

## TEMA 11: RUTAS ANABÓLICAS



### PRÁCTICA ESPACIADA

**11.1.** En función de la naturaleza de la fuente de energía y de la fuente de carbono que utilizan los organismos pueden clasificarse tal y como se indica en la siguiente tabla:

		Fuente de energía	
		Luz (fotótrofos)	Oxidación de compuestos químicos (quimiótrofos)
Fuente de carbono	Materia orgánica (heterótrofo)	<b>fotoheterótrofo</b>	<b>quimioheterótrofo</b>
	Materia inorgánica (autótrofo)	<b>fotoautótrofo</b>	<b>quimioautótrofo</b>

- Teniendo en cuenta esta terminología, ¿cómo clasificarías un geranio? ¿Y al ser humano? ¿Por qué?
- Unos investigadores encuentran dos especies bacterianas desconocidas y quieren determinar algunas de sus características. Con ese objetivo, cultivan las dos especies de bacterias en condiciones que combina estas dos variables:
  - Presencia o no de luz
  - Presencia o no de sacarosa en el medio de cultivo.

Cada media hora toman una muestra de cada cultivo y cuentan el número de células para averiguar si existe crecimiento (+) o no (-) de la población bacteriana. Los resultados que obtienen se muestran a continuación:

Condiciones de crecimiento		Especie bacteriana 1	Especie bacteriana 2
luz	sacarosa		
SI	SI	+	+
NO	SI	-	+
NO	NO	-	-
SI	NO	+	-

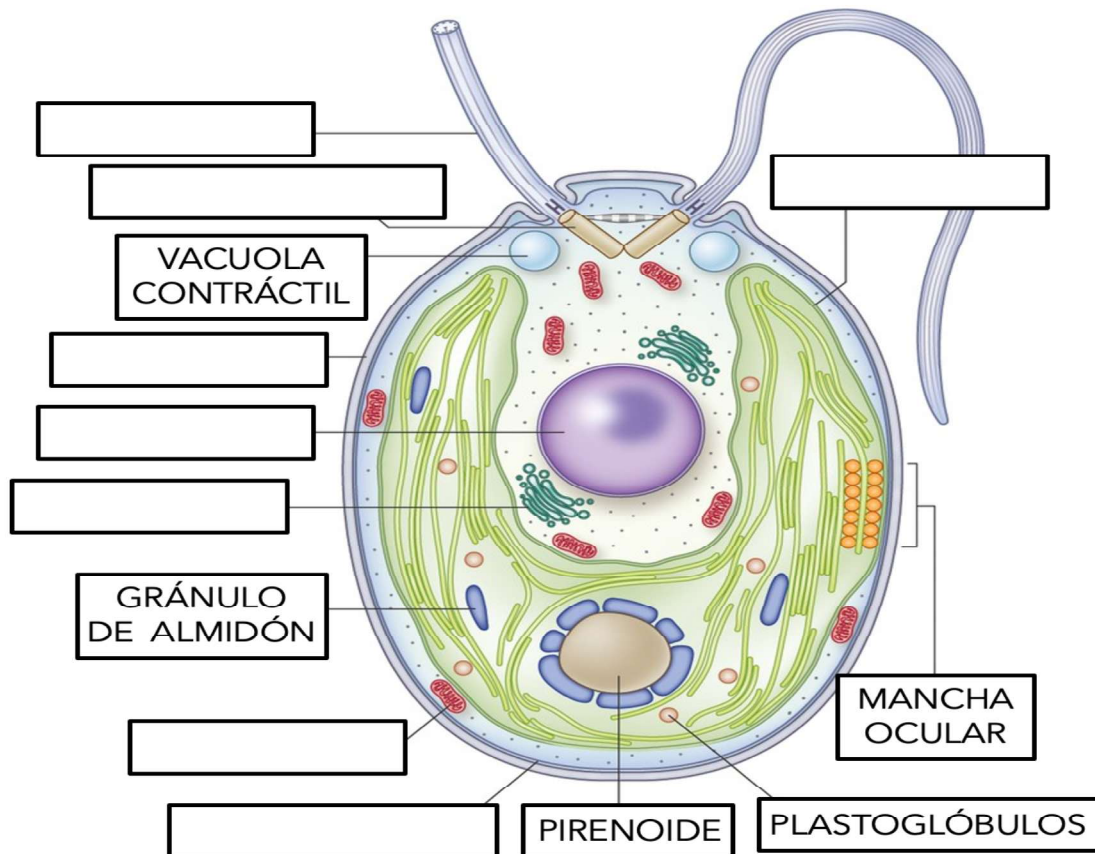
¿Qué puedes concluir respecto a las fuentes de carbono y de energía que presenta cada especie bacteriana? ¿Por qué?

- Razona si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:
  - Las células de los organismos quimioheterótrofos son siempre aerobias.
  - La fotosíntesis y la respiración celular son mutuamente excluyentes.



