



## Fotosíntesis

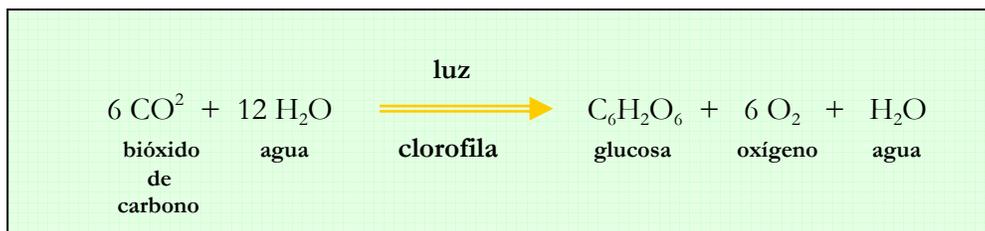
### Objetivos

Al finalizar este laboratorio el estudiante podrá:

1. Describir cuál es el rol de la luz y los pigmentos en la fotosíntesis.
2. Describir las reacciones principales que ocurren en la fotosíntesis.
3. Identificar los pigmentos fotosintéticos.
4. Entender la relación entre la fotosíntesis y los largos de onda que absorben los pigmentos.
5. Explicar qué ocurre en la cromatografía de papel.
6. Entender el proceso de espectrofotometría.
7. Explicar el efecto de la luz sobre la tasa fotosintética en base a la producción de oxígeno.

## INTRODUCCIÓN

**F**otosíntesis es un proceso que convierte energía solar en energía química. La fotosíntesis se lleva a cabo en los **cloroplastos**, organelos de membrana doble que contienen pigmentos fotosintéticos que absorben la luz solar. La membrana interior del cloroplasto rodea el **estroma**, donde los **tilacoides** se agrupan formando **granás**. La fotosíntesis produce glucosa y oxígeno a partir de bióxido de carbono, agua y luz solar. La reacción fotosintética se resume de la siguiente manera:



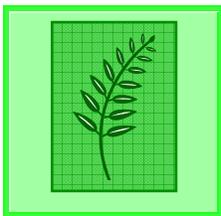
La glucosa es la fuente principal de energía en las células, y el oxígeno es necesario para las plantas, los animales y demás organismos que llevan a cabo respiración aeróbica en los mitocondrios. El proceso de fotosíntesis se divide en dos fases: las reacciones dependientes de la luz y las reacciones independientes de la luz (que ocurren en presencia o ausencia de luz).

## FASES DE LA FOTOSÍNTESIS



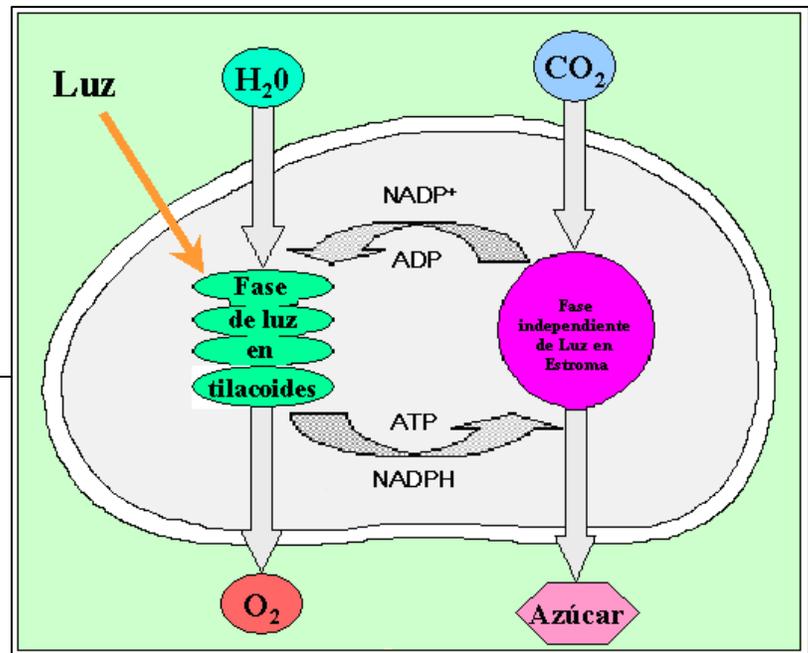
### Fase dependiente de la luz:

- Se absorbe la luz solar y se convierte en energía química.
- Las *reacciones dependientes de luz* ocurren en la membrana de los **tilacoides** de los cloroplastos.
- Durante esta reacción se descompone agua, se libera oxígeno como producto secundario, y se sintetiza ATP y NADPH.



