

Pág. 189

**PARA COMENZAR**

- a) El vino se obtiene a partir del zumo de la uva prensada, el llamado mosto.
- b) La principal diferencia es que el vino contiene alcohol y el mosto no.
- c) La fermentación alcohólica.
- d) Esta fermentación está producida por una levadura, es decir, por un hongo unicelular. La especie es *Saccharomyces ellypsoides*.
- a) Este proceso permitió la vida en la Tierra desde hace 3500 millones de años pese a que no había oxígeno en su atmósfera. Lo que sí fue imprescindible era que sus aguas tuvieran mucha materia orgánica originada por síntesis abiótica (caldo primitivo).
- b) Este proceso permitiría la vida de estos organismos en planetas con atmósfera sin oxígeno, si el planeta presentara agua líquida y mucha materia orgánica en ella. Por tanto, se podría enviar a estos organismos e iniciar la vida en dicho planeta.

Pág. 191

- 1 Los reactivos tienen mayor energía libre que los productos, por lo que la diferencia de energía se libera al exterior. Esto se debe a que los reactivos acumulan mayor energía en sus enlaces químicos que los productos, que son moléculas más sencillas.
- 2 Las reacciones del catabolismo son reacciones de oxidación de moléculas ricas en energía. En estas reacciones, una sustancia transfiere electrones (se oxida) y otra sustancia capta esos electrones (se reduce). El agente oxidante será la sustancia que acepta los electrones y el agente reductor, la que los cede.
- 3 La energía liberada procede de los electrones cedidos por la glucosa al reubicarse en las moléculas de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ .

Pág. 193

- 4 En la combustión, la energía se libera de modo súbito y en forma de calor, mientras que en el catabolismo la energía se libera gradualmente y en forma de energía química, es decir, energía almacenada en los enlaces químicos de las moléculas de ATP.

La producción gradual de energía química en el catabolismo respiratorio es posible por las siguientes características:

- Reacciones sucesivas. En el catabolismo las reacciones ocurren una después de otra y cada una de ellas es catalizada por una enzima distinta.
- Transporte de hidrógenos. Los electrones de la glucosa no pasan directamente a los átomos de oxígeno, sino que en las primeras etapas del catabolismo viajan junto a protones, constituyendo átomos de hidrógeno, que pasan a una coenzima, generalmente el  $\text{NAD}^+$ , que actúa como transportador de hidrógenos.

– Cadena transportadora de electrones. La coenzima NADH no pasa directamente sus electrones al oxígeno, sino que pasa a una cadena transportadora de electrones. Esta está constituida básicamente por unas proteínas, los citocromos, englobadas de forma ordenada en determinadas membranas, como en las de las crestas mitocondriales. Los electrones pasan de un citocromo al siguiente ocupando cada vez un lugar más próximo al núcleo del átomo aceptor. Finalmente, los electrones son transferidos a átomos de oxígeno (O) a los que se unen los protones libres ( $\text{H}^+$ ) y se forma agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). La energía que se libera al pasar los electrones a una posición inferior se utiliza para fosforilar el ADP y formar moléculas de ATP, gracias a las enzimas ATP sintasas.

- 5 El  $\text{NAD}^+$  es un transportador de hidrógenos, capta los hidrógenos que libera un sustrato orgánico y los lleva hasta otra sustancia orgánica, que los capta. El  $\text{NAD}^+$  es la llamada forma oxidada, y el  $\text{NADH} + \text{H}^+$  es la forma reducida.

Pág. 195

- 6 La glucólisis se realiza en el citosol. El sistema piruvato deshidrogenasa está en las mitocondrias de las células eucariotas y en el citosol de las células procariotas. El ciclo de Krebs se realiza en la matriz mitocondrial de las células eucariotas y en el citosol de las células procariotas. La fosforilación oxidativa se realiza en la membrana interna mitocondrial en las células eucariotas y en la membrana plasmática en las células procariotas.
- 7 Porque precisa una vía metabólica que oxide los  $\text{NADH} + \text{H}^+$  y regenere los  $\text{NAD}^+$  que necesita. Esta vía puede ser la respiración o la fermentación. Si no se diera una u otra, la glucólisis no se podría realizar por falta de  $\text{NAD}^+$ . Así pues, entre la glucólisis y estas vías existe una interdependencia a nivel de la coenzima  $\text{NAD}^+$ .