EVOcando lo  
YA APRENDIDO

**11.2.** Completa el esquema del microorganismo *Chlamydomonas reinhardtii* con los orgánulos que reconozcas:



Sasso S. *et al.* (2018) The Natural History of Model Organisms: From molecular manipulation of domesticated *Chlamydomonas reinhardtii* to survival in nature. *eLife*7:e39233.

Las células de *Chlamydomonas reinhardtii* se caracterizan por la presencia de un único cloroplasto en forma de copa que ocupa el 40% del volumen celular. En su interior aparecen estructuras especializadas como el pirenoide (reservorio de enzimas), la mancha ocular, gránulos de almidón y plastoglóbulos que acumulan lípidos en su interior.

- C. reinhardtii* se considera un alga unicelular aunque, a diferencia del resto de algas, su pared celular está formada principalmente por glucoproteínas, ¿cuál es el componente mayoritario de la pared celular de la gran mayoría de algas?
- Respecto a su metabolismo, *C. reinhardtii* es bastante especial. Si está expuesto a una intensidad lumínica adecuada realiza la fotosíntesis gracias a su gran cloroplasto. Sin embargo, en condiciones permanentes de total oscuridad, es capaz de sobrevivir obteniendo la energía y la fuente de carbono a partir de compuestos orgánicos como el acetato. ¿En qué categorías clasificarías a *Chlamydomonas* según su fuente de energía y de carbono?
- Si a un alga del género *Chlamydomonas* se le cortan los dos flagelos que tiene, en condiciones normales puede regenerarlos completamente en dos horas. Sin embargo, en presencia de cicloheximida, un inhibidor de la síntesis de proteínas, no se produce la regeneración de los flagelos. Explica razonadamente este hecho.

**11.3.** Los cloroplastos solo están presentes en determinados tipos celulares de las hojas y de otras partes verdes de las plantas. Además, el ATP que sintetizan se utiliza exclusivamente para este orgánulo y no lo exportan al citoplasma de la célula. Responde razonadamente:

- ¿De dónde obtienen el ATP estas células vegetales para su metabolismo no fotosintético?
- Indica qué le ocurriría a una célula fotosintética si se le destruyen todos sus cloroplastos
- ¿Y si se le destruyen también todas sus mitocondrias?

**11.4.** En el laboratorio se dispone de un matraz con cianobacterias (matraz A) y otro con una solución de agua y glucosa y la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (matraz B). Los matraces se tapan con tubos de ensayo invertidos a modo de capuchón. Al cabo de 1 hora la parte superior de los dos tubos de ensayo contiene gases.

Responde de forma razonada a las siguientes cuestiones:

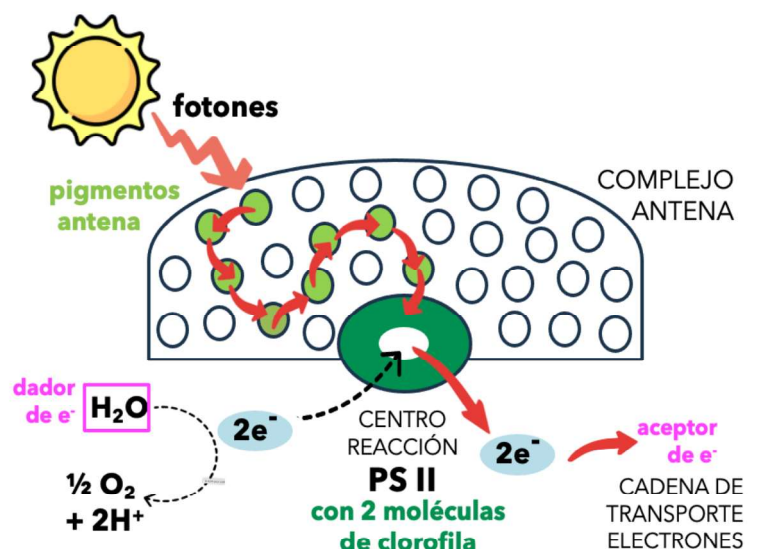
- ¿Qué gas se genera principalmente durante el experimento en cada uno de los matraces (A y B)?
- ¿Cuál es el nombre de la vía metabólica responsable de que se haya generado el gas en cada uno de ellos?
- ¿Qué gases se generarían en los distintos matraces en oscuridad?
- ¿Se generarían los gases en los distintos matraces si el experimento se realizara a 60°C?