### Fase independiente de la luz:

- Las *reacciones independientes de la luz* (o de fijación de carbono) ocurren en el **estroma** del cloroplasto.
- La energía del ATP y del NADPH, producidos en las reacciones dependientes de la luz, se usa para transformar el bióxido de carbono en carbohidratos.



**Figura 9.1**

Cloroplasto con resumen de las fases dependientes e independientes de la luz de la fotosíntesis.

Para utilizar la energía solar se requiere que la luz sea absorbida por pigmentos fotosintéticos que se encuentran en las membranas de los tilacoides en los cloroplastos. El pigmento principal para la fotosíntesis es la **clorofila a**. También hay **pigmentos accesorios**, como la clorofila *b*, el caroteno y la xantofila, que absorben la luz y la transfieren a la clorofila *a*.

## EJERCICIO 9.1

### LOS PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS

#### A. Separación de los pigmentos fotosintéticos de la hoja

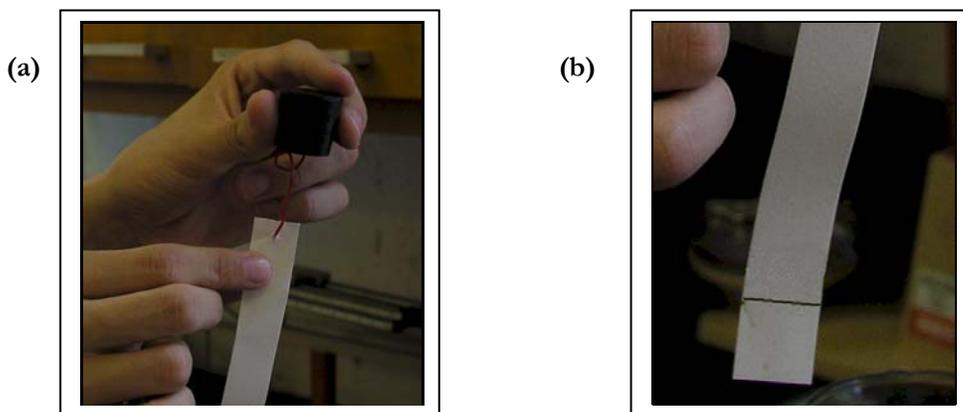
En el experimento siguiente se usará cromatografía de papel para separar los pigmentos fotosintéticos presentes en las hojas de espinaca. La **cromatografía** separa los compuestos químicos por su afinidad con un solvente específico. Mientras mayor afinidad tenga el pigmento por el solvente, más rápido se moverá y mayor distancia recorrerá en el papel. El color verde profundo de la hoja *no* indica cuáles ni cuántos pigmentos hay en los cloroplastos.

#### MATERIALES

- Papel de cromatografía
- Lápiz
- Tubos de ensayo medianos
- Solución de cromatografía (45 ml éter de petróleo + 5 ml de acetona)
- Gradillas para tubos de ensayo
- Hojas frescas de espinaca
- Presillas de papel
- Tapones de corcho

#### PROCEDIMIENTO

1. Prepare su “cámara de corrida”. Consiga un corcho para el tubo de ensayo que usará e insértele una presilla en la parte inferior (Figura 9.2 a).
2. Cuelgue un pedazo de papel de la presilla.
3. Verifique que el papel quepa dentro del tubo pero sin tocar el fondo.
4. Con un lápiz marque 1 cm en la punta inferior del papel de cromatografía (Figura 9.2 b).

