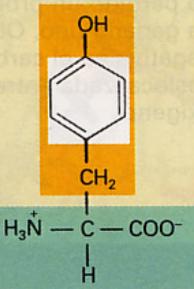


Prolina (Pro) P

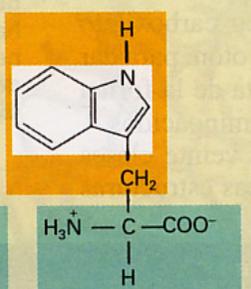
AMINOÁCIDOS AROMÁTICOS



Fenilalanina (Phe) F

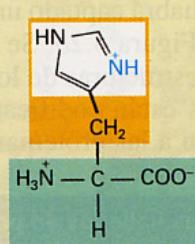


Tirosina (Tyr) Y

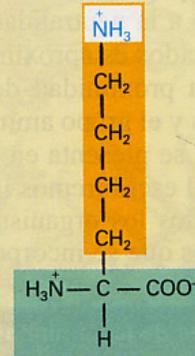


Triptófano (Trp) W

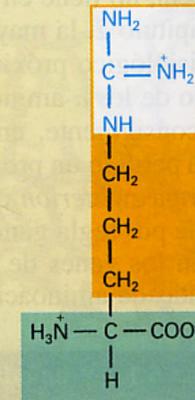
AMINOÁCIDOS BÁSICOS



Histidina (His) H

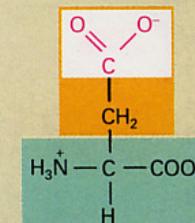


Lisina (Lys) K

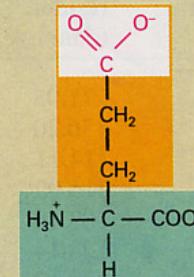


Arginina (Arg) R

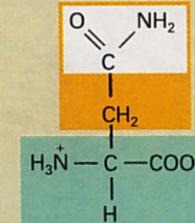
AMINOÁCIDOS ÁCIDOS Y SUS AMIDAS



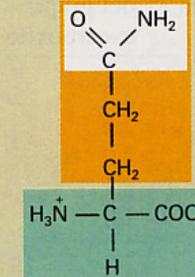
Ácido aspártico (Asp) D



Ácido glutámico (Glu)



Asparagina (Asn) N



Glutamina (Gln) Q

FIGURA 5.3

Aminoácidos que se encuentran en las proteínas. Los 20 α -aminoácidos que se incorporan a las proteínas se encuentran aquí dispuestos en el orden que se comenta en el texto. Debajo de cada aminoácido está su nombre, su abreviatura de tres letras y su abreviatura de una letra.