Pág. 197

- 8 Proceden de los dos carbonos del acetil-CoA ( $\text{CH}_3\text{—CO—S—CoA}$ ) que entran en el ciclo de Krebs. Es decir, que sus dos carbonos se han transformado en materia inorgánica ( $\text{CO}_2$ ) que vuelve al medio externo.
- 9 Se considera una vía respiratoria, aunque no se necesita oxígeno para realizarla porque precisa  $\text{NAD}^+$  y FAD para poderse llevar a cabo, y estas sustancias se producen en la cadena respiratoria, que sí precisa oxígeno. Si este oxígeno procede del  $\text{O}_2$  atmosférico, se denomina respiración aeróbica, y si procede de los iones  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , etc., se denomina respiración anaeróbica.

Pág. 199

- 10 Porque es el conjunto de enzimas capaz de ceder la energía de un flujo interno de protones ( $\text{H}^+$ ) al ADP para unirle  $\text{P}_i$  y formar ATP. Se activa cuando la cantidad de protones ( $\text{H}^+$ ) es tan elevada en el espacio intermembranoso, que la

membrana interna es incapaz de actuar como aislante de dicha diferencia de potencial, y se establece un flujo de protones hacia la matriz mitocondrial que atraviesa el complejo enzimático ATP sintasa, situado en dicha membrana, sobre todo a nivel de las crestas mitocondriales, provocando la síntesis de ATP.

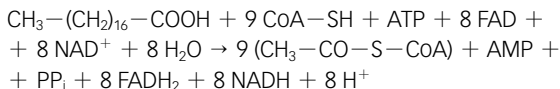
- 11** Que en el paso de los electrones entre un transportador y otro se libera suficiente energía como para bombear protones hacia el espacio intermembranoso de la mitocondria, originándose así la diferencia de potencial necesaria para que se inicie, por quimiósmosis, un flujo de protones que generará ATP a nivel de las ATP sintasas.

La energía liberada se debe a que los electrones, al pasar de un transportador a otro, cada vez ocupan un orbital menor, es decir, un orbital más próximo al núcleo atómico, y por tanto, de nivel energético inferior, por lo que hay sobrantes de energía.

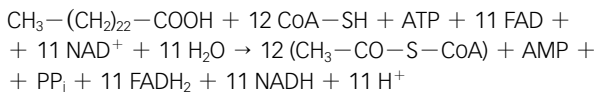
Pág. 201

- 12** Tienen mucha importancia porque una masa de lípidos aproximadamente rinde el doble de energía que una masa igual de glúcidos o de proteínas. La causa de ello es que, en los lípidos, los carbonos presentan un estado de oxidación muy bajo, prácticamente solo se enlaza con hidrógenos o con otros carbonos; en cambio, los glúcidos y las proteínas presentan muchos más oxígenos unidos a los carbonos. Tras la respiración, todos los carbonos quedan en forma de  $\text{CO}_2$ , totalmente oxidados, por ello donde hay una transformación más grande es en los lípidos y, por tanto, es donde se ha de desprender más energía.
- 13** Hace falta que el ácido graso se una a la coenzima A (CoA) y formen el acil-CoA, el cual, gracias a un transportador orgánico especial llamado carnitina, ya puede entrar en la mitocondria.

- 14** Para el ácido esteárico:



Para el ácido lignocérico:



Pág. 203

- 15** La transaminación es la transferencia de grupos amino ( $-\text{NH}_2$ ) desde un aminoácido a un cetoácido. En cambio, la desaminación oxidativa es la liberación al medio externo, por parte de los aminoácidos, de sus grupos amino en forma de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). El amoníaco al contactar con el agua, a  $\text{pH} = 7,4$  que es el de la sangre, forma hidróxido amónico,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , que se ioniza en ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) e ion hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ), por ello en muchos textos se indica que el grupo amino ( $-\text{NH}_2$ ) se va en forma de ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). En la sangre solo el 1% del total está en forma de  $\text{NH}_3$ , pese a ello

es la forma capaz de atravesar la membrana plasmática y la membrana mitocondrial, los iones amonio apenas la atraviesan.