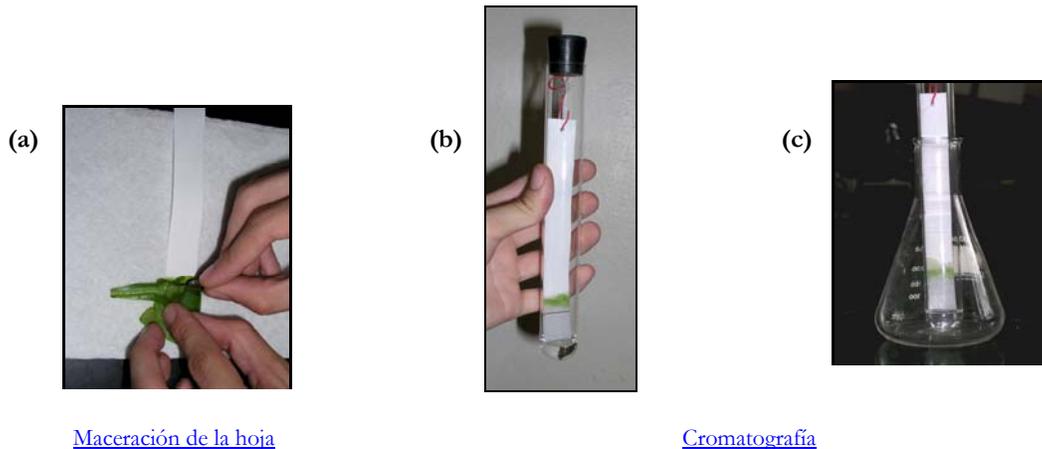


**Figura 9.2**

Preparación del papel cromatografía.

5. Mida hasta dónde llega el papel de cromatografía dentro del tubo y transfiera la marca de 1 cm al tubo.

6. Coloque una hoja de espinaca sobre el área del papel de cromatografía, donde hizo su marca y transfiera con una moneda el pigmento al papel. Ruede la moneda varias veces sobre la hoja hasta obtener una línea oscura de pigmento (Figura 9.3 a).
7. Añada al tubo solución de cromatografía hasta llegar un poco por debajo de la marca que hizo en el tubo. Asegúrese que la solución *no* llegue a la línea de pigmento en el papel.
8. Coloque su tubo en una gradilla o en un envase donde se mantenga derecho.
9. Coloque el papel de cromatografía dentro del tubo de ensayo sin que toque el fondo del tubo (Figura 9.3 b). Recuerde que la solución de cromatografía no debe llegar al macerado.
10. Deje correr la cromatografía (Figura 9.3 c) hasta 2 cm del borde superior y deténgala removiendo el papel del tubo.
11. Marque hasta donde llegó la corrida y deje secar el papel.
12. Identifique las bandas de pigmentos y dibuje su corrida.



**Figura 9.3**

Preparación el papel de cromatografía.

13. ¿Qué colores se observan?
14. ¿En qué orden aparecen los pigmentos incluidos en la Tabla 9.1?

Tabla 9.1 Colores representativos de los pigmentos	
Pigmentos	Color
Clorofila <i>a</i>	Verde-azul
Clorofila <i>b</i>	Verde-oliva
Beta carotenos	Anaranjado
Xantofilas	Amarillo (tonos múltiples)

15. ¿Qué pigmento tuvo más afinidad hacia el solvente?
16. ¿Cuál es el rol de los pigmentos accesorios en la fotosíntesis?
17. Calcule el valor de  $R_f$  para cada pigmento, según la fórmula:

$$R_f = \text{distancia de corrida de pigmento} / \text{distancia de corrida del solvente}$$

18. Compare los valores de  $R_f$  para cada pigmento y explique los datos.
19. Compare sus resultados con los de sus compañeros. ¿Fue el valor de  $R_f$  constante para cada pigmento?
20. ¿Tienen todas las plantas los mismos pigmentos? ¿Por qué?

## EJERCICIO 9.2

### ROL DE LA LUZ EN LA FOTOSÍNTESIS

#### A. Rol de la luz y uso del CBL2™

En este ejercicio se usará el CBL2™, con el sensor de presión de gas, para identificar cuándo ocurre la fotosíntesis y el sensor de oxígeno disuelto para medir la cantidad de oxígeno que se produce en este proceso.

#### MATERIALES

- Copia del [Apéndice I](#)—*Cómo hacer medidas con el Calculator-based laboratory2™*.
- Calculadoras CBL2™
- Sensores de presión de gas y de oxígeno disuelto.
- Plantas vivas de *Elodea*
- Vaso de precipitación (*beaker*)
- Gradillas para tubos de ensayo
- Tubos de ensayo
- Lámpara

#### PROCEDIMIENTO

1. Lea y estudie el [Apéndice II \(parte 1\)](#) antes de venir al laboratorio.
2. Coloque 5 cm de *Elodea* dentro de un tubo de ensayo que contiene agua y 1 ml de 3% bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ). Tape el tubo con el *sensor de presión de gas*.
3. Para absorber el calor, coloque entre la lámpara y la planta un vaso de precipitación con agua
4. Prenda la lámpara y siga el procedimiento indicado en el [Apéndice II \(parte 2\)](#).
5. Repita los pasos 2 al 4, pero esta vez con *Elodea* cubierta con papel de aluminio.
6. Compare las gráficas y explique sus resultados.
7. Se puede hacer el mismo ejercicio si tiene disponible el sensor para medir oxígeno disuelto. Siga las instrucciones del manual que viene con el equipo, siguiendo los pasos 2 al 6.