**RUTINAS DE  
PENSAMIENTO**

**11.5.** ¡Dame un titular! Observa

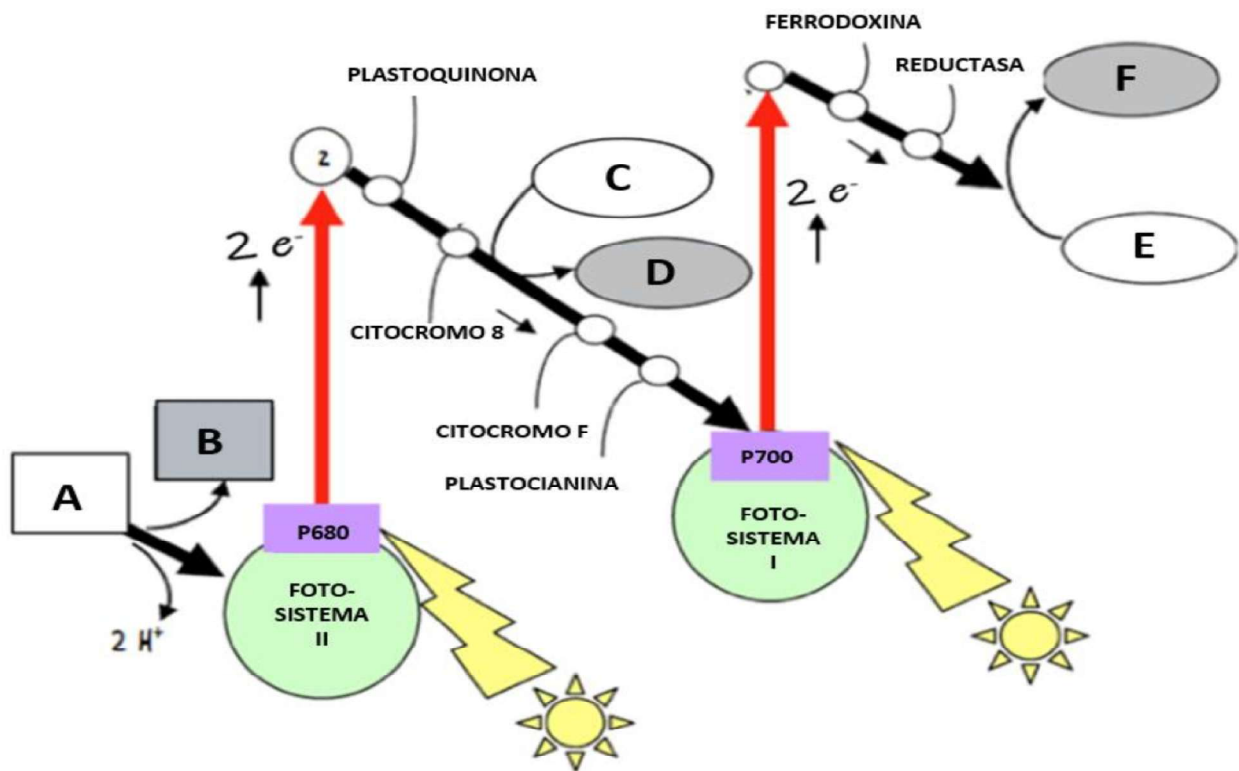
esta imagen sobre la captación de luz solar por el fotosistema II (PS II) y resume en un titular su mecanismo. Los titulares deben sintetizar lo que deseas decir en menos de 20-25 palabras y contener la información más relevante redactada de forma original y sencilla.



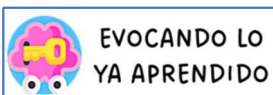
**11.6.** Con relación a la fotosíntesis:

- ¿Por qué necesitan agua los cloroplastos? Razona la respuesta.
- ¿Qué es un fotosistema?
- ¿Cuál es el papel de la clorofila?
- ¿Qué papel cumplen procesos redox o de transporte de electrones en la fase luminosa de la fotosíntesis?

**11.7.** En 1939, el bioquímico británico Robert Hill esclareció las reacciones de la fase luminosa, proceso al que corresponde este esquema:



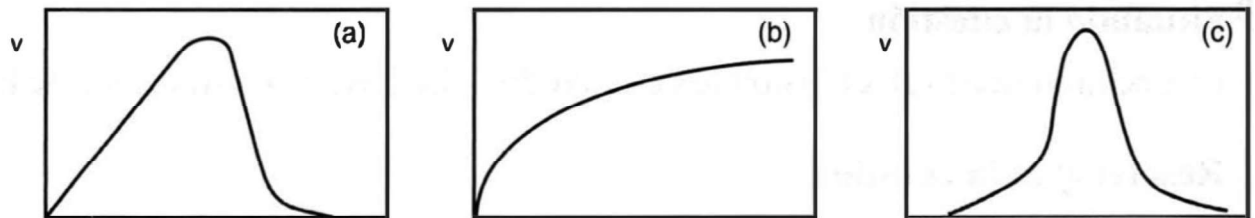
- ¿En qué orgánulo celular y en qué parte de dicho orgánulo tiene lugar este proceso?
- ¿La imagen esquematiza la fase luminosa acíclica o la cíclica? ¿Por qué?
- A esta representación se le suele llamar "esquema en Z", ¿por qué crees que es así?
- Identifica las moléculas A y B y nombra el proceso que se produce.
- Sabiendo que el paso de C a D se da gracias al gradiente electroquímico creado por la cadena de transporte de  $e^-$  y el flujo de  $H^+$  a través de la ATP-sintasa, ¿para qué se utilizarán posteriormente las moléculas D y F?
- Las atrazinas son herbicidas que inhiben la acción de la plastoquinona. Explica por qué estas sustancias impiden el metabolismo de las plantas.