- 16** La única fase de la degradación de los ácidos nucleicos que rinde energía es el metabolismo de la ribosa-5-fosfato (o de la desoxirribosa-5-fosfato). Aunque en general se utiliza para la biosíntesis de nuevos nucleótidos, en caso de que se necesite energía se puede catabolizar. El proceso que se sigue es su conversión en glucosa-6-fosfato siguiendo la fase regenerativa de la vía de las pentosas fosfato, luego esta sigue el proceso de la glucólisis.
- 17** Los otros productos que se obtienen son el ácido úrico a partir de las bases púricas, el amoníaco (común en peces y animales acuáticos) y la urea (común en animales terrestres) a partir de las bases pirimidínicas. Todos ellos son tóxicos, por lo que simplemente son excretados. La otra sustancia que se forma es el ion fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), que aunque en parte se puede excretar principalmente se utiliza para la síntesis de ATP, de fosfolípidos, de nuevos nucleótidos, y para la formación de tejido óseo en forma de fosfato tricálcico  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

Pág. 205

- 18** Los anaerobios estrictos son aquellos que siguen la vía fermentativa o la respiración anaeróbica y que en presencia de oxígeno mueren, dado que para ellos este gas resulta tóxico y no lo saben transformar en otra sustancia que no lo sea. Los anaerobios facultativos son los que pueden vivir en ambientes sin oxígeno y también en ambientes con oxígeno. Esta es su gran ventaja. Existen dos tipos de microorganismos anaerobios facultativos, unos, como las bacterias del ácido láctico, que son capaces de vivir tanto en ambientes con oxígeno como en ambientes sin oxígeno, pero siempre realizando la vía fermentativa (no interviene el oxígeno), y otros, como muchas bacterias intestinales y muchas levaduras, que pueden seguir la vía fermentativa si no hay oxígeno, o la respiración aeróbica si sí lo hay.
- 19** Las fermentaciones como las respiraciones son procesos de oxidación de compuestos orgánicos que liberan energía. Cuanta más diferencia haya entre el estado de oxidación de los carbonos del sustrato inicial y los carbonos de los productos, más energía se liberará. Por ello, en la respiración, como los carbonos acaban en forma de  $\text{CO}_2$ , que es el máximo estado de oxidación de un carbono, la energía liberada será mucho mayor que si el producto final es un compuesto orgánico, como sucede en la fermentación.

#### SABER HACER

- 20** En un tiempo corto, primeras horas, se mantiene el mismo ritmo, pero disminuirá cuando vaya disminuyendo de forma brusca la concentración de glucosa que se está fermentando.
- 21** Como la mayoría de reacciones químicas, la velocidad de las reacciones catalizadas por enzimas se incrementa con la temperatura (siempre que no se llegue a una temperatura en la que se desnaturalicen las enzimas que catalizan la reacción).

22 R. L.

Pág. 206

23 Las células musculares en situaciones extremas, como por ejemplo, en los últimos metros de una carrera de potencia muscular, ante una falta de oxígeno, pueden seguir la vía de la fermentación para conseguir energía, aunque sea en muy pequeña cantidad. A partir de una glucosa se producen dos moléculas de ácido láctico y 2 ATP. El ácido láctico se acumula en tales concentraciones que forma soluciones sobresaturadas, con la consiguiente formación de cristales de ácido láctico, que se clavan en las terminaciones nerviosas. Esto da lugar a que, pasadas unas horas, aparezcan los típicos dolores denominados «agujetas». Estos dolores desaparecen solos, al cabo de unas horas o de unos días, cuando se disuelven los cristales de ácido láctico.

Pág. 207

24 En la respiración aerobia se puede oxidar cualquier principio inmediato. Sin embargo, en la fermentación se oxidan preferentemente glúcidos y proteínas.

A partir de una glucosa, en la respiración aerobia se obtienen hasta 38 ATP y en la fermentación solo se obtienen 2 moléculas de ATP.

25 El primer aceptor de electrones y protones en los procesos fermentativos es el mismo que en la respiración aerobia y anaerobia, el  $\text{NAD}^+$ .