---

## EJERCICIO 9.3

### ROL DE LOS PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS

---

#### A. Las hojas variegadas de la planta de *Coleus*

Las hojas de la planta *Coleus* exhiben una gran variación de color (son **variegadas**). Algunas partes de las hojas tienen clorofila mientras otras partes tienen pigmentos no-fotosintéticos. En este experimento se identificará dónde en la hoja ocurre la fotosíntesis mediante la identificación de depósitos de almidón.

#### MATERIALES

---

##### Por laboratorio:

- Una planta *Coleus*
- Alcohol etílico
- Yodo

##### Por mesa:

- Una plataforma caliente (*hotplate*)
- Un vaso de precipitación
- Tres platos Petri
- Pinzas

#### PROCEDIMIENTO

---

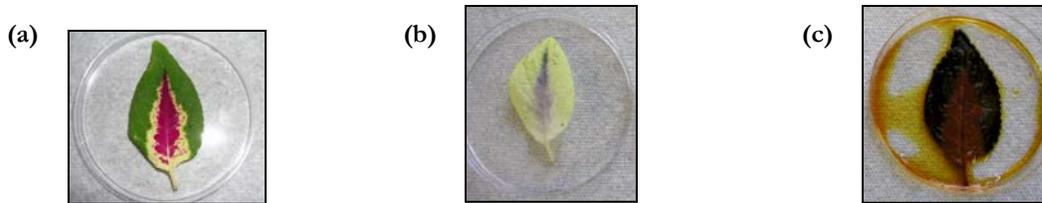
1. Escoja una hoja de *Coleus* y dibújela; identifique las variaciones en color (Figura 9.4 a).
2. Caliente un vaso con alcohol en una plataforma caliente.
3. Coloque la hoja en el vaso cuando el alcohol comience a hervir y déjela sumergida hasta que se blanquee.



#### P R E C A U C I O N

- **Cuidado** al calentar el **alcohol** ya que es **inflamable**.
- **Nunca** use un mechero para calentar el alcohol; use siempre una plataforma caliente.

4. Remueva el vaso de la plataforma caliente.
5. Saque la hoja del alcohol y colóquela en un plato Petri con agua (Figura 9.4 b).
6. Añada varias gotas de yodo hasta que cubra toda la hoja (Figura 9.4 c).
7. Observe y dibuje los cambios de color de la hoja. El yodo tiñe el almidón y el almidón se produce en las partes de la hoja donde hay clorofila y se lleva a cabo fotosíntesis.



**Figura 9.4**

**Observaciones de cambios en una hoja variegada.** (a) hoja fresca de *Coleus*, (b) hoja después de blanquearla en alcohol y (c) hoja tratada con yodo.

## EJERCICIO 9.4

### EFFECTO DEL LARGO DE ONDA DE LUZ EN LA FOTOSÍNTESIS

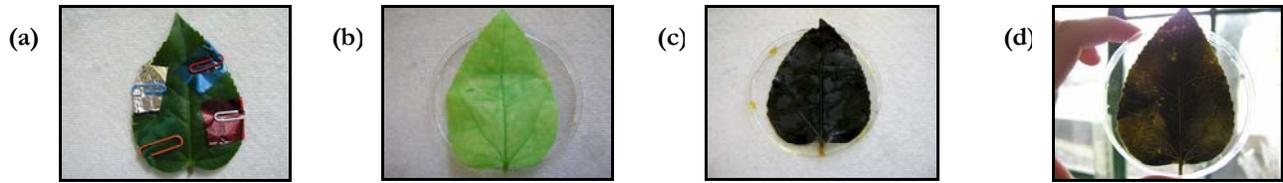
En este ejercicio se usarán filtros que transmiten ciertos colores o largos de onda de la luz. Por ejemplo, el filtro verde sólo deja pasar luz verde y el filtro azul sólo deja pasar luz azul. Luego de una semana se determinará qué largos de ondas se utilizan en la fotosíntesis observando dónde en la hoja se produjo almidón.