**11.8.** Respecto a la actividad de los enzimas:

- Describe brevemente qué tipo de molécula son los enzimas y qué función realizan en la célula.
- Al aumentar la cantidad de sustrato en una reacción enzimática, sin variar la concentración de enzima, se observa como la velocidad de la reacción va aumentando. Sin embargo, llega un momento en que el aumento de la cantidad de sustrato no tiene efecto sobre la velocidad de la reacción, que es máxima y constante. Explica este hecho con tus palabras.

- c. ¿Qué quiere decir que los enzimas son «muy específicos»? Razona tu respuesta.
- d. En las figuras (a), (b) y (c) se ilustran el efecto que en la actividad (v) de un enzima ejercen la concentración de su sustrato, así como el pH y la temperatura a los que transcurre la reacción. Identifica y razona cual es el gráfico que ilustra cada uno de los efectos mencionados



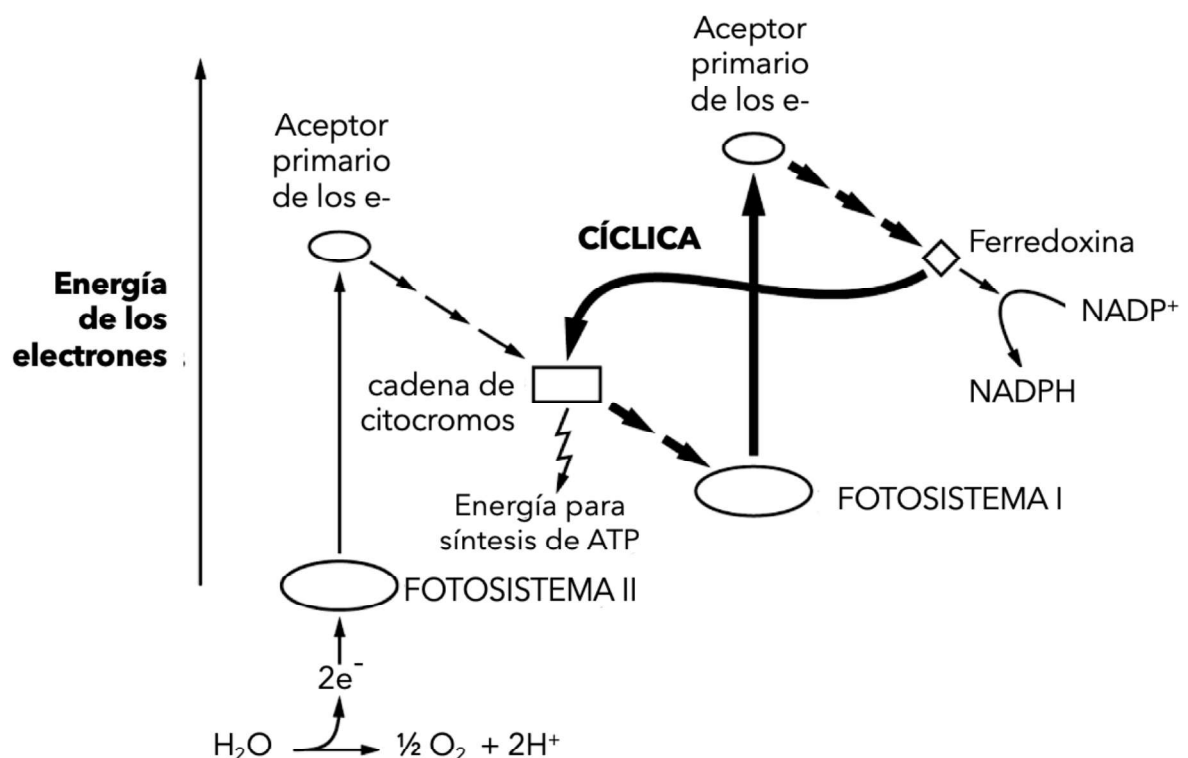
- e. Las alcachofas y otras verduras sufren un pardeamiento (oscurecimiento) al poco tiempo de ser cortadas. Esto se debe a la acción de enzimas que oxidan determinados compuestos de estos alimentos.

Existen tres formas de evitar este pardeamiento:

- reducir la exposición de estos alimentos al oxígeno.
- añadir compuestos ácidos.
- calentarlas verduras en agua hirviendo.

Explica de forma razonada por qué no se produce el pardeamiento en cada caso.

