

Pág. 167

**PARA COMENZAR**

- Porque la vida se sustenta en un conjunto de reacciones químicas encaminadas a conseguir materia y energía para crecer, desarrollarse, relacionarse y reproducirse. Sin estas reacciones químicas no puede haber organismos vivos.
- Reacciones de catabolismo, en las que las moléculas complejas se transforman en otras más sencillas liberando energía, y reacciones de anabolismo, en las que a partir de moléculas más simples y energía se sintetizan otras más complejas.
- Las plantas obtienen energía de la luz solar mediante la fotosíntesis. Sin embargo, los animales no pueden utilizar la luz del Sol como fuente de energía, por lo que la obtienen de la rotura de los enlaces de los compuestos cargados de energía durante las reacciones químicas.
- Las reacciones químicas de los organismos vivos, las llamadas reacciones bioquímicas, solo se dan cuando son necesarias, si no fuera así, se produciría un caos bioquímico con la consecuente muerte celular.
- La especificidad de una enzima por un solo tipo de sustrato determina que la presencia o ausencia de la enzima acelera o no la velocidad de la reacción en la que participa. Así, es posible controlar el conjunto de reacciones que se producen en el interior de la célula.

Pág. 169

- 1 Las reacciones anabólicas son endergónicas, consumen energía, y las reacciones catabólicas son exergónicas, liberan energía.
- 2 Aun cuando las dos vías tienen como objeto la síntesis de compuestos ricos en energía, generalmente ATP, que después se invierten en mantener las funciones vitales, en el caso de la fotosíntesis la energía que se aprovecha para hacerlo es la energía luminosa, y en el caso de la quimiosíntesis es la energía química, la que se desprende en determinadas reacciones de oxidación.
- 3 Los procesos catabólicos tienen como objetivo principal obtener energía, generalmente en forma de ATP, y como objetivo secundario obtener moléculas pequeñas con las cuales poder producir moléculas diferentes de las que se han consumido.
- 4 Sin luz no hay posibilidad de hacer la fotosíntesis, y sin materia orgánica para catabolizar no hay posibilidad de hacer ni la respiración ni la fermentación. Así pues, simplemente con cobre y con oxígeno atmosférico, la única vía posible es la quimiosíntesis (oxidación de compuestos de cobre para obtener energía que se invierte en la síntesis de ATP).
- 5 R. M. La diferencia es que la fuente de los bioelementos primarios, carbono (C), nitrógeno (N), azufre (S), etc., que los organismos necesitan para generar la materia, en los litótrofos es materia inorgánica ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , etc.), y en los organótrofos procede de materia orgánica (glúcidos, lípidos, proteínas, etc.).

- 6 En estas condiciones, al principio son posibles todos los tipos de metabolismo, puesto que hay materia orgánica, materia inorgánica, oxígeno y luz; pero con el tiempo, si la materia orgánica acumulada es muy superior a los otros nutrientes, la situación es diferente. Como la fotosíntesis bacteriana no desprende oxígeno, y como hay mucha materia orgánica en descomposición, las bacterias respiradoras lo agotan, por lo que, ya no pueden sobrevivir ni las bacterias que hacen la respiración aeróbica ni las que hacen la quimiosíntesis (también necesitan mucho oxígeno por oxidar los compuestos inorgánicos). Como hay mucha materia orgánica en descomposición, las bacterias anaeróbicas, que utilizan  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , como receptores de los hidrógenos, finalmente también los agotan, por lo cual tampoco podrán sobrevivir ni las bacterias que hacen la respiración anaeróbica ni los que hacen la fotosíntesis litótrofa, puesto que su fuente de N y de S son los nitratos y los sulfatos, respectivamente. En el agua habrá mucho  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  y otras sustancias reductoras procedentes de la materia orgánica en descomposición. Las que podrán vivir muy bien son las bacterias que hacen las fermentaciones, puesto que esta vía tan solo necesita materia orgánica, y los que hacen la fotosíntesis organótrofa, puesto que además de luz necesitan materia orgánica como fuente de carbono, de nitrógeno y de azufre.