1. TRANSAMINACIÓN

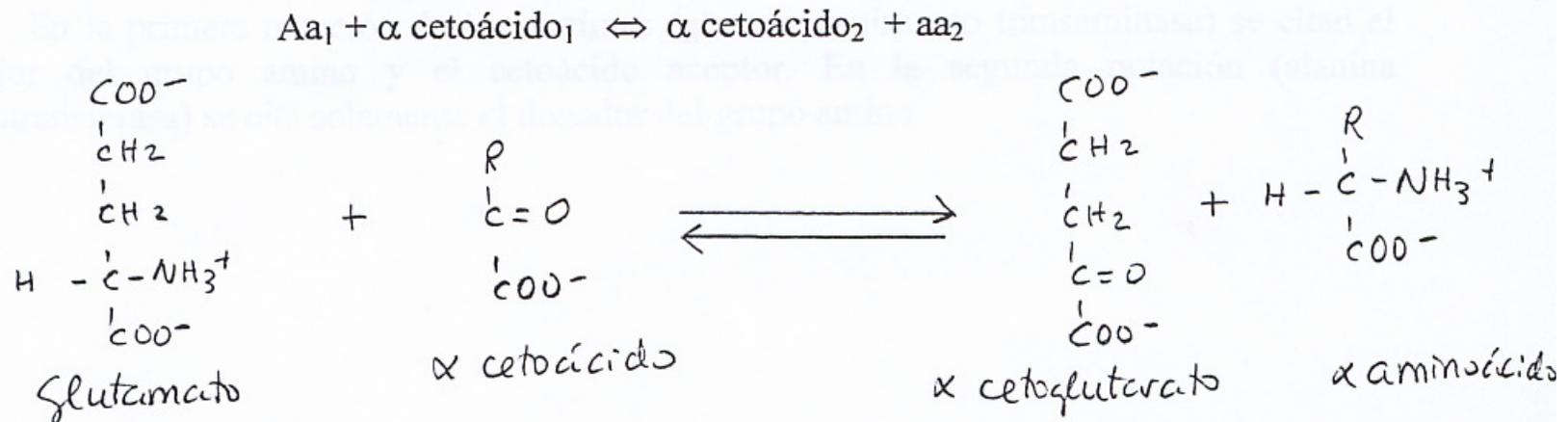
Consiste en la **transferencia del grupo amino (NH₂) de un a.a. a un α cetoácido*** (molécula que posee un grupo ácido -COOH y un grupo ceto -C=O) que los acepta y se transforma en otro a.a., de manera que un a.a. se degrada a la vez que otro se sintetiza. Es decir, la transaminación es un **proceso de síntesis y de degradación de a.a.**, es una ruta para la **redistribución del N₂** en los a.a.

* Un cetoácido es una molécula que posee un grupo ácido -COOH y un grupo ceto >C=O)

Síntesis de a.a.:

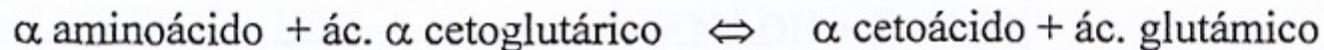
El a.a **glutamato** tiene un papel muy importante en la transaminación, muy frecuentemente se utiliza el N₂ de este aminoácido para la síntesis de otros a.a.

En general la reacción es la siguiente:

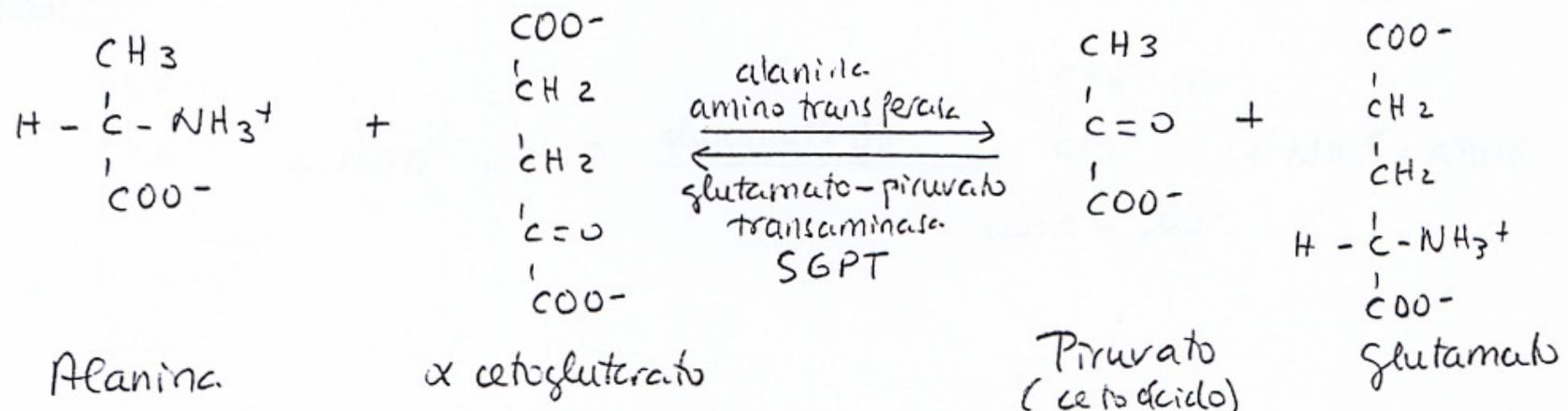


Degradación de a.a.:

