



CORPORACIÓN EDUCACIONAL SANTA VICTORIA
Biología Plan Diferenciado
Profesor: Luz Alday Flores

GUIA DE BIOLOGIA CELULAR Y MOLECULAR IV MEDIO:

Nombre: _____

Fecha: 4/6/20

OBJETIVO: Explicar en qué consiste la fotosíntesis y los efectos de la radiación cósmica en este proceso y el ecosistema

Lectura Complementaria

Las emisiones cósmicas de rayos gamma bloquean la fotosíntesis submarina

- Las explosiones estelares emiten en 10 segundos la cantidad de energía que emite el Sol en 10.000 millones de años
- Los productores primarios oceánicos, como el fitoplancton, son más susceptibles que el resto de las especies ante la radiación ultravioleta

Los fenómenos cósmicos, como las emisiones de rayos gamma provenientes de explosiones estelares, afectan a la vida en los ecosistemas submarinos de la Tierra. Según un estudio internacional en el que ha participado el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), la radiación ultravioleta contenida en esos destellos o emisiones puntuales de rayos gamma bloquea la fotosíntesis submarina, generadora de gran parte del oxígeno existente en la biosfera.

“Las explosiones estelares, como los destellos de rayos gamma son los eventos electromagnéticos más luminosos que ocurren en el universo. En 10 segundos emiten toda la energía que el Sol produce en 10.000 millones de años. El campo magnético de la Tierra no le hace resistencia porque no están cargados eléctricamente, y cuando se producen tienen un notable efecto sobre nuestro planeta, tanto a corto como a medio plazo”, explica la investigadora del CSIC Susana Agustí, del Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados.

Los efectos a corto plazo de los destellos se manifiestan en forma de auroras boreales, que depositan intensas dosis de rayos ultravioleta en un breve periodo de tiempo. A medio plazo, las emisiones puntuales de rayos gamma afectan a la capa de ozono y, como consecuencia de ello, también a varios procesos vitales de las células. Uno de estos procesos es la fotosíntesis, que garantiza que la biosfera “secuestre” de CO₂.

Ecosistema frágil

“Las emisiones de rayos gamma provenientes de explosiones estelares ocurren con muy poca frecuencia, aproximadamente cada millón de años, pero cuando se producen, y además lo hacen en lugares próximos a nuestra galaxia, pueden afectar a

la Tierra, sobre todo a los organismos oceánicos, porque tienen menos defensas y son más sensibles”, continúa la investigadora del CSIC.

El fitoplancton realiza el 40% de la fotosíntesis total de los océanos, y una especie en concreto, el *Prochlorococcus marinus*, libera el 20% del total del oxígeno existente en la biosfera. “Los productores primarios oceánicos, como *Prochlorococcus*, constituyen la base de la cadena alimentaria y se encuentran más expuestos a las radiaciones ultravioleta que el resto de las especies oceánicas. Una perturbación masiva, de cualquier tipo, en el fitoplancton oceánico podría transmitirse a través de toda la red trófica y llegar a los niveles superiores, así como a través de los efectos de los fenómenos climáticos”, comenta Agustí.

Un destello de rayos gamma originado a unos 6.000 años luz de la Tierra puede hacer llegar dosis apreciables de radiación ultravioleta a los 10 primeros metros de profundidad. “Cuanto más traslúcidas las aguas, mayor será la cantidad de radiación. En aguas turbias, los efectos de los rayos podrían notarse hasta los 30 metros de profundidad, y hasta los 75 metros en el caso de las más transparentes.

Extinciones masivas

La influencia de las explosiones estelares no es nueva en la historia de la Tierra. “Cada vez toma más fuerza la idea de que determinados descensos en la biodiversidad ocurridos en el pasado pudieron quizá haber sido provocados por explosiones estelares, como la extinción masiva del periodo Ordovícico hace unos 450 millones de años. Y, aunque aún es pronto para determinar el grado de impacto exacto de estos fenómenos, ha aumentado dentro de la comunidad científica el número de partidarios de la idea de que las explosiones estelares han tenido y tendrán un rol importante en la evolución biológica” comenta la investigadora Liuba Peñate, de la Universidad Central de Las Villas en Cuba.

Actividades

Revise el video de este enlace [HHMI Bio Interactive](#) en you tube y luego conteste

<https://youtube/wy6qhbyYnWY>

- 1.- Investigue acerca de que organismos realizan el proceso fotosintético y cuál es la importancia de este proceso
- 2.- ¿En qué lugar ocurre y cuáles son las etapas de este?
- 3.- ¿qué pigmentos y organelos están involucrados?
- 4.- ¿Qué tipo de radiación es utilizada en el proceso?
- 5.- ¿Qué factores son necesarios para que ocurra la fotosíntesis?