Pág. 170

- 7 La molécula de ATP se utiliza como «moneda energética» debido a los enlaces anhídrido fosfórico de alta energía que existen entre sus grupos fosfato.
- 8 Aumentaría bruscamente la temperatura del medio interno celular, con la consiguiente destrucción de la estructura secundaria y terciaria de las proteínas, y de la estructura en doble hélice del ADN.
- 9 La importancia de la molécula de ATP recae en el enlace que se produce entre dos grupos fosfato consecutivos (P—O—P). Este enlace es lo suficientemente fuerte como para que cuando se rompa se libere una gran cantidad de energía, y lo suficientemente débil como para que sea posible romperlo en las condiciones internas de la célula. El oxígeno que separa los dos fosfatos consecutivos, como solo le faltan dos electrones para llegar a tener ocho en su último orbital, los atrae con mucha fuerza, y el fósforo, como solo le faltan tres electrones para conseguir lo mismo, también los atrae con una cierta fuerza.

Pág. 171

- 10 Son sustancias que disminuyen la energía de activación facilitando las reacciones químicas. Al rebajar la energía de activación se facilita la rotura de los enlaces de los reactivos para llevarlos al estado de transición, donde podrán formar los productos correspondientes o desactivarse.

Pág. 173

- 11** Las enzimas presentan aminoácidos estructurales que no se unen al sustrato, y aminoácidos de fijación y catalizadores que sí se unen al sustrato.
- 12** Las enzimas actúan siempre a la temperatura del ser vivo, tienen una alta actividad (aumentan la velocidad de reacción), tienen una elevada masa molecular y tienen una alta especificidad con los sustratos sobre los que actúan.
- 13** Cofactor: fracción no polipeptídica que forma parte, junto con cadenas polipeptídicas, de una holoenzima.

Apoenzima: fracción polipeptídica que forma parte, junto con una fracción no polipeptídica, de una holoenzima.

Coenzima: cofactor de origen orgánico. Biomolécula orgánica que interviene en determinadas reacciones enzimáticas.

Pág. 175

- 14 a)** En la disolución A hay dos moléculas de enzima cuyos centros activos están vacíos. Ello se debe a que como la concentración de sustrato es muy baja, la mitad que en la disolución B, no se han encontrado con ninguna molécula de sustrato todavía. Se podría evitar elevando la temperatura, ya que ello provoca una mayor agitación de las moléculas de los fluidos y, por tanto, aumenta la facilidad de que choquen, pero como un incremento de temperatura podría desnaturalizar las enzimas, que son proteínas, esta solución es inadecuada. La otra forma, la correcta, es aumentando la concentración del sustrato.

**b)** No se podría mejorar aumentando la concentración del sustrato, ya que por muchas moléculas de sustrato que se añadieran no podrían acceder a los centros activos de las enzimas porque todas ellas ya están ocupadas al 100%. Se podría mejorar aumentando la concentración de enzimas. Si no se cambia nada, con el tiempo se irán acabando las moléculas de sustrato y la formación de moléculas de producto por unidad de tiempo disminuirá, quedando solo las moléculas de enzima y las moléculas de producto.

- 15** En una reacción enzimática con una concentración de enzima constante, si se incrementa la concentración del sustrato se produce un aumento de la velocidad de reacción. Ello se debe a que, al haber más moléculas de sustrato por unidad de volumen, aumenta la probabilidad de encuentro entre el sustrato y la enzima.
- 16** Porque la especificidad enzimática llega a discernir una y otra y, así, favorece la reacción de la primera y queda inactiva (neutral) respecto de la reaccionabilidad de la segunda.

Pág. 176

- 17** Cuanto más afinidad hay entre la enzima y el sustrato, lógicamente más velocidad de reacción hay. A cualquier concentración que se considere se observa que la enzima 1 consigue una mayor velocidad de reacción, por tanto, la enzima 1 tiene más afinidad por el sustrato que la enzima 2.