Pág. 208

### PARA REPASAR

Proceso	Nombre	Localización
Glucosa $\rightarrow$ Ácido pirúvico	Glucólisis	Citosol
Ácido graso $\rightarrow$ Acil-CoA	Activación del ácido graso	Citosol
$\beta$ -hidroxiacil-CoA $\rightarrow$ $\beta$ -cetoacil-CoA	Etapas de la $\beta$ -oxidación	Matriz mitocondrial
Ácido pirúvico $\rightarrow$ Acetil-CoA	Descarboxilación oxidativa	Mitocondria
Ácido $\alpha$ -cetoglutárico $\rightarrow$ Succinil-CoA	Etapas del ciclo de Krebs	Matriz mitocondrial
Acetil-CoA $\rightarrow$ $\text{CO}_2$	Descarboxilación	Matriz mitocondrial
$\text{NAD}^+ \rightarrow \text{NADH} + \text{H}^+$	Reducción del $\text{NAD}^+$	Citosol y mitocondria
Alanina $\rightarrow$ Ácido pirúvico + $\text{NH}_4^+$	Desaminación oxidativa	Citosol

27 a) De glucosa a ácido pirúvico: glucólisis.

De ácido pirúvico a ácido láctico: fermentación láctica.  
De ácido pirúvico a etanol: fermentación alcohólica.

- b) El número 1 corresponde con el acetyl-CoA.  
c) El número 2 corresponde al ciclo de Krebs.  
d) Tanto en la fermentación láctica como en la fermentación alcohólica se obtienen al final dos moléculas de ATP. Sin embargo, en cada vuelta del ciclo de Krebs se genera una molécula de GTP, tres de NADH y una molécula de  $\text{FADH}_2$ . El balance energético del ciclo de Krebs aparentemente es muy bajo, ya que en una vuelta completa solo se genera un ATP, pero el resto de la energía se invierte en producir tres NADH y un  $\text{FADH}_2$  que en la cadena respiratoria liberarán mucha energía (ATP).  
e) El destino del  $\text{CO}_2$  es ser eliminado mediante diferentes mecanismos según el tipo de organismo. El destino del  $\text{FADH}_2$  y NADH es la cadena de transporte electrónico, donde se oxidan y se utilizan para sintetizar ATP.  
f) El anabolismo es el proceso metabólico de formación de moléculas orgánicas complejas a partir de otras orgánicas sencillas, llamadas moléculas precursoras.

El catabolismo es la fase degradativa del metabolismo, en la cual se obtiene energía. En las vías catabólicas las moléculas orgánicas iniciales son transformadas sucesivamente en otras más sencillas, hasta convertirse en los productos finales del catabolismo, muchos de ellos son los denominados productos de excreción.

La energía liberada en el catabolismo es almacenada en los enlaces ricos en energía del ATP y es utilizada para las distintas actividades celulares o para sintetizar compuestos orgánicos complejos en los que se almacena la energía sobrante (anabolismo).

28 R. G. El orgánulo en el que tiene lugar la cadena electrónica y la fosforilación oxidativa es la mitocondria. De fuera a dentro las mitocondrias constan de:

- Membrana mitocondrial externa. Limita por completo a la mitocondria. Posee un gran número de proteínas transmembrana que actúan como canales de penetración. Es permeable debido a la presencia de proteínas porinas, que forman canales en la membrana, a través de los cuales pasan moléculas de gran tamaño.
- Membrana mitocondrial interna. Presenta numerosas invaginaciones, denominadas crestas mitocondriales, que incrementan su superficie. Es bastante impermeable y carece de colesterol. En ella se localizan las cadenas de transporte electrónico y los complejos formadores de ATP (fosforilación oxidativa), las ATP sintasas. Las ATP sintasas constan de tres partes: una base hidrófoba, que se ancla en la membrana, un pedúnculo o región  $F_0$  y una esfera o región  $F_1$  que es donde se catalizan las reacciones de síntesis de ATP.
- Espacio intermembranas. Se sitúa entre la membrana externa e interna. Contiene una matriz de composición parecida al citoplasma.
- Matriz mitocondrial. Medio interno que contiene ADN mitocondrial circular de doble cadena, ribosomas 70 S

(semejantes a los de las bacterias), enzimas metabólicas y que intervienen en la duplicación del ADN mitocondrial y síntesis de proteínas, así como ARN y diferentes iones.