Como acabamos de decir, la transaminación se emplea también para degradar a.a (seguida de una desaminación). En este caso se transfiere el grupo amino (NH_2) del a.a que se va a degradar al ác. α cetoglutarico (o α cetoglutarato), formandose un ác. α cetoácido y glutamato (en realidad es la reacción inversa a la anterior):



Por ejemplo, para la degradación de la **alanina** se produce la siguiente reacción de transaminación:



Las reacciones de transaminación están catalizadas por enzimas llamadas *transaminasas* (o *aminotransferasas*). Existen transaminasas para la síntesis de todos los aminoácidos (excepto treonina y lisina), sin embargo hay **10 aminoácidos esenciales** que no podemos sintetizar, ello es debido a que no se pueden sintetizar sus esqueletos carbonados en forma de cetoácidos.

La mayor parte de las transaminasas utilizan **glutamato / α cetoglutarato**. También son abundantes las que utilizan **aspartato / oxalacetato** y **alanina / piruvato**.

Dos de estas enzimas son importantes en el diagnóstico de enfermedades humanas, como la **hepatitis infecciosa o el infarto de miocardio**, ya que son abundantes en el corazón e hígado. Cuando hay daño tisular son liberadas y pueden ser detectadas en la sangre. Son:

- **SGOT**: glutamato-oxalacetato transaminasa sérica (o *aspartato aminotransferasa*, si miramos la reacción en el otro sentido).
- **SGPT**: glutamato-piruvato transaminasa sérica (o *alanina aminotransferasa*, si miramos la reacción en el otro sentido).

En la primera notación de los enzimas (glutamato-piruvato transaminasa) se citan el donador del grupo amino y el cetoácido aceptor. En la segunda notación (alanina aminotransferasa) se cita solamente el donador del grupo amino.

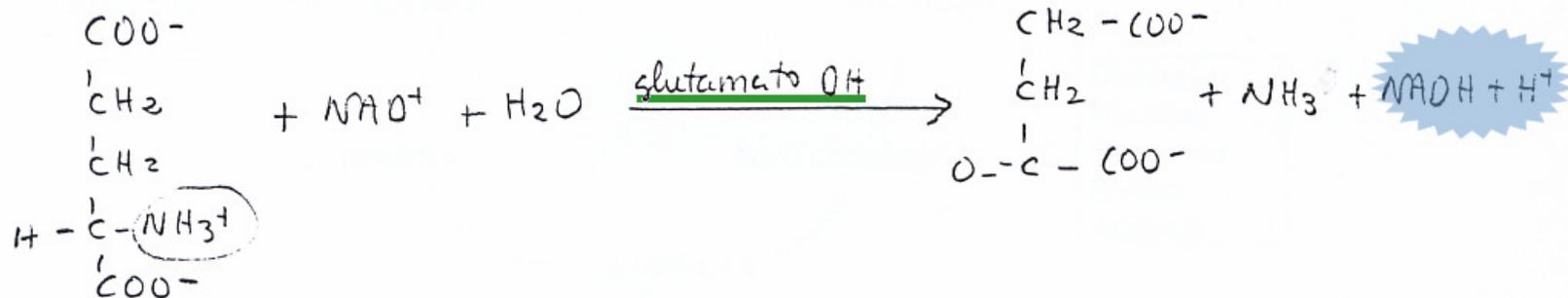
2. DESAMINACIÓN OXIDATIVA

Consiste en la liberación de los grupos amino de los a.a. en forma de NH₃ (o NH₄⁺), formándose α cetoácidos y NADH₂ (y NH₃, claro).