- 18 a)** A medida que pasa el tiempo, lógicamente, hay más moléculas de producto (aumento de la línea azul) y quedan menos moléculas de sustrato (descenso de la línea roja).
- b)** La reacción es:  $E + S \rightarrow ES \rightarrow E + P$ , por tanto, cuanto más tiempo pase, más E (línea amarilla) y más P (línea azul) habrá, e igualmente menos ES (línea morada) quedará.
- c)** Porque la cantidad de enzima (línea amarilla) es muy inferior a la del sustrato (línea roja). Basta con una cantidad muy pequeña de enzima para transformar una gran cantidad de sustrato (línea roja) en producto (línea azul). Esto es debido a que la enzima actúa como catalizador, es decir, favorece el proceso sin consumirse. Una enzima que ha transformado una molécula de sustrato en producto, vuelve a quedar libre por actuar sobre otra nueva molécula de sustrato.

- 19** Primero necesitamos conocer la velocidad máxima de la reacción:

$$v = v_{\max} \cdot \frac{[S]}{K_M + [S]}$$

$$2,5 \mu\text{M}/\text{mín} = v_{\max} \cdot \frac{4 \cdot 10^3 \mu\text{M}}{4,5 \mu\text{M} + 4 \cdot 10^3 \mu\text{M}}; v_{\max} = 2,503 \mu\text{M}/\text{mín}$$

Ahora ya es posible conocer la velocidad para una concentración de sustrato de  $0,5 \mu\text{M}$ :

$$v = 2,503 \mu\text{M}/\text{mín} \cdot \frac{0,5 \cdot 10^3 \mu\text{M}}{4,5 \mu\text{M} + 0,5 \cdot 10^3 \mu\text{M}} = \mathbf{2,480 \mu\text{M}/\text{mín}}$$

Pág. 177

**SABER HACER**

- 20** R. M. El burbujeo en los tubos donde no se ha hervido el material se debe a la descomposición del  $\text{H}_2\text{O}_2$  por parte de las bacterias anaerobias del tejido. Sin embargo, en los tejidos hervidos, las bacterias presentes en los tejidos se han eliminado con el hervido y no se aprecia descomposición del  $\text{H}_2\text{O}_2$ .
- 21** Muchas de las bacterias patógenas son anaerobias, y mueren en ambientes ricos en oxígeno. Por ello, al echar agua oxigenada sobre la herida se produce su descomposición debido a la catalasa presente en los tejidos, descomponiéndose en agua y oxígeno, que provoca la muerte de las bacterias.
- 22** El pH actúa influyendo en la capacidad de ionización de los radicales carboxilo ( $-\text{COOH}$ ) y amino ( $-\text{NH}_2$ ). Por ejemplo, un exceso de  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aquí usaremos el equivalente  $\text{H}^+$ ) impide que se pueda ionizar el grupo carboxilo ( $-\text{COOH} \rightarrow -\text{COO}^- + \text{H}^+$ ), dado que hay un exceso de  $\text{H}^+$  en el medio. Igualmente, un exceso de  $\text{OH}^-$  impide que se ionicen los grupos amino ( $-\text{NH}_3\text{OH} \rightarrow -\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$ ), dado que hay un exceso de  $\text{OH}^-$  en el medio.
- 23** Al igual que las proteínas, las enzimas se desnaturalizan (pierden su estructura) cuando se someten a altas temperaturas. Dejan de ser funcionales.

**Pág. 178**

- 24 R. G. Se trata de representar en un mismo gráfico las tres velocidades para poder compararlas más fácilmente. En el eje vertical se representa la velocidad, y en el horizontal, la concentración en  $\mu\text{M}$ . De esta forma se observa que:
- La gráfica de la velocidad A, la que con igual concentración de sustrato logra más velocidad de reacción, corresponde lógicamente a ausencia de inhibidor.
  - La gráfica de la velocidad B, la que a medida que se aumenta la concentración de sustrato se disminuye la diferencia respecto de la curva sin inhibidor, corresponde a presencia de inhibidor competitivo, puesto que, cuanto más concentración de sustrato, menos efecto produce el inhibidor.
  - Finalmente, la gráfica de la velocidad C corresponde a la presencia de inhibidor no competitivo, puesto que por más que se aumente la concentración del sustrato, como el inhibidor se ha fijado en un lugar diferente del que ocupa el sustrato, la molécula de enzima queda inactiva.
- 25 Porque al quedar el centro activo ocupado, o alterado, la enzima ya no actuará nunca jamás.