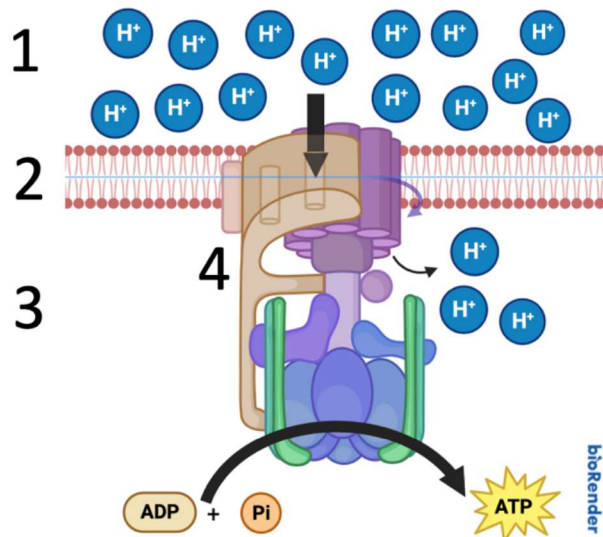
**11.9.** En la siguiente figura se esquematiza la fase no cíclica y la fase cíclica (flechas en negrita) de la fase luminosa en la fotosíntesis:



- ¿Cuántos ATP y NADPH se necesitan para que en la fase oscura se fijen 6 moléculas de  $\text{CO}_2$  dando lugar a una molécula de glucosa?
- En este sentido, ¿por qué es necesaria la existencia de la fase cíclica?
- Basándote en la figura, explica por qué un aumento del ratio  $\text{NADPH} / \text{NADP}^+$  causará un aumento del flujo de electrones en la fase cíclica.
- Un equipo de científicos ha analizado el efecto de una mutación en el gen *CRR6* sobre la fase luminosa de la fotosíntesis en plantas de arroz. La proteína *CRR6* que codifica dicho gen forma parte del fotosistema I y su ausencia reduce significativamente la actividad de dicho fotosistema. ¿Qué consecuencias tendrá dicha mutación?



**11.10.** La molécula **4** de la imagen está presente tanto en mitocondrias como en cloroplastos, ¿reconoces de qué molécula se trata?

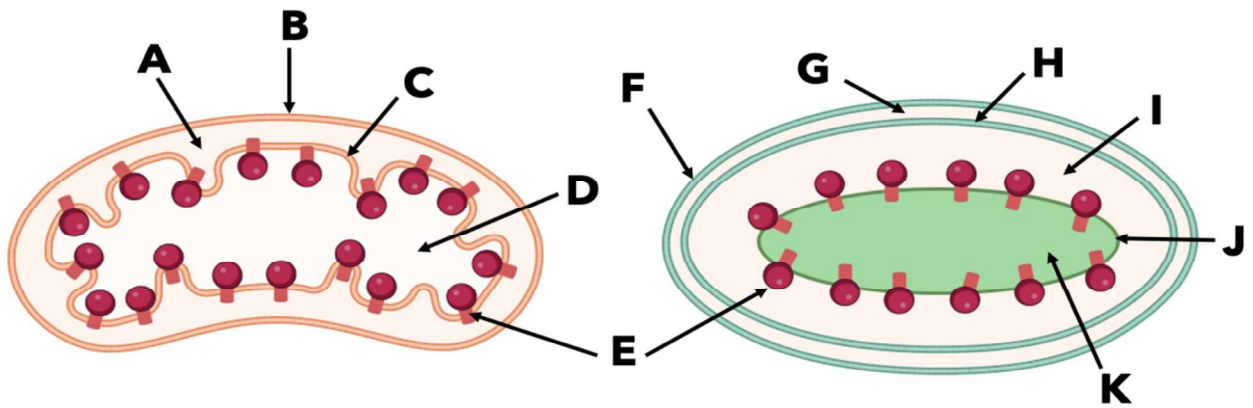


- ¿Cuál es el compartimento en el que se acumulan los protones (identificado con el número **1**) en mitocondrias y cuál es en cloroplastos?
- ¿A qué estructura corresponde **2** en las mitocondrias? ¿Y en los cloroplastos?
- ¿Cuál es el compartimento señalado con el número **3** en las mitocondrias y cual en los cloroplastos?
- Respecto a la síntesis de ATP, ¿cómo se denomina el proceso para su obtención a través de la molécula **4** en mitocondrias y cuál en cloroplastos?
- ¿Qué hipótesis describe el funcionamiento de la molécula 4? Explícala brevemente con tus palabras.

**11.11.** Al iluminar unos cloroplastos el pH de los tilacoides ha pasado de 7 a 5. ¿Cómo ha variado la concentración de  $\text{H}^+$ ?