- 6.- ¿Cuáles son las 3 fases del ciclo de Calvin
- 7.- ¿Qué es rubisco y cuál es su función?
- 8.- Argumente si existe fotosíntesis
- a) en un día nublado
- b) durante la noche
- 9.- Resuma la reacción de la fotosíntesis equilibrando la ecuación
- 10.- A partir de la lectura reflexione y dé su opinión acerca de
- a) el efecto de las radiaciones cósmicas sobre la fotosíntesis
- b) ¿ A que población afecta y como impacta en el ecosistema?
- c) ¿En qué medida cree Ud que podría afectar a nuestra especie?

Guía de Apoyo

La fotosíntesis es un proceso físico-químico por el cual plantas, algas, bacterias fotosintéticas y algunos protistas como diatomeas utilizan la energía de la luz solar para sintetizar compuestos orgánicos. Se trata de un proceso fundamental para la vida sobre la tierra y tiene un profundo impacto sobre la atmósfera y el clima terrestres: cada año los organismos con capacidad fotosintética convierten en carbohidratos más del 10% del dióxido de carbono atmosférico. El conocimiento básico de este proceso es esencial para entender las relaciones entre los seres vivos y la atmósfera así como el balance de la vida sobre la tierra.

En esta guía se detalla el proceso y la importancia de este para los seres vivos

CAPTACIÓN DE LUZ Y TRANSPORTE FOTOSINTÉTICO DE ELECTRONES

Todos los organismos con capacidad fotosintética contienen uno o más pigmentos capaces de absorber radiación visible que desencadena las reacciones fotoquímicas de la fotosíntesis.

Fig 1 estructura de un cloroplasto, organelo donde ocurre la fotosíntesis



Parte de la energía luminosa absorbida por clorofilas y carotenoides se almacena al final del proceso fotosintético como energía química. La mayoría de los pigmentos actúan como una antena (en un complejo antena) captando la luz y transfiriendo la energía (proceso físico) al centro de reacción al que están asociados y donde se transfieren electrones desde la clorofila a una molécula aceptora de electrones (proceso químico) (Fig. 2).

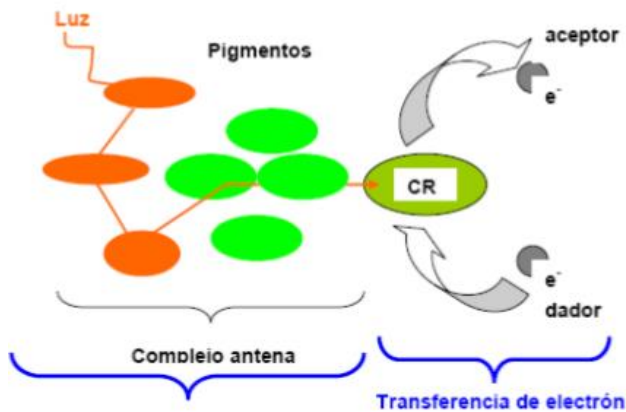


Fig 2 Estructura y funcionamiento de los pigmentos antena

Se piensa que la energía de excitación se transfiere desde la clorofila que absorbe la luz hasta el centro de reacción por resonancia (recordemos que es un mecanismo de transferencia de energía que no implica radiación, no requiere contacto físico entre moléculas y no implica transferencia de electrones)

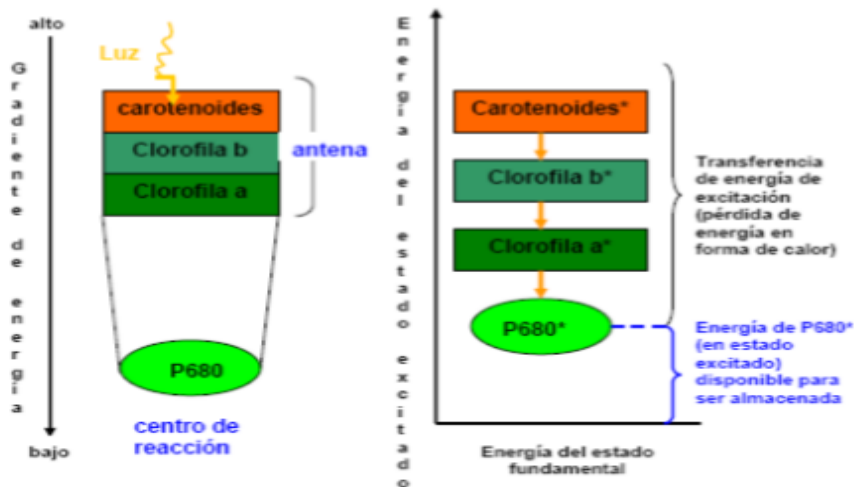


Fig 3 Funcionamiento del complejo antena

En realidad, en todos los eucariotas fotosintéticos que contienen clorofilas a y b, éstas forman agregados entre sí y con proteínas integrales de la membrana tilacoidal formando complejos pigmento-proteína. (complejo antena) En consecuencia podemos decir que el complejo antena es por tanto una proteína-pigmento transmembrana. Los complejos antena también se denominan LHC, del inglés Light Harvesting Complex, o complejo colector o captador de luz.