**Pág. 179**

- 26 Que se puede autorregular la actividad, por ejemplo, si el producto final actúa como inhibidor o si el sustrato actúa como activador.
- 27 Que se necesite menos enzima por lograr la velocidad máxima y que esta tan solo actúe significativamente a partir de una determinada concentración de sustrato.

**Pág. 180**

- 28 La acción de una enzima se puede impedir con la presencia de sustancias inhibidoras, con una temperatura excesivamente baja y con un pH inadecuado.
- 29 Los complejos multienzimáticos de la cadena de transporte electrónico respiratoria se encuentran incluidos en las membranas. Su principal ventaja es que facilita la unión entre los sucesivos productos y enzimas.

**Pág. 181**

- 30 A una hidrolasa.

**Pág. 183**

**SABER HACER**

- 31 Porque se oxida al ceder  $\text{H}^+$ .
- 32 La vitamina C se ha comportado como un reductor, ella se oxida (cede  $2\text{H}^+$ ) y reduce el diclorofenol-indofenol, provocando un cambio de color.

- 33 Los alimentos cocidos no son una buena fuente de vitamina C. Tras hervir el zumo de limón, el colorante se presenta azul, color indicativo de su forma oxidada. Esto quiere decir que no se ha producido la reacción de reducción del colorante y que la vitamina C está toda en su forma oxidada o de ácido dehidroascórbico.
- 34 El escorbuto es una deficiencia de la vitamina C. Era típica de los marineros porque carecían en su dieta de frutas frescas y hortalizas, alimentos ricos en vitamina C.
- 35 Porque en el interior de sus células pueden almacenar una gran cantidad de las vitaminas que han ingerido.
- 36 En el tejido adiposo, dado que, como los adipocitos contienen una gran cantidad de lípidos, se encuentran dispersas las vitaminas liposolubles.
- 37 Los alimentos que se ingieren sin calor, puesto que el calor destruye las vitaminas; es decir, la fruta, los tomates, las lechugas y las zanahorias de las ensaladas, los frutos secos, la leche y los huevos frescos. En segundo lugar, la carne, el hígado y el pescado azul, crudos o poco hechos, y el queso.
- 38 La vitamina D3 y también la vitamina B3. Además, se deben tener en cuenta las vitaminas B8, B12 y K, que produce la flora bacteriana intestinal simbiote.
- 39 La vitamina B2 origina el FAD y el FMN; la vitamina B3, el  $\text{NAD}^+$ ; la vitamina B5, la acetil-coenzima-A; la vitamina B6 transfiere grupos amino; la vitamina B8 transfiere grupos carboxilo, y la vitamina B12 interviene como coenzima en el metabolismo de los aminoácidos.
- 40 Que son hidrosolubles, que son del grupo B y que son necesarias para llevar a término la eritropoyesis (generación de glóbulos rojos cargados de hemoglobina).
- 41 El exceso de vitamina D produce calcificación de órganos, como por ejemplo el riñón, el hígado y el corazón. Conviene recordar que el exceso de vitamina B6 provoca convulsiones; y el exceso de vitamina A produce caída del cabello, debilidad, cefaleas y vómitos.
- 42 La vitamina D.