#### MATERIALES

- Filtros de colores (rojo, azul, verde)
- Una planta de hoja verde ancha
- Papel de aluminio o papel negro
- Presillas de papel
- Alcohol etílico
- Plataforma caliente (*hotplate*)
- Yodo

#### PROCEDIMIENTO

1. Corte un pedazo rectangular de cada filtro (verde, azul, rojo).
2. Cubra parte de una hoja con los filtros de colores (por arriba y por debajo de la hoja) y sujétalos con presillas ([vea foto](#)).
3. Use además papel de aluminio o papel negro opaco para cubrir parte de la hoja.
4. Rotule la planta con la fecha y con el número de la sección de laboratorio.
5. Coloque la planta por una semana en el invernadero o en un lugar soleado en el laboratorio.
6. Corte las hojas (Figura 9.5 a).
7. Dibuje una hoja e identifique la posición de los filtros.
8. Remueva las presillas y los filtros.
9. Sumerja la hoja en alcohol hirviendo hasta que blanquee (Figura 9.5 b).
10. Saque la hoja del alcohol y colóquela en un plato Petri con agua.
11. Añada varias gotas de yodo hasta que cubra toda la hoja (Figura 9.5 c).
12. Observe y dibuje y los cambios de color de la hoja (Figura 9.5 d).
13. Sólo las partes de la hoja que tenían filtros azules y rojos deben producir almidón. ¿Por qué no se produce almidón en el área cubierta por el filtro verde, si la clorofila es verde?



**Figura 9.5**

**Observaciones de cambios en una hoja.** (a) hoja después de una semana en el invernadero, (b) hoja después de blanquearla en alcohol, (c) hoja tratada con yodo, (d) hoja lista para examinar.

14. ¿Qué resultados obtuvo?

15. ¿Qué indican los resultados sobre los largos de ondas usados por la fotosíntesis?

16. ¿Cómo se relacionan estos resultados con el espectro de acción de los pigmentos fotosintéticos?

### INFORMACIÓN ADICIONAL



Recursos del tema se pueden encontrar en:

<http://photoscience.la.asu.edu/photosyn/default.html>

Solomon, Berg & Martin (2004). *Biology*, 7<sup>th</sup> Ed. Brooks Cole Publ.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Photosynthesis>

<http://photoscience.la.asu.edu/photosyn/education/learn.html>

<http://www.life.uiuc.edu/govindjee/photoweb/>

## LABORATORIO 9: FOTOSÍNTESIS

### PLAN DE ENSEÑANZA PARA LOS INSTRUCTORES

#### Destrezas que el estudiante adquirirá a partir de este laboratorio:

1. Trabajo individual y grupal.
2. Técnicas de laboratorio.
3. Comunicación escrita.
4. Discusión oral.

#### Manejo del laboratorio:

- El instructor debe discutir los siguientes conceptos:
  1. **Fotosíntesis: su función y explicar la reacción básica.**
  2. **Función de los pigmentos fotosintéticos.**
  3. **Fases dependientes e independientes de la luz.**
  4. **Conceptos básicos de cromatografía.**

#### Manejo de los Ejercicios:

##### Ejercicio 9.2: Rol de la luz en la fotosíntesis (Experimento de producción de gas con CBL2)

- Deben seguirse las instrucciones para el experimento, según explicadas en el Apéndice I (Parte 2).
- Dependiendo de cuántos CBL2 haya disponible (unos 4 por laboratorio), se pueden realizar experimentos distintos en cada mesa; por ejemplo, una mesa hace el experimento de presión de gas en *Elodea* expuesta a la luz y otra mesa trabaja con *Elodea* tapada con papel de aluminio.

#### Manejo del tiempo:

1. Prueba corta ..... 10 minutos
2. Introducción ..... 15 minutos
3. Ejercicio 9.1: Los pigmentos fotosintéticos ..... 35 minutos
4. Ejercicio 9.2: Rol de la luz en la fotosíntesis ..... 50 minutos
5. Ejercicio 9.3: Rol de los pigmentos fotosintéticos .....25 minutos
6. Ejercicio 9.4: Efecto del largo de ondas de luz  
en la fotosíntesis .....15 minutos
7. Discutir resultados ..... 20 minutos
8. Recoger laboratorio ..... 10 minutos