**11.12.** Las imágenes corresponden a una mitocondria y a un cloroplasto simplificados.



bioRender

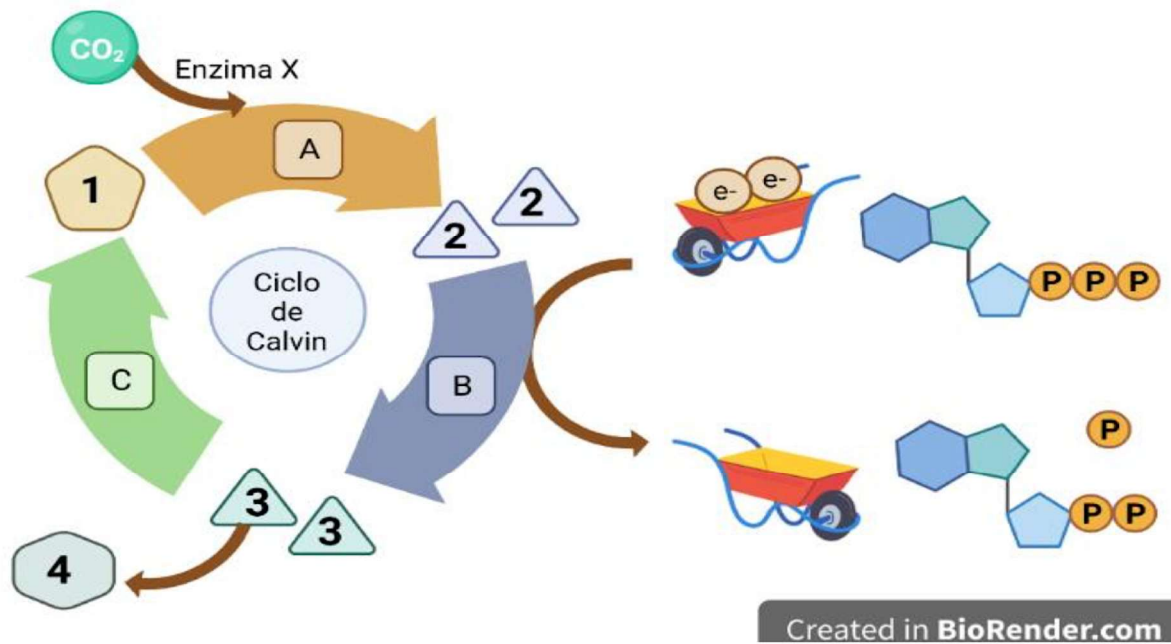
- Nombra las estructuras señaladas con las letras de la **A** a la **K**.
- ¿Cómo se denominan los compartimentos en cada orgánulo que presentan menor pH y cuál es la causa?
- ¿En qué compartimentos de cada orgánulo se fosforila el ADP para formar ATP gracias a la molécula **E**? ¿Qué nombre recibe cada tipo de fosforilación?
- Explica la relación evolutiva de ambos orgánulos con las bacterias.



**11.13.** Relaciona las siguientes afirmaciones con la respiración aerobia (A), con la fermentación (F) o con ambas:

- Se considera una ruta catabólica.
- Es una oxidación incompleta (el producto final sigue siendo una molécula orgánica).
- Es una oxidación completa (el producto final son moléculas inorgánicas,  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ ).
- El aceptor final de los electrones es un compuesto orgánico.
- El aceptor final de los electrones es un compuesto inorgánico.
- Se obtiene ATP mediante fosforilación oxidativa.
- Se obtiene ATP mediante fosforilación a nivel de sustrato.
- Se obtienen 2 ATP provenientes de la glucólisis.
- El piruvato pierde electrones que reducen el  $\text{NAD}^+$  a  $\text{NADH} + \text{H}^+$ .
- El  $\text{NADH} + \text{H}^+$  se oxida a  $\text{NAD}^+$  y el piruvato gana esos electrones.
- Se da en presencia de  $\text{O}_2$ .
- Se da en ausencia de  $\text{O}_2$ .
- Tiene un rendimiento energético de 30 ATP (o 38 ATP según el balance clásico).
- Se da en el citosol.
- Se da en la mitocondria.
- Incluye el paso por una cadena de transporte de electrones.
- La realizan organismos anaerobios facultativos como *Saccharomyces cerevisiae*.
- Se da en cualquier célula del cuerpo humano.
- Se da en células musculares y en hepatocitos.
- Su objetivo principal es regenerar  $\text{NAD}^+$  para que la glucólisis pueda seguir realizándose.

**11.14.** En la imagen se esquematiza el ciclo de Calvin:



- El ciclo comienza con la fase **A**. ¿En qué consiste esta fase? ¿Qué molécula representa el número **1**? ¿Qué enzima cataliza este proceso?
- Las moléculas **2** y **3** son el fosfoglicerato (PG) y el gliceraldehído 3 fosfato (GA3P). Razona cuál es cada una a partir del esquema. ¿En qué consiste la fase **B**?
- ¿De dónde proceden los electrones del NADPH representado con la carretilla? ¿Y la energía del ATP? Razona tu respuesta.
- La finalidad última de este proceso es la síntesis de **4**. ¿Qué molécula es? ¿Por qué se dice que este es un proceso "autótrofo"?
- ¿En qué consiste la fase que en el esquema se representa con la letra **C**?
- ¿Cuántas moléculas de CO<sub>2</sub> se tendrán que incorporar al ciclo de Calvin para dar lugar a una molécula de glucosa? ¿Y para fabricar una molécula de sacarosa?