**Pág. 184**

**PARA REPASAR**

43

Fuente de carbono	Fuente de energía	
	Luz (fotosintéticos)	Energía química (quimiosintéticos)
<b>CO<sub>2</sub> (autótrofos)</b>	Fotoautótrofo. Plantas, algas, cianobacterias, bacterias púrpuras y verdes del azufre.	Quimioautótrofo. Bacterias nitrificantes, bacterias incoloras del azufre y otras.
<b>Materia orgánica (heterótrofos)</b>	Fotoheterótrofo. Bacterias púrpuras no sulfúreas.	Quimioheterótrofo. Animales, hongos, protozoos y muchos tipos de bacterias.

- 44** Si la energía se desprendiera en forma de calor, aumentaría la temperatura interna celular, o la del tracto digestivo si son enzimas de la digestión, hecho que puede ser peligroso para el organismo. Por otro lado, esta energía se desprendería al exterior sin poderse almacenar para ser aprovechada más adelante. Normalmente se almacena en forma de ATP ( $\text{ADP} + \text{P}_i + \text{energía} \rightarrow \text{ATP}$ ).

La energía almacenada se puede invertir en producir luz, como hacen las luciérnagas para atraer a los machos o los pescados abisales para atraer a las presas.

- 45** Holoenzimas.

- 46** Que se deberían producir grandes cantidades. Energéticamente esto puede significar que muchas vías metabólicas ya no serían rentables.

- 47**  $v = v_{\text{máx}} \cdot [\text{S}]/(\text{K}_M + [\text{S}])$ . Donde:

- $v$  es la velocidad de reacción para diferentes concentraciones de sustrato.
- $v_{\text{máx}}$  es la velocidad máxima de reacción. Por mucho que aumentemos la concentración del sustrato, la velocidad no aumenta.
- $[\text{S}]$  es la concentración del sustrato.
- $\text{K}_M$  es la constante de Michaelis-Menten, que es la concentración del sustrato en la que la velocidad de reacción es la mitad de la velocidad máxima.

- 48** El texto a) se corresponde con el número 1 de ambas gráficas. El texto b), con el número 3 de ambas gráficas. El texto c) con el número 4 de la gráfica B. El texto d), con el número 4 de la gráfica A. El texto e) va con el número 2 de ambas gráficas.

- 49** Pasar de 0 a 40°C hace aumentar la velocidad de reacción porque, al aumentar el grado de reacción de las moléculas, aumentan los encuentros de moléculas de enzima con moléculas de sustrato y esto hace que se produzca la reacción.

Al acercarse a los 50°C, empieza el descenso de producción de productos porque empieza la destrucción de una gran parte de las moléculas de enzima, puesto que se ha roto la estructura terciaria debido al calor, que rompe los puentes disulfuro que la mantienen.

Disminuir de 40 a 0°C sí que es un paso reversible porque esto no implica ninguna alteración en la estructura molecular de la enzima, tan solo el descenso del grado de agitación.

- 50 a)** A una determinada concentración de enzima, la velocidad de reacción aumenta a medida que aumenta la concentración del sustrato, hasta llegar a un grado en que, por más que se aumente la concentración del sustrato, ya no aumenta la velocidad de reacción. Esto es porque todas las moléculas de enzima ya están ocupadas continuamente por el sustrato. Si la concentración de enzima se duplica, se observa que la velocidad de reacción también se duplica, es decir, en el mismo tiempo se obtiene el doble del producto. Esto es debido a que hay muchas más moléculas de enzima trabajando.

- b)** Si la concentración de la enzima es la misma, la cantidad de producto formado en un mismo tiempo (expresada moles/litro) es más grande si la concentración del sustrato es más alta. Esto se da porque, cuanto más concentración de sustrato, más frecuentes son los encuentros de moléculas de sustrato con moléculas de enzima, lo cual induce que el sustrato se transforme en el producto.

- 51** En la gráfica A, la curva 1 corresponde a una reacción sin inhibidor y la curva 2 a una reacción con inhibidor.

En la gráfica B, la curva 3 corresponde a una reacción sin inhibidor y la curva 4 a una reacción con inhibidor.

- 52** a) y d) corresponden a la curva 4 de la gráfica B.

b) y c) corresponden a la curva 2 de la gráfica A.