La reacción, en general es la siguiente:



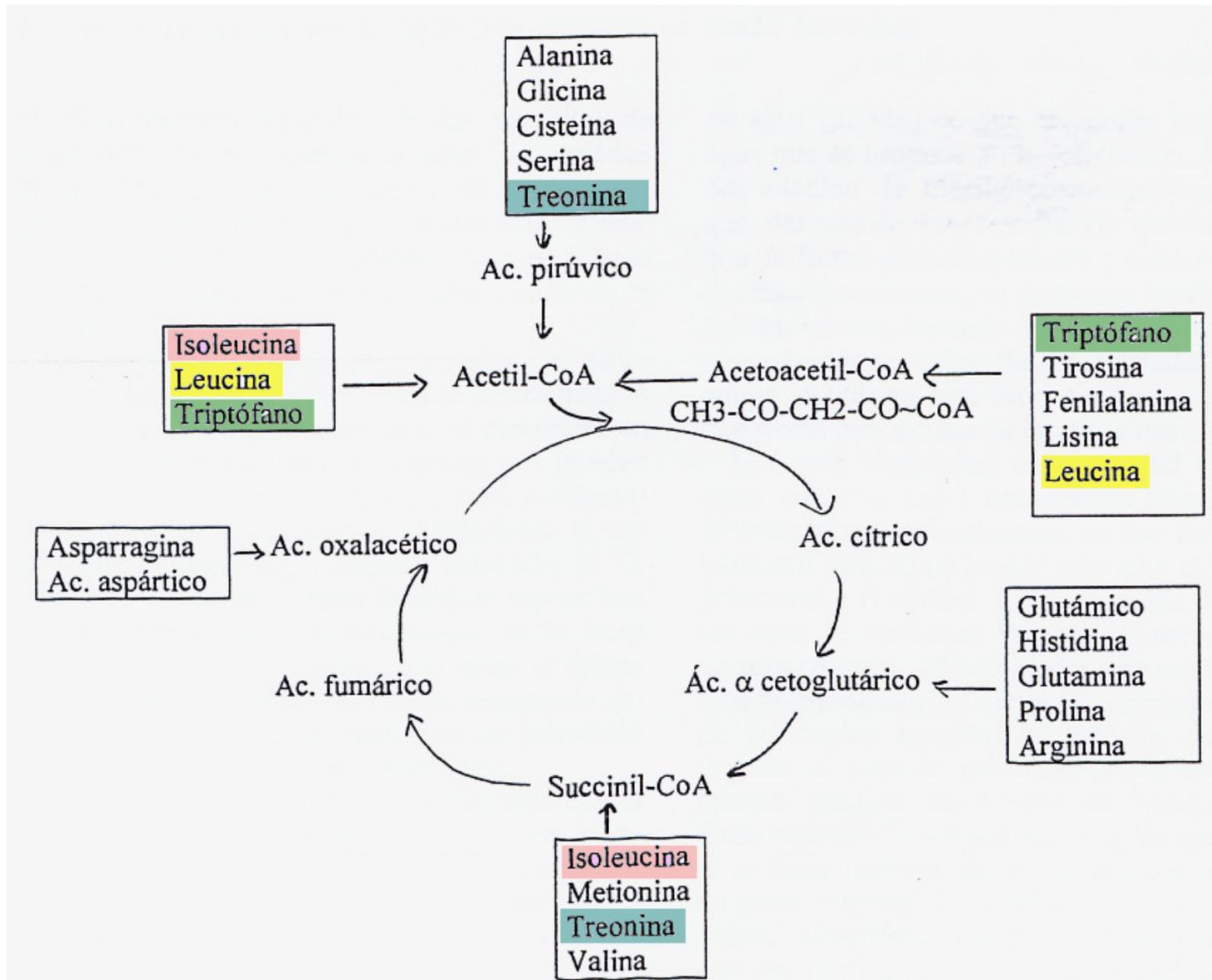
Ejemplo, el **ácido glutámico** formado por transaminación, es transportado a la **mitocondria** desde el citosol, donde será **desaminado oxidativamente** según la siguiente reacción:



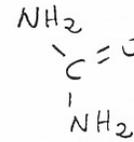
La reacción está catalizada por la glutamato DH, ligada al NAD y se formará ácido α cetoglutarico, NH₃ y NADH₂. En general las desaminaciones son catalizadas por deshidrogenasas localizadas en el **citoplasma** y en las **mitocondrias de las células hepáticas**.