**11.15.** De los compuestos celulares que se citan a continuación: ribulosa, hemicelulosa, NADH, FAD, glucosa, NAD<sup>+</sup>, CO<sub>2</sub> y NADP<sup>+</sup>.

- Cita cuatro compuestos que estén relacionados directamente con el proceso fotosintético e indica para cada uno de ellos, su función, la etapa del proceso en la que participan y la localización de ésta a nivel de orgánulo.
- Cita dos nucleótidos que estén relacionados directamente con la respiración e indica, para cada uno de ellos, su función, la etapa del proceso en la que participan y la localización de ésta a nivel de orgánulo.
- Explique las características químicas de la hemicelulosa y cita su función.



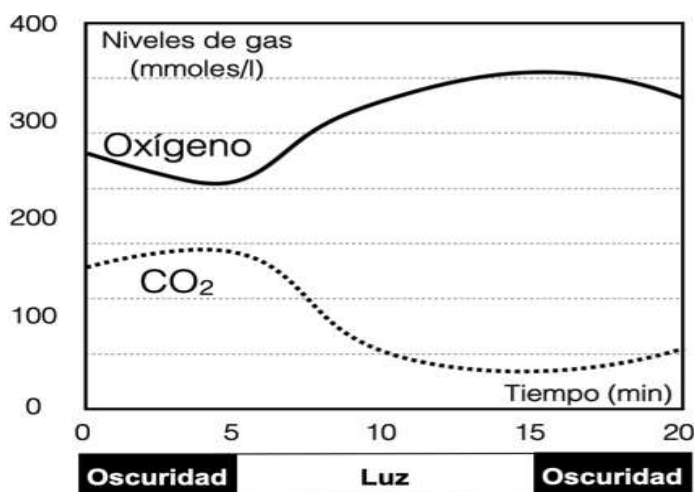


**11.16.** Indica si las afirmaciones siguientes con respecto al metabolismo son ciertas o falsas y justifica la respuesta:

- a. La glucólisis es un proceso catabólico que permite obtener ATP.
- b. El NADH y el FADH son dos coenzimas necesarias para las deshidrogenasas.
- c. La fermentación láctica no es un proceso exclusivo de los microorganismos.
- d. Todos los complejos que constituyen la cadena de transporte electrónico bombean protones.
- e. El acetil-CoA sólo se obtiene a partir de la descarboxilación oxidativa del piruvato.
- f. El pH es más ácido en el espacio intermembranoso que en el resto de compartimentos de las mitocondrias, algo que ocurre también en los cloroplastos.
- g. En las reacciones de fermentación de la glucosa, el destino de los electrones del NADH formado en la glucólisis es el oxígeno molecular.
- h. En el ciclo de Krebs se libera  $\text{CO}_2$ .
- i. Las células vegetales disponen de cloroplastos para realizar la fotosíntesis, pero no de mitocondrias, que son propias de las células animales.
- j. En el fotosistema II tiene lugar la fotólisis del agua.
- k. En la fotofosforilación cíclica participa sólo el fotosistema II y da lugar a la síntesis de ATP, NADPH y oxígeno
- l. En el ciclo de Calvin, dependiendo de la concentración de  $\text{CO}_2$ , la enzima RuBisCO cataliza una reacción de fotorrespiración.

**11.17.** Se plantó un arbusto en una campana en la que se registraban los niveles de gases presentes en el ambiente, tal y como muestra la gráfica:

- a. Entre el minuto 5 y 15 se aplicó luz y se observó un aumento de oxígeno. ¿En qué localización celular se origina? Intenta ser lo más concreto posible.
- b. Explica brevemente cuál es el origen de ese oxígeno y qué relación tiene con la presencia de luz.



- c. Al mismo tiempo se observó un descenso del  $\text{CO}_2$ . ¿Cómo se llama la ruta metabólica que lo explicaría? ¿Dónde se produce? Cita dos productos de dicha ruta.
- d. Durante la fase de oscuridad la cantidad de oxígeno disminuyó y la de  $\text{CO}_2$  aumentó, ¿a qué procesos metabólicos podrían deberse estos cambios y en qué orgánulo se producen?
- e. Durante el periodo que hay luz, ¿se siguen llevando a cabo los procesos citados en el apartado anterior? Razónalo.