Existen dos complejos fotoquímicos denominados fotosistema I (PSI) y fotosistema II (PSII) en los que tienen lugar las reacciones iniciales de almacenamiento de energía. Si ambos fotosistemas funcionan en serie se producen dos reacciones fotoquímicas en serie. El PSI absorbe luz del rojo lejano de 700nm ,produce un reductor fuerte capaz de reducir NADP^+ . El PSII absorbe luz del rojo de 680nm ,produce un oxidante muy fuerte capaz de oxidar al agua .

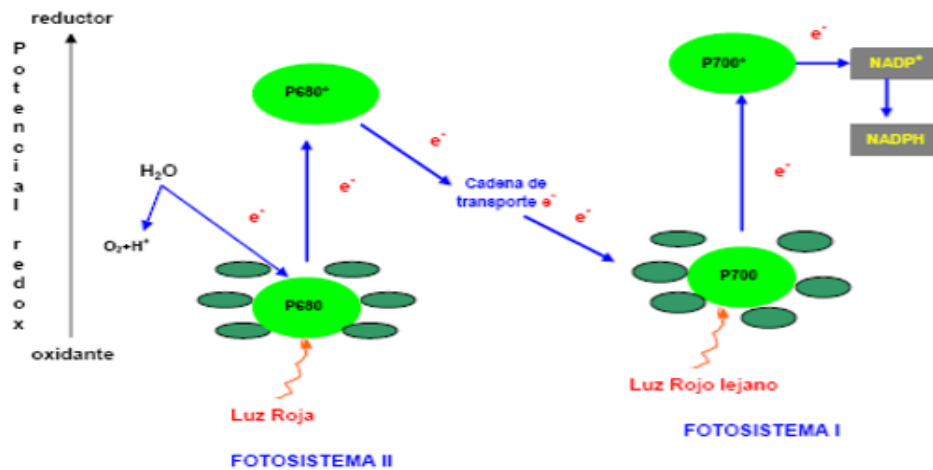


Figura 4. Estructura y reacciones básicas de los fotosistemas I y II

Además de PSII y PSI, englobados en la membrana tilacoidal se encuentran también otros dos complejos proteicos: el complejo citocromo b6f y la ATP sintasa.

El rendimiento cuántico de la fotosíntesis que se define como número de productos fotoquímicos número total de cuantos absorbidos.

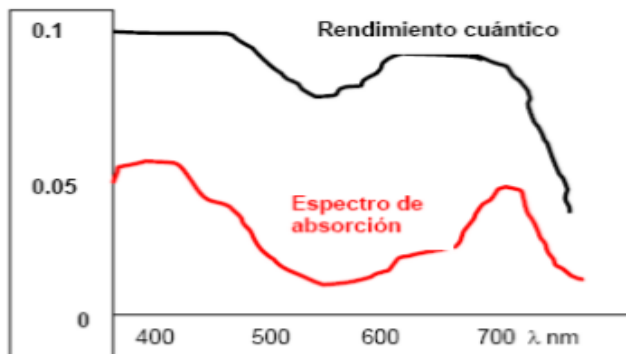


Figura 5. Comparación entre rendimiento cuántico y espectro de absorción en un rango de longitudes de onda entre 400 y 700 nm.

Los complejos proteicos que llevan a cabo las reacciones luminosas de la fotosíntesis son cuatro : PSII, complejo citocromo b6f, PSI y ATP sintasa.