Algunos aminoácidos son desaminados directamente sin ser previamente transaminados.

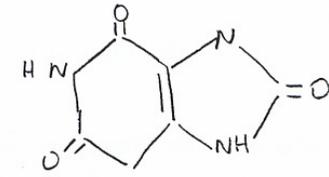
3. DESTINO DE LOS ESQUELETOS CARBONADOS DE LOS AMINOÁCIDOS



4. ELIMINACIÓN DEL IÓN AMONIO



Urea

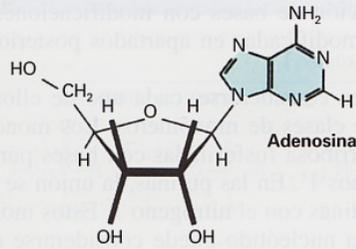
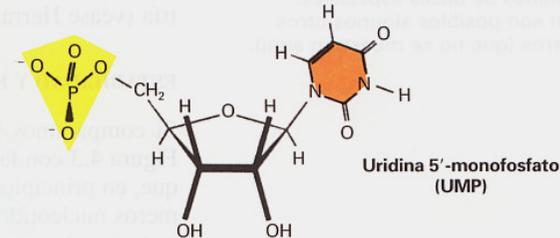
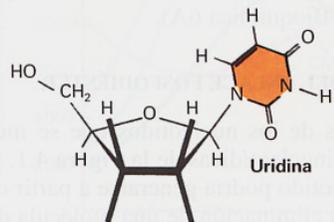
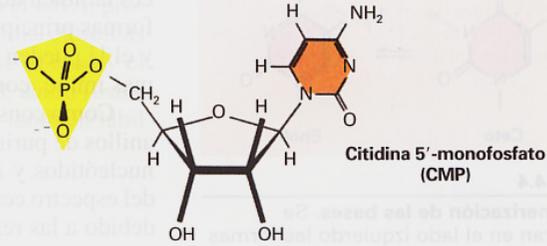
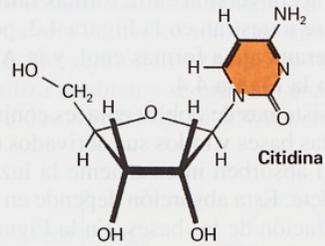
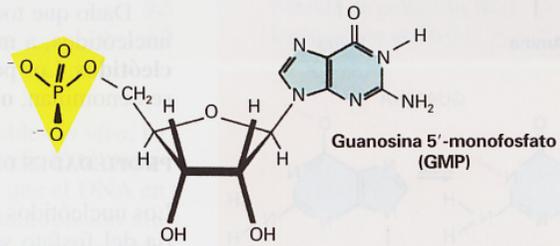
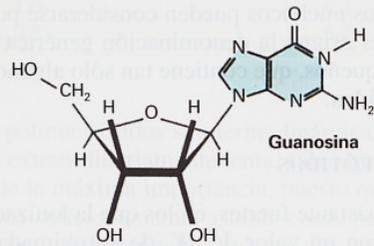
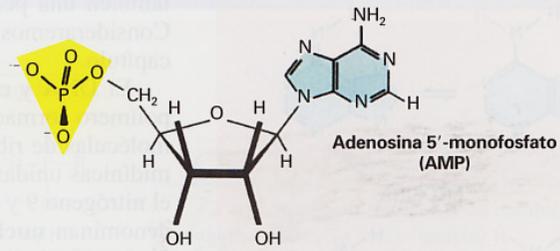