Proceso	Compuestos iniciales	Compuestos finales
Glucólisis	Glucosa	Ácido pirúvico, NADH + H <sup>+</sup> y ATP
β-oxidación ácidos grasos	CoA-SH, FAD, NAD <sup>+</sup> , ATP y H <sub>2</sub> O	Acetil-CoA, NADH + H <sup>+</sup> y FADH <sub>2</sub>
Fermentación láctica	Ácido pirúvico y NADH + H <sup>+</sup>	Ácido láctico y NAD <sup>+</sup>
Fosforilación oxidativa	NADH + H <sup>+</sup> y FADH <sub>2</sub>	ATP y H <sub>2</sub> O
Ciclo de Krebs	Acetil-CoA, NAD <sup>+</sup> , FAD, GDP y H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> , NADH + H <sup>+</sup> , FADH <sub>2</sub> y GTP

**30** El proceso íntimamente relacionado con la cadena electrónica es el ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico. Dicho proceso tiene lugar en la matriz interna de la mitocondria.

**31 a)** El ciclo de Krebs constituye una etapa de la respiración oxidativa que consiste en la oxidación completa a CO<sub>2</sub> de moléculas de acetil-CoA, que se incorporan a un ciclo de reacciones. El ciclo de Krebs es la vía metabólica en la que termina la degradación total de la materia orgánica y se transforma en inorgánica. Estas oxidaciones proporcionan energía (ATP) que se obtiene, bien directamente en este ciclo (solo 1 ATP), o bien reoxidando las coenzimas reducidas en la cadena de transporte de electrones.

**b)** El ciclo de Krebs tiene lugar en la mitocondria, exactamente en la matriz mitocondrial en la que se encuentran todas las enzimas implicadas en esta ruta metabólica.

**c)** Las rutas que interaccionan con el ciclo de Krebs son la glucólisis, la β-oxidación de los ácidos grasos y la oxidación de los aminoácidos.

**32** Ambos procesos compiten por el NAD<sup>+</sup> y el FAD que proceden de la cadena respiratoria.

**33** El alcohol (CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>OH) es oxidado en las células hepáticas hasta CO<sub>2</sub>, que es expirado, e hidrógenos que quedan en forma de NADH. Si este es muy abundante, se reduce la actividad del ciclo de Krebs (sus productos también son CO<sub>2</sub> y NADH). Debido a ello, los glúcidos y los lípidos en lugar de ser catabolizados por respiración, dan lugar a grasas que se acumulan en las células del hígado, debido a lo cual, al cabo de unos cuantos años, muchas de ellas mueren. Esto origina cicatrices que impiden la llegada de sangre a determinados sectores del hígado, por lo que se necrosan. Es la llamada cirrosis hepática, que generalmente conduce a la muerte del paciente.

**34** La fermentación es un proceso catabólico en el que no interviene la cadena respiratoria. Debido a ello presenta las siguientes diferencias respecto a la respiración:

- El aceptor final de hidrógenos no es ni el oxígeno del aire, como pasa en la respiración aeróbica, ni los nitritos ni sulfatos, como sucede en la respiración anaeróbica.
- No hay síntesis de ATP a nivel de las ATP sintasas, sino solo a nivel de sustrato.
- Como el aceptor final de hidrógenos es un compuesto orgánico, este se reduce más, lo que equivale a que al final de una fermentación siempre hay un producto orgánico, y no solo sustancias inorgánicas (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, SH<sub>2</sub>, etc.) como sucede en la respiración si se realiza completamente.
- El rendimiento energético de la fermentación es muy bajo, por ejemplo, en la fermentación de glúcidos se limita a los 2 ATP que se producen durante la glucólisis, frente a los 38 ATP que rinde por respiración.
- Respecto a la respiración aeróbica, la fermentación se diferencia en que es una vía anaeróbica.

**35** La fermentación alcohólica. La harina es rica en azúcares que consumen las levaduras como *S. cerevisiae* y producen CO<sub>2</sub> y etanol. El etanol producido se evapora en el horno con el calor y el CO<sub>2</sub> proporciona la textura esponjosa del pan.

**36** En ausencia de oxígeno, el proceso metabólico empleado es la glucólisis y/o la fermentación.

La glucólisis es una ruta metabólica anaerobia (pues no necesita la presencia de oxígeno) del catabolismo, en la que la glucosa se escinde en dos moléculas de ácido pirúvico, NADH y energía (ATP). Se lleva a cabo en el citoplasma celular. Se trata de una ruta universal, pues la realizan prácticamente todos los seres vivos. Dicho proceso tiene lugar en casi todas las células, desde las procariotas hasta las eucariotas, tanto animales como vegetales.

