

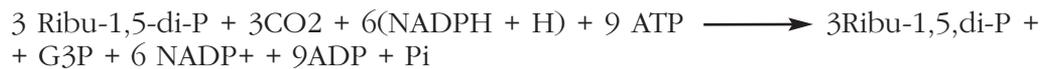
## 13.4. FASE OSCURA DE LA FOTOSÍNTESIS

La síntesis de glúcidos es una actividad muy costosa y son necesarias varias vueltas del ciclo de Calvin para producir un mol de glucosa. De forma resumida, el balance energético de este ciclo lo puedes consultar en el primer subepígrafe.

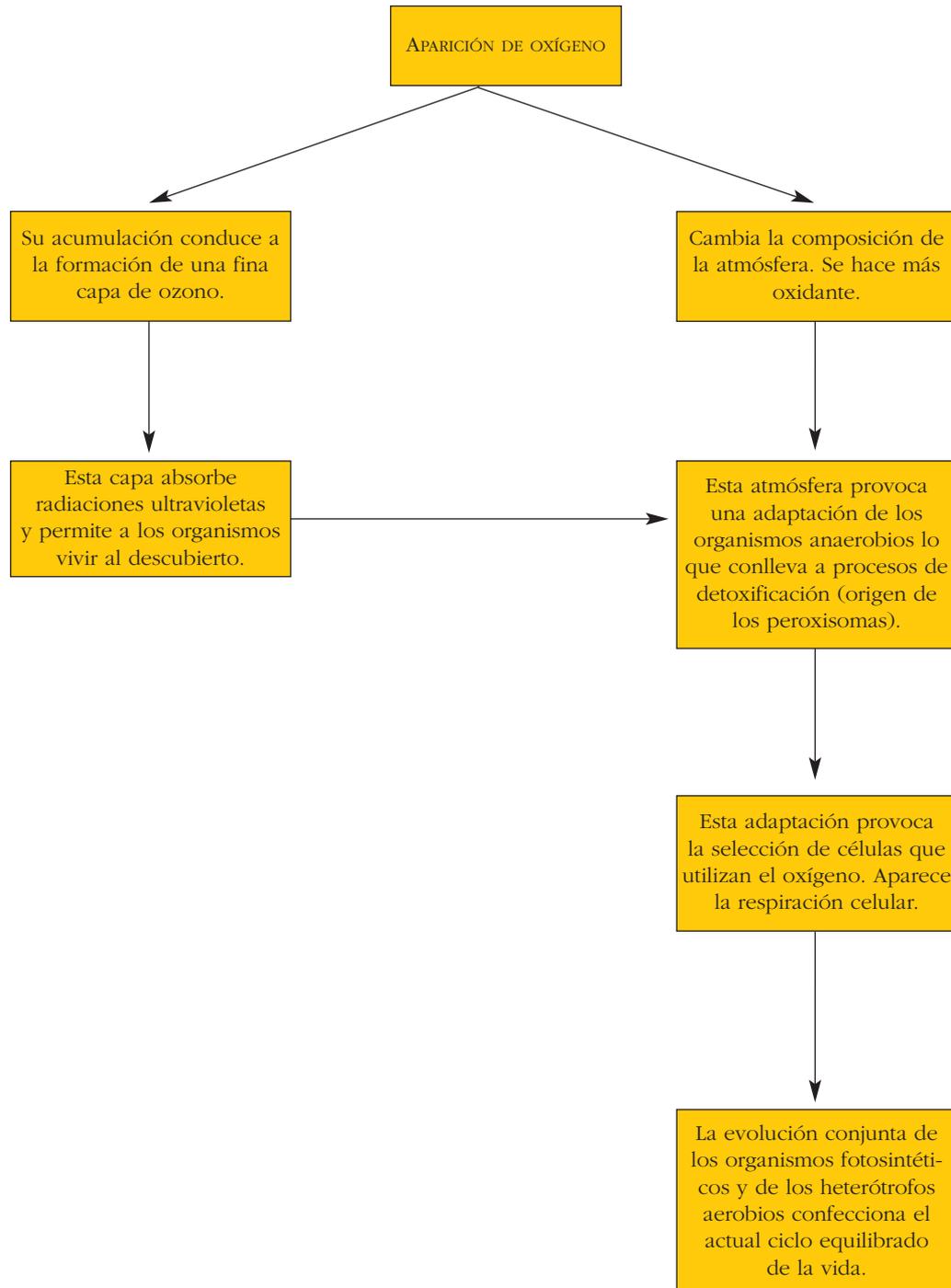
En el segundo, te proponemos un cuadro con las consecuencias que tuvo en el medio la aparición de la fotosíntesis y un texto que muestra cómo estos factores influyen en la producción primaria.

### Balance energético del ciclo de Calvin

Como resultado de las reacciones del ciclo de Calvin se produce la reducción del dióxido de carbono, que se incorpora a la vía del anabolismo de los glúcidos. El primer metabolito que conduce a la síntesis de glucosa es el gliceraldehído-3-fosfato (G3P) que se obtiene en el ciclo de Calvin. Son necesarias tres vueltas del ciclo para sintetizar una molécula de G3P. El proceso puede resumirse mediante la siguiente ecuación:



## Consecuencias de la fotosíntesis



## Factores que regulan la producción primaria

Hay una serie de factores limitantes o reguladores que limitan la producción de los autótrofos. De ellos pueden destacarse cinco: la luz y la organización del aparato fotosintético, la cantidad de  $\text{CO}_2$ , el agua, la disponibilidad de fósforo y nitrógeno y la temperatura.