- 53** Porque consumen mucho pescado, en el cual abunda la vitamina D. Hay una hipótesis sobre que la pérdida de melanina en las razas humanas, todas surgidas del *Homo sapiens sapiens* africano con la piel muy probablemente negra debido a la insolación, está relacionada con la necesidad de que la piel pueda sintetizar la suficiente vitamina D, pese a que se viva en un medio con una insolación más baja que la de las zonas tropicales.

- 54** Porque también eliminan las colonias bacterianas simbiotes del intestino que producen vitaminas, como por ejemplo B8, B12 y K3.

Pág. 185

#### PARA PROFUNDIZAR

- 55 a)** R. M. Primero hay que comprobar que la unión del almidón con lugol tiene como resultado una coloración azul oscuro. Por tanto, el lugol sirve para reconocer la presencia de almidón.

Se dejar actuar una pequeña cantidad de almidón con una gran cantidad de saliva durante unas cuantas horas para asegurar que todo el almidón ha pasado a maltosa.

Por último, se añade lugol al medio anterior y se constata que no hay almidón porque no coge el color azul oscuro.

- b)** R. M. Parar demostrar la influencia de la temperatura se puede proceder igual que en el protocolo anterior, pero con cuatro muestras: una que se introduce en la nevera, otra que se deja a temperatura ambiente, otra en un baño María a 40°C y otra en un baño María a 60°C.

A continuación se puede comprobar cada quince minutos la persistencia del almidón, y así se pueden observar las diferencias de velocidad de reacción debido a la temperatura.

Para demostrar la influencia del pH se puede proceder como en el protocolo anterior, pero con tres muestras: una que se deja en un medio básico añadiendo unas cuantas gotas de NaOH al 5% hasta llegar a un pH de 8,5 o superior; otra que se deja tal y como está, y otra que se deja a un pH ácido añadiendo unas cuantas gotas de HCl al 5% hasta llegar a un pH 6 o inferior. A continuación se puede comprobar cada quince minutos la persistencia

del almidón, y así se pueden observar las diferencias de velocidad de reacción debido al pH.

- 56** a) El inhibidor 1, al unirse a la enzima provoca un cambio conformacional en esta que le impide unirse al sustrato. Se denomina inhibición reversible no competitiva.
- b) R. G. El inhibidor 2 se unirá al centro activo de la enzima debido a su estructura tridimensional, de forma que lo inutiliza para la unión del sustrato y la inhibición resultaría irreversible.
- 57** Si los enlaces fueran covalentes fuertes, los productos no se podrían separar de los centros activos, por lo que las enzimas quedarían permanentemente ocupadas y la reacción no progresaría.

Pág. 187

### CIENCIA EN TU VIDA

- 58** Los objetivos de la biología sintética son la síntesis de moléculas artificiales como enzimas, material genético, etc., diferentes de las existentes en la naturaleza. Se trata del diseño de sistemas biológicos que no existen en la naturaleza.
- 59** Los XNA, en lugar de ribosa o desoxirribosa, como el ARN o el ADN respectivamente, contienen moléculas de 4 a 7 átomos de carbono.
- 60** Se podrían utilizar las enzimas que pasan el ADN a XNA, el cual no es degradado por los virus infectantes, para que este mantuviera el control de la célula infectada.
- 61** Controlando la disponibilidad de los nucleótidos sintéticos por parte de la célula cuyo ADN los contiene, se podría controlar su replicación, lo cual puede ser importante en casos de virus y microbios patógenos.
- 62** Se podrían crear más fácilmente todo tipo de xenoenzimas en función de las necesidades. Por ejemplo, para que destruyan sustancias tóxicas en el medio natural, para que aceleren la producción de sustancias beneficiosas, para que actúen frente a sustancias cuya acumulación en exceso provoca enfermedades, etc.
- 63** Se trata de una genética molecular distinta de la natural y que no interfiera con ella.
- 64** Plantea la posibilidad de que la vida pueda surgir a partir de una set de moléculas diferentes de las que conocemos actualmente.