Ác. úrico

Parte del ión amonio es utilizado de nuevo para la síntesis de otros a.a., o bien para la síntesis de otros compuestos nitrogenados. El resto, que suele estar en forma de NH_4^+ a pH neutro es excretado:

- En muchos **animales acuáticos (peces)** la excreción se realiza directamente en forma de **ión amonio (NH_4^+)**. Aunque este ión es muy tóxico para los vertebrados, también es altamente soluble en agua y se elimina rápidamente. Estos organismos se denominan **amoniotélicos**.
- En determinados **vertebrados terrestres (anfibios y mamíferos)** el exceso de ión amonio se transforma en **urea** (ver fórmula) a través de un conjunto de reacciones denominado “**ciclo de la urea**” (descubierto también por Krebs), que tiene lugar en la matriz mitocondrial en el citoplasma de las células **hepáticas**. La urea es muy soluble en agua y no presenta la toxicidad del amoniaco, por lo que puede ser expulsada por el riñón, a alta concentración en una pequeña cantidad de agua. Estos organismos se denominan **ureotélicos**.
- En otros **vertebrados terrestres (aves y reptiles terrestres)** el exceso de ión amonio es convertido en **ácido úrico** (ver fórmula) que es excretado en forma de cristales. El ácido úrico es un compuesto sólido y cristalizable que se expulsa en forma semisólida conjuntamente con los excrementos (restos no digeridos). Estos organismos se denomina **uricotélicos**.

CATABOLISMO DE LOS ÁCIDOS NUCLEICOS

NUCLEÓSIDOS**NUCLEÓTIDOS**

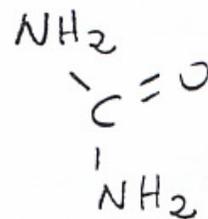
Nucleósidos y nucleótidos. Se representan los ribonucleósidos y ribonucleótidos; los desoxirribonucleósidos y desoxirribonucleótidos son idénticos, excepto que carecen del grupo 2'OH. Cada nucleósido se forma por el acoplamiento de ribosa o desoxirribosa a una base; los nucleótidos, que pueden considerarse las unidades monoméricas de los ácidos nucleicos, son los 5'-monofosfatos de los nucleósidos. Existen nucleósidos fosfato con fosforilación en otros grupos hidroxilo, pero no se encuentran en los ácidos nucleicos.

FIGURA 4.3

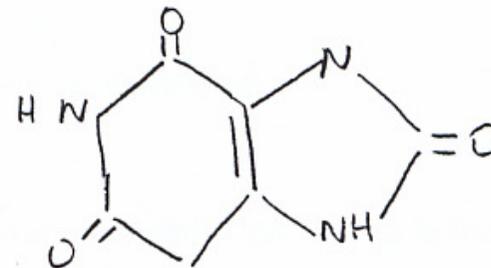
Los ácidos nucleicos se hidrolizan en el tubo digestivo de los animales por acción de nucleasas para dar inicialmente mononucleótidos y estos a su vez grupos fosfato, pentosas (ribosa y desoxirribosa) y bases nitrogenadas (adenina, timina, guanina, citosina y uracilo).

Cuando llegan a las células estos compuestos de bajo peso molecular se degradan:

- Las pentosas siguen las vías catabólicas de los glúcidos.
- El ác. fosfórico se excreta en parte como ión fosfato en la orina y en parte se utiliza para la síntesis de ATP y de nuevos ácidos nucleicos.
- Las bases nitrogenadas o bien se utilizan para nueva biosíntesis de ácidos nucleicos o se degradan hasta ác. úrico, urea o amoníaco, que son excretados. Este proceso es diferente según las bases sean púricas (adenina y guanina) o pirimidínicas (timina, uracilo y citosina).
 - El catabolismo de las bases púricas (con dos anillos) conduce a la formación de ác. úrico
 - El catabolismo de las bases pirimidínicas conduce a la formación de urea o amoníaco.



Urea



Ác. úrico