- La luz es imprescindible para el crecimiento vegetal. Según aumenta su intensidad, aumenta la producción primaria; pero llega un momento en que el aparato fotosintético se satura, y sucesivos aumentos de luz ya no se corresponden con aumentos en la producción. Ello se debe a que existe una limitación intrínseca en el propio orgánulo de captación de luz por dos causas:
  - La disposición de las moléculas de clorofila en los cloroplastos, que se dan “sombra” unas a otras.
  - Que los centros de reacción que transforman la luz en energía química se encuentran en número muy inferior a las moléculas de pigmento.

Así se justifica que un incremento en la intensidad de luz, por encima de un cierto nivel, no lleve aparejado el aumento de la fotosíntesis. El mecanismo actúa como un “cuello de botella” en el que, a partir de una cierta cantidad de agua, no podrá entrar más al recipiente, aunque el flujo de esta siga aumentando. Esto explica que los máximos rendimientos fotosintéticos se logren en las primeras horas de la mañana y del atardecer, cuando la luz es más difusa, y no en las horas centrales del día, con luz solar directa.

La selección natural ha actuado en el sentido de favorecer una cantidad mínima de producción a intensidades luminosas bajas, suficiente para asegurar la permanencia de los ecosistemas, y no en el de lograr la máxima conversión de energía posible. Por ello son dudosas las esperanzas de elevar la producción de cultivos y así aumentar los alimentos para la humanidad.

En relación con la energía radiante que llega a la Tierra, el rendimiento medio en biomasa de la fotosíntesis es de aproximadamente el 1%. Sin embargo, algunas plantas, como el maíz o la caña de azúcar, tienen una eficiencia fotosintética tres o cuatro veces superior que la de otras plantas cultivadas.

- Una **concentración de  $\text{CO}_2$**  baja en el aire es un factor limitante para la producción de materia orgánica. La asimilación de  $\text{CO}_2$  aumenta hasta que se estabiliza cuando se alcanza una concentración del gas cuatro veces superior a la del aire (entre 0,3 y 1,2 por mil). Por ello, algunas plantas cultivadas en invernaderos con atmósfera enriquecida en  $\text{CO}_2$  aumentan netamente su productividad.

Sin embargo, otras plantas cultivadas, como la caña de azúcar, el maíz, el mijo y el sorgo, crecen muy rápido con pequeñas concentraciones de  $\text{CO}_2$  en el aire y no aumentan su crecimiento cuando se aumenta la cantidad de gas. Son las llamadas plantas  $\text{C}_4$ , frente a las restantes, a las que se denomina  $\text{C}_3$ . Las siglas  $\text{C}_3$  y  $\text{C}_4$  se refieren al número de átomos de carbono que presenta el primer compuesto que resulta de la fijación sintética del  $\text{CO}_2$ . El mecanismo más evolucionado es el  $\text{C}_4$ . Las plantas  $\text{C}_4$  son, en su mayor parte, propias de regiones tropicales secas, con fuerte insolación, temperaturas altas y humedad baja. Aunque fijan en el parénquima clorofílico de sus

hojas, que se encuentran formando vainas que rodean a los vasos conductores, alejado de la epidermis.

Otro tipo de plantas, las CAM (*Crasulaceam Acid Metabolism*), como son las cactáceas, crasuláceas y algunas euforbias, están morfológica y fisiológicamente adaptadas a condiciones desérticas. Realizan la fijación del CO<sub>2</sub> por la noche, lo que les permite tener cerrados los estomas durante el día, con el consiguiente ahorro de agua.

– La **falta de agua** en los vegetales terrestres impide que pueda llevarse a cabo el proceso fotosintético. Por debajo de una cierta cantidad, los estomas se cierran, impidiendo la entrada de CO<sub>2</sub>, con lo que disminuye el rendimiento fotosintético.

Por otra parte, en las plantas terrestres, al ser el agua el vehículo para las sales minerales, si no hay un aporte suficiente, no habrá síntesis orgánica. Por ello se considera que el crecimiento de un vegetal es un porcentaje determinado del agua que ha circulado a través de la planta y se ha perdido a través de las hojas.

– El nitrógeno y el fósforo son tan esenciales para la síntesis de materia orgánica como el CO<sub>2</sub> y el agua. La proporción media entre los átomos de carbono, nitrógeno y fósforo en la materia viva es de 106:16:1. Dado que en el entorno la proporción está desviada a favor del carbono, frente al fósforo, la cantidad de fósforo es el factor más importante que limita la producción primaria en la biosfera.

El nitrógeno tiene una importancia menor, debido a la gran cantidad que, en forma de gas, se encuentra en la atmósfera y disuelto en el agua. Si falta nitrógeno en el entorno, intervienen los organismos fijadores de nitrógeno gaseoso o moléculas (bacterias y cianobacterias), que lo incorporan al ciclo del ecosistema en forma de amonio, nitritos o nitratos.

Las actividades humanas movilizan grandes cantidades de fósforo, que es el componente fundamental de los abonos agrícolas. De esta manera, una fracción importante queda inmovilizada en forma de compuestos muy insolubles, perdiéndose para el ciclo global del nutriente. Los ecosistemas naturales, como los bosques, se comportan de forma diferente, ya que reciclan el fósforo con pérdidas mínimas, si es que las hay.

– Una temperatura alta produce, si los otros factores están disponibles, un crecimiento más rápido de los vegetales. Sin embargo, la respiración puede aumentar más que la PPB, con lo que la producción neta no será necesariamente más alta a mayor temperatura.