La fermentación es un proceso catabólico en el que a diferencia de la respiración, no interviene la cadena respiratoria. Además, es un proceso de oxidación incompleta de compuestos orgánicos (ya que no se libera toda la energía química que contienen), y el aceptor final de protones y electrones no es una molécula inorgánica, sino que es un compuesto orgánico, por lo que la fermentación siempre da entre sus productos finales compuestos orgánicos. Se produce ATP por fosforilación a nivel de sustrato, ello explica la baja rentabilidad energética de las fermentaciones. Son propias de los microorganismos (ciertas levaduras y bacterias), aunque alguna, como la fermentación láctica, puede realizarse en el tejido muscular de los animales cuando no llega suficiente oxígeno a las células.

**a)** Si se añade oxígeno al medio, se inicia la respiración celular. El ácido pirúvico de la glucólisis entra en el ciclo de Krebs y en la posterior cadena respiratoria. La coenzima reducida, el NADH, es la encargada de ceder los electrones a dicha cadena respiratoria.

En la fermentación no hay cadena respiratoria; es siempre un proceso anaeróbico.

**b)** El aceptor final de electrones en la cadena respiratoria es el oxígeno.

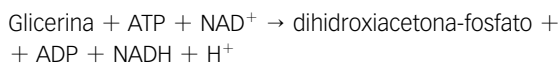
**37 a)** En las rutas catabólicas.

- b) En ambas.
- c) Mediante la respiración celular, proceso que tiene lugar en tres etapas: la formación del acetil-CoA en la matriz mitocondrial, el ciclo de Krebs o del ácido cítrico en dicha matriz y la cadena respiratoria y fosforilación oxidativa que se localiza en la membrana mitocondrial interna.
- d) Mediante fermentaciones que suceden en el citosol de ciertas bacterias y algunas células eucariotas, como levaduras o músculo. En dichos procesos anaerobios se produce ATP mediante fosforilación a nivel de sustrato sin cambio neto del estado de oxidación de las sustancias reaccionantes respecto al de los productos.

Pág. 209

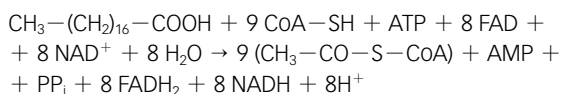
### PARA PROFUNDIZAR

- 38 Estas bacterias realizan la fermentación de la materia orgánica muerta, que sobre todo son hojas y pequeños tallos, contribuyendo a su descomposición, y por tanto a los ciclos biogeoquímicos de los elementos.
- 39 a) Una molécula de triestearina es hidrolizada por las enzimas lipasas de la célula adiposa, que es donde se acumulan los triglicéridos, y da lugar a una glicerina y a tres ácidos esteáricos  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$ . La glicerina se fosforila y se oxida y da lugar a dihidroxiacetona-fosfato. Para ello se precisa el gasto de un ATP y se produce un NADH:



La dihidroxiacetona-fosfato se isomeriza en gliceraldehído-3-fosfato, el cual, en las células del hígado, puede seguir la vía de la glucólisis y dar lugar a ácido pirúvico, 1 (NADH + H<sup>+</sup>) y a 2 ATP. A partir de un ácido pirúvico en el sistema piruvato deshidrogenasa y en el ciclo de Krebs se forman 4 (NADH + H<sup>+</sup>), 1 FADH<sub>2</sub> y 1 GTP. Después, en la cadena respiratoria, los 6 (NADH + H<sup>+</sup>) dan 18 ATP, el FADH<sub>2</sub> da 2 ATP, lo cual son 20 ATP, que menos el ATP gastado al principio, más los 2 ATP de la glucólisis, más el GTP del ciclo de Krebs son 22 ATP, obtenidos a partir de la glicerina.