La clorofila de los centros de reacción, es una clorofila especializada que denominamos P680 en el PSII y P700 en el PSI . El funcionamiento básico de todo este conjunto sería el siguiente:

- El PSII oxida el agua y produce O₂ liberando protones al lumen tilacoidal
- El complejo cit b6f recibe electrones del PSII y los cede al PSI. También transporta protones al lumen desde el estroma
- El PSI reduce el NAP⁺ a NADPH en el estroma gracias a la acción de una ferredoxina (fd) y una flavoproteína ferredoxina-NADP reductasa (FNR)
- La ATP sintasa produce ATP en el estroma a medida que los protones difunden a su través desde el lumen hacia el estroma

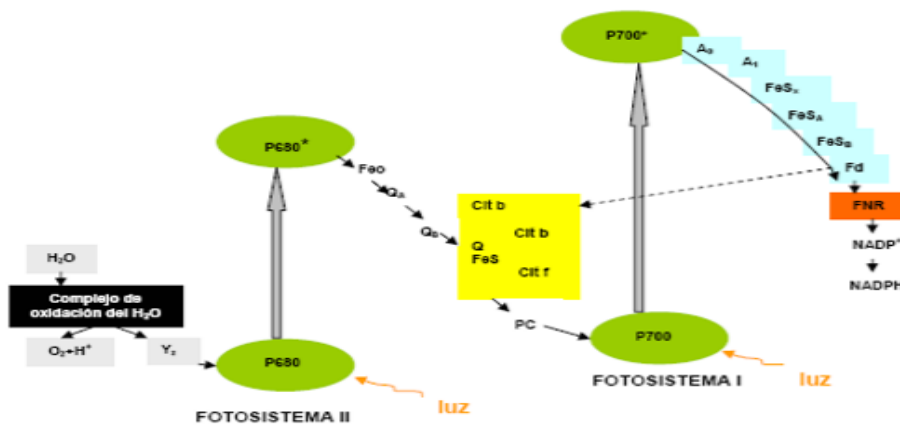


Figura 6. Complejos proteicos implicados en las reacciones luminosas de la fotosíntesis y transferencia de electrones.

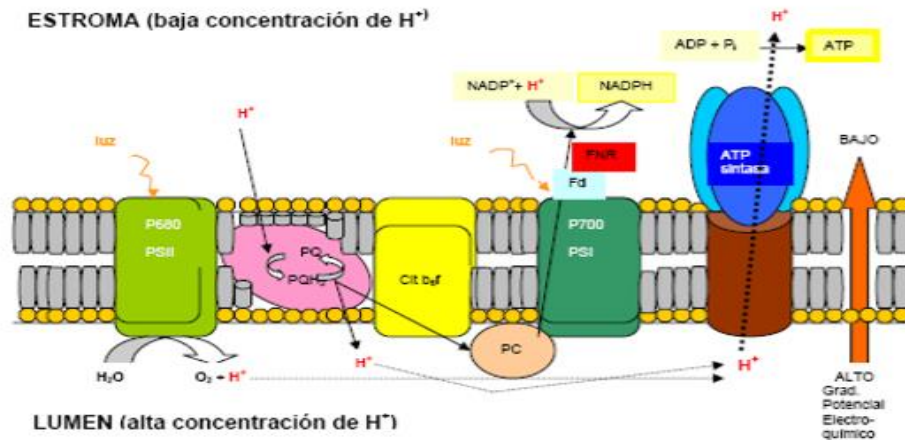


Figura 7. Transferencia de protones y electrones entre fotosistema II, complejo citocromo b6/f, fotosistema I y ATP sintasa.

Consideremos la cadena de transporte que une ambos fotosistemas. El agua actúa como donador primario de electrones y el NADP⁺ es el último aceptor de electrones. El flujo de electrones entre ambos no es directo sino que pasa a través de los transportadores de e⁻ que son sistemas redox que se interponen por tanto entre el H₂O y el NADP⁺.

La oxidación de dos moléculas de agua genera una molécula de oxígeno, cuatro protones y cuatro electrones, lo cual implica que el fotosistema II tiene que utilizar la energía de cuatro fotones para producir una molécula de oxígeno.

Decimos transporte no cíclico porque en ciertas condiciones se puede producir un transporte cíclico de electrones alrededor del PSI, a través del complejo cit b6f y P700. Como veremos más adelante, este flujo cíclico que está acoplado al bombeo de protones al lumen, puede ser utilizado para sintetizar ATP pero no puede oxidar al agua ni reducir NADP⁺ a NADPH. Este flujo cíclico es importante como fuente de ATP en los cloroplastos de plantas C₄.

Entonces la energía luminosa se utiliza para producir NADPH, el cual será necesario en el ciclo de Calvin para reducir CO₂ y formar carbohidratos.

Como consecuencia del transporte de electrones que tiene lugar se acumulan protones en el espacio intratilacoidal, en el lumen, debido a la rotura de moléculas de agua (oxidación de agua a O₂) y al transporte de e⁻ desde PQ hasta PC. Esta situación provoca un gradiente de concentración de H⁺ entre el lumen (más ácido) y el estroma que dirige un flujo de H⁺ a través de la membrana tilacoidal. Este flujo de H⁺ libera energía que se utiliza en la síntesis de ATP (en el estroma).