**11.18.** Completa la siguiente tabla de la forma más detallada posible:

	LOCALIZACIÓN SUBCELULAR	REACTIVOS Y PRODUCTOS SI PROCEDE
Glucólisis		
$\beta$ -oxidación		
Descarboxilación oxidativa		
Ciclo de Krebs		
Fermentación láctica		
Fotólisis del $\text{H}_2\text{O}$		
Reducción del $\text{NADP}^+$		
Captación de luz por los fotosistemas I y II		
Fosforilación oxidativa		
Fotofosforilación		
Ciclo de Calvin		



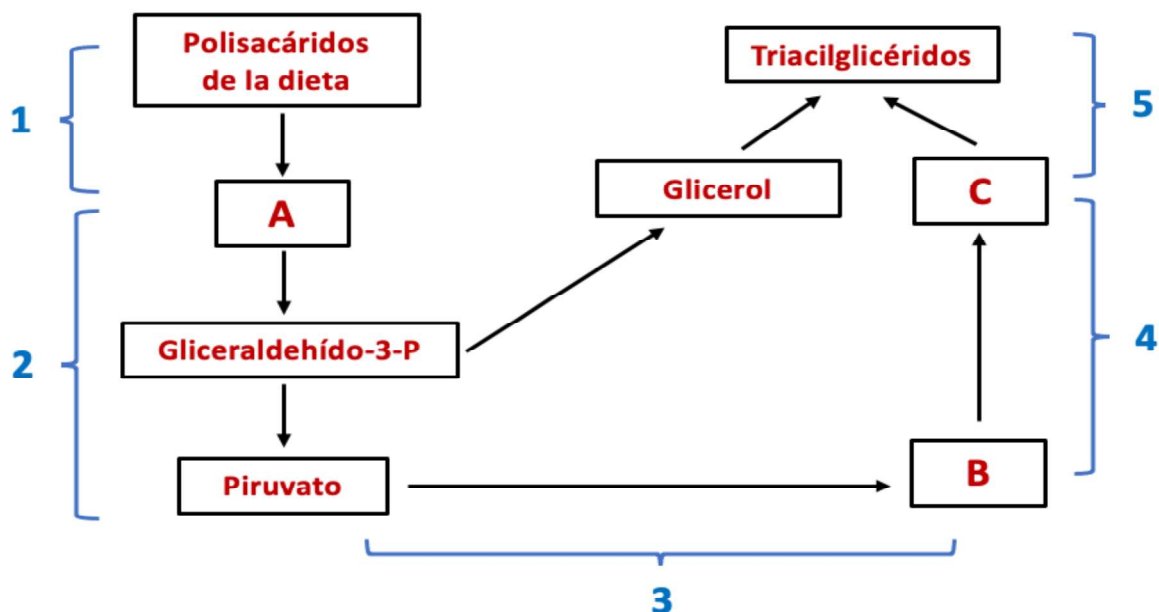
## PRÁCTICA ESPACIADA

**BONUS T.11.** El 85% de los alimentos ingeridos por los osos pardos, a pesar de ser omnívoros, son de origen vegetal. Al final de la primavera y en el verano se alimentan preferentemente de frutos como frambuesas o moras. A medida que se va acercando el invierno, pasan hasta 8 horas diarias consumiendo tubérculos y frutos secos como bellotas o castañas. Este cambio de hábitos alimentarios permite a los osos acumular reservas energéticas que posteriormente consumirán durante los meses que dure la hibernación.



- Aunque los tubérculos, las bellotas y las castañas son más ricos en polisacáridos que en triglicéridos, durante el otoño, los osos pardos aumentan mucho de peso debido a la acumulación de grasa en su tejido adiposo. Busca información sobre la lipogénesis e indica si es un proceso anabólico o catabólico. ¿Dónde se da? ¿Cuál es su sustrato inicial? ¿Cómo se relaciona dicho sustrato con el catabolismo de los glúcidos?
- Una vez conozcas más datos sobre la lipogénesis, completa el siguiente esquema con los siguientes conceptos: acetil-CoA, glucólisis, glucosa, esterificación, ácidos grasos, digestión, descarboxilación oxidativa y biosíntesis de ácidos grasos.

### LIPOGÉNESIS EN LOS OSOS PARDOS



- El hecho de que la mayor parte de la reserva energética se acumule en forma de triacilglicéridos resulta una gran ventaja para los animales que hibernan. Explica razonadamente el motivo de esta ventaja.

- Se ha demostrado que, mientras hibernan, los osos pardos únicamente obtienen energía (ATP) a partir de ácidos grasos y no de glucosa. Con tus conocimientos sobre metabolismo justifica si la siguiente afirmación es correcta: "El rendimiento energético de una molécula de ácido graso es muy superior al de una molécula de glucosa".
- Calcula el balance energético que se obtendría a partir de uno de los ácidos grasos incluido en el triacilglicérido triestearina o gliceril-triestearato.
- El  $H_2O$  es indispensable para la vida. Durante los meses que dura la hibernación, los osos pardos no beben ni una gota de agua ya que la obtienen a partir de su metabolismo. ¿Qué vía metabólica genera como producto final el  $H_2O$  que necesitan los osos pardos mientras están hibernando?