Cada ácido esteárico primero se transforma en acil-CoA, luego sigue la β-oxidación en las mitocondrias, y da lugar a acetil-CoA que pasan al ciclo de Krebs y después a la cadena respiratoria. El rendimiento energético de cada uno de ellos es:



Rendimiento energético:

$$9 \cdot 12 \text{ATP} + 8 \cdot 2 \text{ATP} + 8 \cdot 3 \text{ATP} - 2 \text{ATP} = 146 \text{ATP}$$

Por tanto, la respiración total de una triestearina da lugar a **460 ATP** (22 + 3 · 146 = 460).

- b) La maltosa procede de la hidrólisis del almidón gracias a las enzimas amilasas de la saliva y del jugo pancreático. Luego la maltosa se desdobra por hidrólisis en dos

glucosas gracias a la enzima maltasa presente en la superficie de las microvellosidades de las células epiteliales que revisten el intestino delgado. Como ya se ha explicado en el texto, la glucosa por respiración genera 38 ATP, por tanto, una maltosa da lugar a **76 ATP**.

- c) Las proteínas por hidrólisis gracias a las enzimas peptidasas dan lugar a aminoácidos, estos pueden servir para sintetizar nuevas proteínas, o ser catabolizados para dar energía, con la consiguiente formación de compuestos nitrogenados, que dada su toxicidad precisan un aparato excretor que los extraiga de la sangre. La desaminación de la alanina genera ácido pirúvico y un NADH. El ácido pirúvico en el sistema piruvato deshidrogenasa y en el ciclo de Krebs genera 4 (NADH + H<sup>+</sup>), 1 FADH<sub>2</sub> y 1 GTP. Después, en la cadena respiratoria, los 5 (NADH + H<sup>+</sup>) dan 15 ATP, el FADH<sub>2</sub> da 2 ATP, lo cual son 17 ATP, que más el GTP del ciclo de Krebs son 18 ATP, obtenidos a partir de cada alanina. Así pues, 4 alaninas generarán **72 ATP**.

- 40 a) Es el principal intermediario de energía metabólica.
- b) Coenzima transportadora de electrones utilizados para la síntesis de ATP en la fosforilación oxidativa.
- c) Coenzima utilizada en las biosíntesis reductivas.
- d) Transportadora de grupos acilo.
- e) Igual que el NADH: coenzima transportadora de electrones utilizados para la síntesis de ATP en la fosforilación oxidativa.
- 41 a) 1: glucosa; 2: ácido pirúvico; A: glucólisis; B: respiración (ciclo de Krebs y transporte de electrones); C: fermentación láctica.
- b) En eucariotas, A tiene lugar en el citosol, B en las mitocondrias y C en el citosol.
- c) B tiene lugar en presencia de oxígeno y genera mucha energía (38 ATP) y C tiene lugar en ausencia de oxígeno y genera solo 2 ATP.

Pág. 211

### CIENCIA EN TU VIDA

- 42 R. M. En primer lugar, le preguntaría si tiene un gran cansancio, si su corazón se acelera mucho incluso con ejercicios muy suaves; observaría si tiene los párpados un poco caídos, si ha notado pérdida de agudeza visual por la noche o en lugares un poco oscuros. Le preguntaría si alguno de sus parientes (padres o hermanos) ha tenido esta enfermedad o ha presentado alguno de los síntomas típicos de ella. Si todo ello o una parte de ello coincide con los síntomas de una miopatía mitocondrial, le pediría un análisis de sangre. Si los resultados no son normales, le pediría que se hiciera una biopsia de tejido muscular en la que se observara la presencia o ausencia de fibras rojas rasgadas y la forma y estructura de las mitocondrias, lo cual confirmaría dicha enfermedad. Si los análisis de sangre o los estudios descartaran dicha enfermedad, habría que proceder a esperar un tiempo para ver cómo evoluciona el paciente.

**43** Se trata de sustancias que intervienen de una u otra manera en el catabolismo mitocondrial, por lo que se están suministrando sustancias que pueden compensar un posible déficit. La coenzima Q es un componente de la cadena respiratoria, la carnitina es indispensable en el catabolismo de los lípidos para la entrada de los acil-CoA en la matriz mitocondrial, la vitamina A, la vitamina E, la tiamina y la riboflavina son vitaminas, es decir, precursores de coenzimas que utilizan muchas de las enzimas del metabolismo mitocondrial. El motivo por el cual una vez son eficaces unas pero no las otras radica en que, según sea la mutación, faltarán unas enzimas u otras.