A este proceso de síntesis de ATP dependiente de la luz se le llama fotofosforilación y está acoplado, al flujo de electrones, al transporte o flujo no cíclico de e⁻. Por este motivo también se llama fotofosforilación no cíclica. Decimos esto porque se pueden dar ciertas condiciones en las

que el flujo de e- y la síntesis de ATP son independientes. En estas condiciones se habla de flujo de e- desacoplado.

La fotofosforilación funciona como un mecanismo quimiosmótico el flujo de e- genera un transporte de H+ que hace que éstos se acumulen en el lumen (más ácido, más H+) haciéndose el estroma más alcalino (menos H+). Esta diferencia de concentración de protones es la fuente de energía que se dirige para la síntesis de ATP

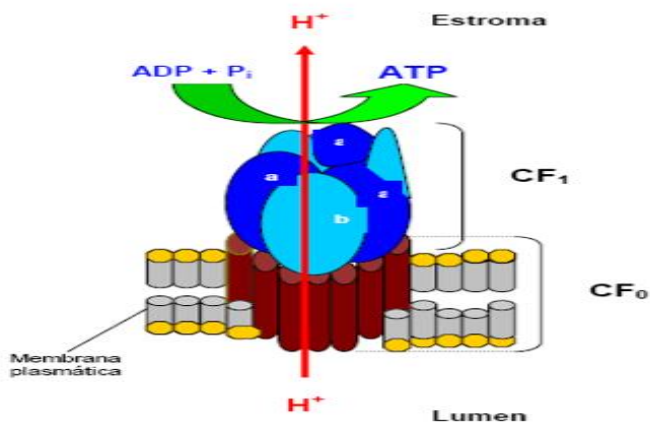


Figura 8. Esquema de la ATP sintasa.

El complejo ATP sintasa está altamente regulado para que no se produzca hidrólisis continua de ATP: es inactivo en oscuridad y puede ser activado por un gradiente de protones o por la luz

FIJACIÓN Y REDUCCIÓN FOTOSINTÉTICA DE DIÓXIDO DE CARBONO

En plantas la fijación y reducción de dióxido de carbono tiene lugar en el estroma del cloroplasto. Existen dos etapas o fases en la fotosíntesis: la fase fotoquímica que conduce a la formación de ATP y NADPH, y la fase bioquímica en la que el ATP y el NADPH son utilizados para fijar CO₂ atmosférico y reducirlo para sintetizar carbohidratos (CH₂O)_n. Se trata de un conjunto de reacciones que se denominan reacciones del carbono o metabolismo del carbono en la fotosíntesis

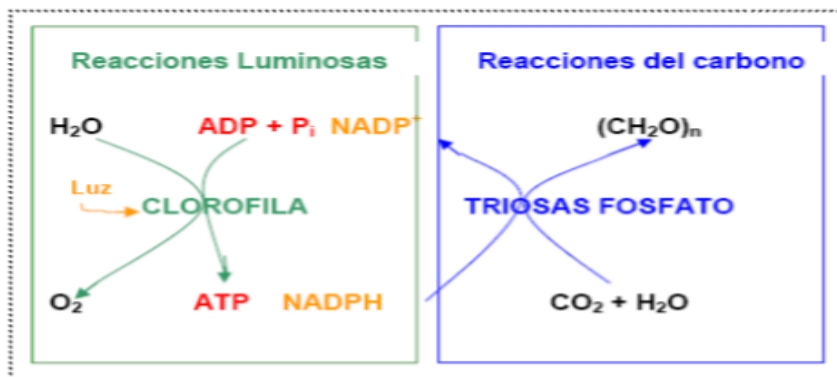


Figura 9. Metabolismo del carbono en la fotosíntesis.

El proceso o ciclo comienza con la fijación de una molécula de CO₂ en una molécula de ribulosa-1,5-bifosfato, formándose dos moléculas de 3-fosfoglicerato. Por tanto, la ribulosa-1,5-bifosfato es el aceptor de CO₂ y para que el ciclo se complete debe regenerarse al final del mismo. El esquema general de este ciclo que muestra sus 3 etapas fundamentales: Fijación o carboxilación de ribulosa 1,5-bifosfato que genera 3-fosfoglicerato, reducción de éste a gliceraldehído -3-fosfato y, por último, regeneración del aceptor de CO₂, es decir, regeneración de ribulosa-1,5-bifosfato

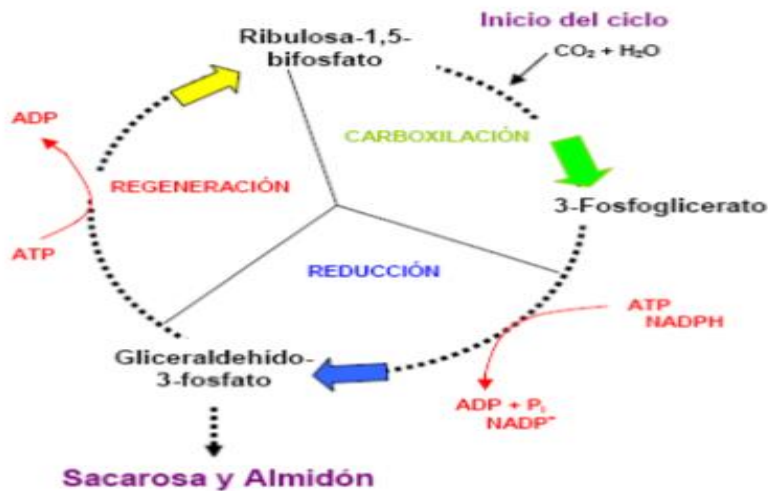


Figura 10. Etapas del ciclo de Calvin

En el ciclo de Calvin hay cinco enzimas reguladas por luz:

- Rubisco
- Gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenada (NADP dependiente)
- Fructosa-1,6-bifosfatasa
- Sedoheptulosa-1,7-bifosfatasa
- Ribulosa-5-fosfato quinasa

Excepto la rubisco, todas las demás presentan uno o más puentes disulfuro (-S-S) y la luz controla su actividad a través de un sistema que implica transferencia de electrones. En oscuridad, los residuos están en forma oxidada (-S-S-) y las enzimas son inactivas.

La rubisco también está regulada por la luz aunque por otro mecanismo

El C fijado en forma de triosas-fosfato en el ciclo de Calvin, es decir, el C fijado fotosintéticamente, es exportado desde el cloroplasto al citoplasma y, de éste, al resto de la planta. Pero en la mayor parte de las plantas este transporte se realiza en forma de sacarosa la cual no se sintetiza en el

cloroplasto ya que en éste no existen las enzimas necesarias para su síntesis y, además, la membrana interna cloroplástica es impermeable a esta sustancia. La sacarosa, forma principal de transporte de carbohidratos en el floema a toda la planta, se sintetiza en el citosol a partir de las triosas-fosfato

Hemos estudiado la acción catalítica como carboxilasa de la enzima Rubisco. Pero esta enzima actúa también como oxigenasa, de ahí su nombre Ribulosa-1,5-bifosfato carboxilasa/oxigenasa. Por tanto, una propiedad importante de la rubisco es su capacidad para catalizar la carboxilación de ribulosa-1,5-bifosfato así como su oxigenación. Esto significa que la enzima tiene dos sustratos, CO₂ y O₂, que compiten por el centro activo de la enzima de manera que la proporción relativa de las reacciones de carboxilación y oxigenación dependerá de la especificidad de la enzima por el sustrato y de la concentración de sustrato.

La oxigenación de ribulosa-1,5-bifosfato catalizada por rubisco es la primera reacción de un proceso llamado fotorrespiración. Como la fotosíntesis y la fotorrespiración actúan en sentidos opuestos, la fotorrespiración provoca pérdida de CO₂ en células que simultáneamente están fijando CO₂ por el ciclo de Calvin.

REGULACIÓN DE LA FOTOSÍNTESIS. FOTOSÍNTESIS Y BIOSFERA

La fotosíntesis, las reacciones fotoquímicas y bioquímicas, tiene lugar en organismos que están continuamente respondiendo a las condiciones ambientales, fundamentalmente a la radiación, temperatura, concentración de CO₂ y disponibilidad de agua. Estos factores afectan a la fotosíntesis por tener un efecto directo sobre el proceso o los procesos fotosintéticos de manera que en cualquier momento la fotosíntesis está determinada por un factor ambiental, el factor limitante, que determina la etapa más lenta. Como toda la materia orgánica de las plantas procede en última instancia de la fotosíntesis, ésta limita su crecimiento y en consecuencia la productividad de los ecosistemas naturales y agrícolas. De acuerdo con esto, hay tres etapas metabólicas fundamentales para el óptimo funcionamiento de la fotosíntesis: la actividad de la rubisco, la regeneración de ribulosa-1,5-bifosfato y el metabolismo de triosas fosfato.

Regulación por luz

Las diversas zonas de la tierra difieren en cuanto a la radiación incidente (Fig. 11) debido fundamentalmente a las diferentes latitudes y a la cobertura de nubes

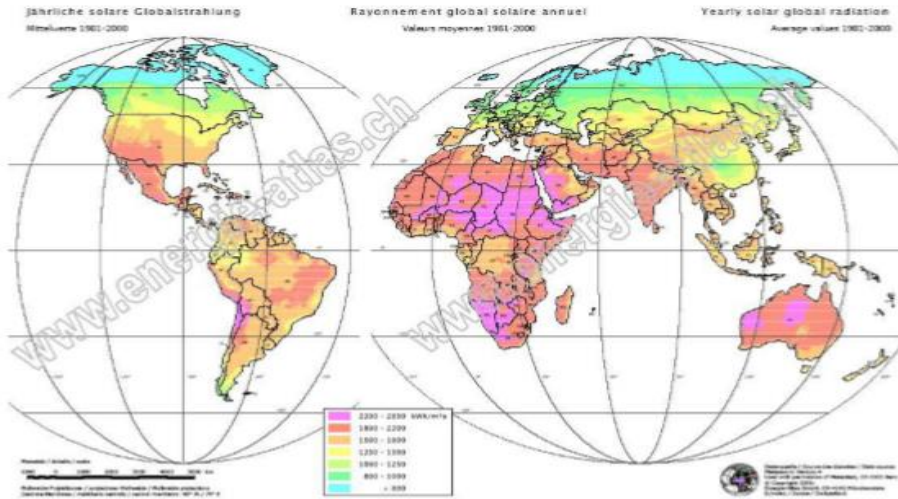


Figura 11. Radiación solar incidente anual.

Por otra parte, no toda la radiación que incide sobre la superficie de la atmósfera alcanza la superficie terrestre debido a los efectos del ozono, el vapor de agua y el dióxido de carbono entre otros factores. Además, no toda la luz que incide sobre el vegetal o sobre una hoja resulta absorbida ya que parte de esa radiación es reflejada y otra parte transmitida de acuerdo con las características espectrales de los pigmentos fotosintéticos y con la longitud de onda de la radiación (Fig. 12).

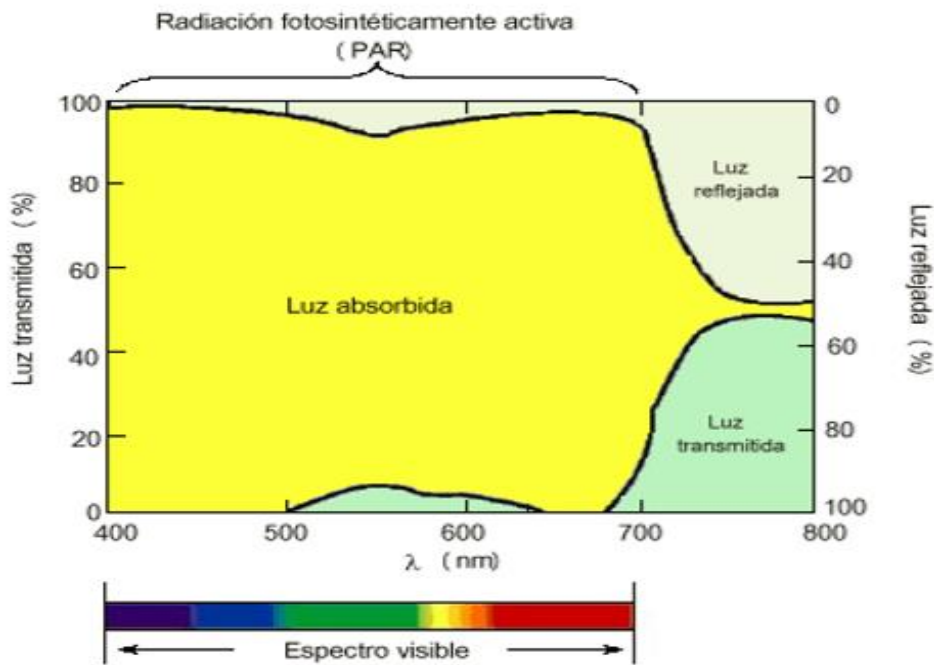


Figura 12. Fracción de luz absorbida, reflejada y transmitida por una hoja en función de la longitud de onda.

Las plantas utilizan en la fotosíntesis radiación visible de longitud de onda comprendida entre 400 y 700 nm, la radiación fotosintéticamente activa (PAR)

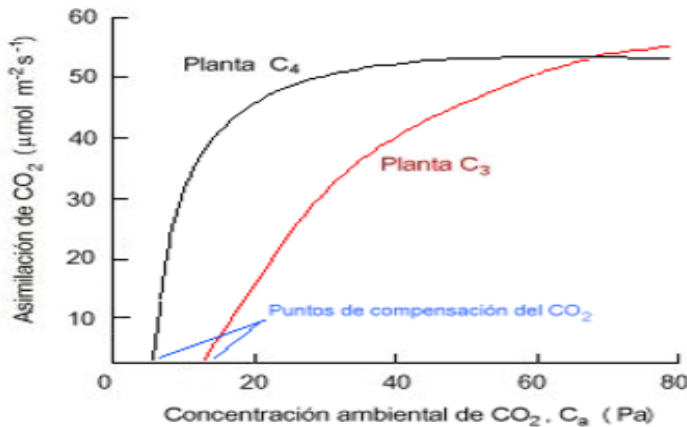


Figura 13. Punto de compensación de CO₂ en plantas C₃ y C₄.

El punto de compensación del CO₂ refleja el equilibrio entre la fotosíntesis y la respiración en función de la concentración de CO₂, y el punto de compensación de la luz refleja este equilibrio en función del flujo fotónico.

Como se observa en la figura anterior, en plantas C₃ un aumento de la concentración de CO₂ por encima del punto de compensación del CO₂ estimula la fotosíntesis. A concentraciones de CO₂ bajas o intermedias la fotosíntesis está limitada por la capacidad de carboxilación de la rubisco. A altas concentraciones de CO₂, la fotosíntesis está limitada por la capacidad del ciclo de Calvin para regenerar el aceptor ribulosa-1,5-bifosfato, que depende de la velocidad del transporte fotosintético de electrones.

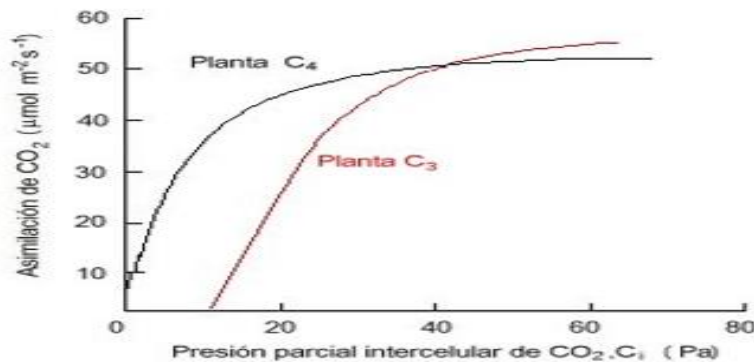


Figura 14. Respuesta de la fotosíntesis a los niveles de CO₂ intercelulares en plantas C₃ y C₄.

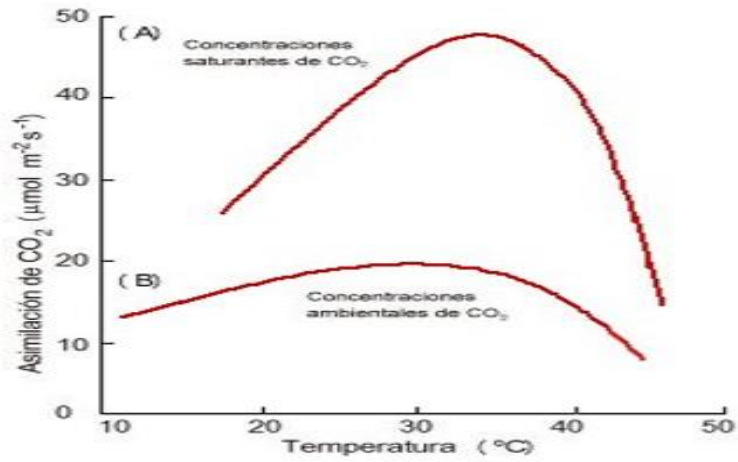


Figura 15. Efecto de la temperatura sobre la asimilación de CO₂ en condiciones ambientales (B) o saturantes (A) de CO₂

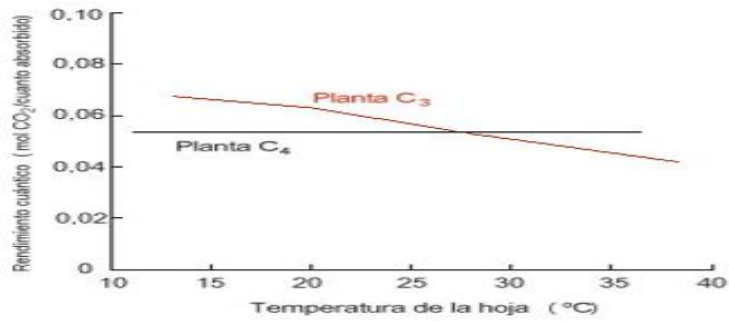


Figura 16. Efecto de la temperatura sobre el rendimiento cuántico en plantas C₃ y C₄.