

**FOTOSÍNTESIS Y RESPIRACIÓN CELULAR**

**GUIA DEL MAESTRO**

**Materia:** Ciencia

**Nivel:** 7- 9

**Autor:** Jorge Rodríguez

**Concepto principal:** Fotosíntesis y Respiración Celular

**Conceptos secundarios:** Procesos metabólicos en la célula, pigmentos fotosintéticos, pH, transferencia de energía, autótrofos y heterótrofos.

**Objetivos específicos de aprendizaje:**

**Actitudinal**

- Reconocer la importancia de los procesos de fotosíntesis y de respiración celular y su importancia para continuidad de la vida en la tierra.

**Conceptual**

- Conocer el proceso de fotosíntesis..
- Conocer el proceso de respiración celular.
- Establecer la relación entre ambos procesos.
- Explicar la importancia de estos procesos para el crecimiento y desarrollo de los organismos.
- Explicar la importancia de ambos procesos en la cadena de transferencia de energía.

**Operacional**

- Utilizar el microscopio de luz transmitida.
- Utilizar soluciones indicadoras de pH.
- Construir tablas y gráficas.

**Estándares y Expectativas**

SEPTIMO GRADO	
LA ENERGIA	
E.7.2	Explica que la fotosíntesis es el proceso mediante el cual la planta utiliza la energía solar para producir energía química y la almacena en moléculas complejas.
E.7.2.1	Explica la ecuación química del proceso de fotosíntesis
E.7.2.2	Reconoce la composición de las moléculas de glucosa, almidón y otros carbohidratos.
E.7.3	Explica que las plantas verdes y organismos fotosintéticos transforman la energía lumínica en energía química.
E.7.4	Reconoce que las células llevan a cabo una serie de procesos que le permiten transformar la

	energía.	
	E.7.4.2	Describe el proceso de respiración celular.
	E.7.4.3	Compara la respiración celular con la fermentación.
E.7.5	Describe y analiza cómo los organismos utilizan la energía y reciclan los nutrientes para sostener la vida en un ecosistema	
	E7.5.1	Describe el proceso de fotosíntesis.

**Racional**

La vida en la tierra depende fundamentalmente de la energía solar, la cual es atrapada mediante el proceso de fotosíntesis. Las plantas, las cianobacterias, las algas y numerosos protistas son organismos autótrofos, ya que utilizan la energía luminosa para la formación de materia orgánica a partir de compuestos inorgánicos. Durante este proceso los organismos autótrofos utilizan el dióxido de carbono, la energía de la luz solar (en forma de fotones) y el agua para sintetizar glucosa. Como resultado de este proceso se desprende oxígeno. De esta forma, estos organismos son capaces de transformar la energía solar en energía química, la que será almacenada en los enlaces de los compuestos sintetizados durante la fotosíntesis. La cantidad de carbono fijado por la fotosíntesis es espectacular, como lo demuestran las cifras de la producción anual de materia orgánica seca, estimada en 1,55 x 10<sup>11</sup> toneladas, con aproximadamente 60% formada en la tierra, el resto en océanos y aguas continentales. Solamente los organismos que poseen pigmentos fotosintetizadores realizan fotosíntesis.

Un pigmento es cualquier sustancia que absorbe luz. El color de un pigmento es el resultado de la longitud de onda reflejada (no absorbida). La clorofila es uno de los pigmentos fotosintetizadores más abundantes, y está presente en la inmensa mayoría de los organismos autótrofos. Existen otros pigmentos fotosintetizadores, como los carotenos, y otros pigmentos que cumplen otras funciones, pero que no intervienen en el proceso de fotosíntesis. En los organismos eucariotas, la fotosíntesis se lleva a cabo en un organelo llamado cloroplasto.

La respiración celular es un proceso que realizan todos los seres vivos. A diferencia de la fotosíntesis, la respiración celular es un proceso metabólico que libera la energía almacenada en los enlaces de los compuestos orgánicos para ser utilizada por los organismos para realizar todas sus funciones. El crecimiento, desarrollo, reproducción y todas las actividades que realizan los organismos, y que caracterizan a la vida, se realizan utilizando la energía que se obtiene durante la respiración celular. A diferencia de la fotosíntesis, durante el proceso de respiración celular se consume oxígeno y se libera dióxido de carbono. En los organismos eucariotas, la respiración celular se realiza en un organelo llamado mitocondria.

La vida sobre la tierra existe gracias a estos dos procesos vitales: la fotosíntesis y la respiración. Aunque en muchos cursos se estudian por separado, son dos procesos complementarios. Los compuestos sintetizados durante la fotosíntesis son

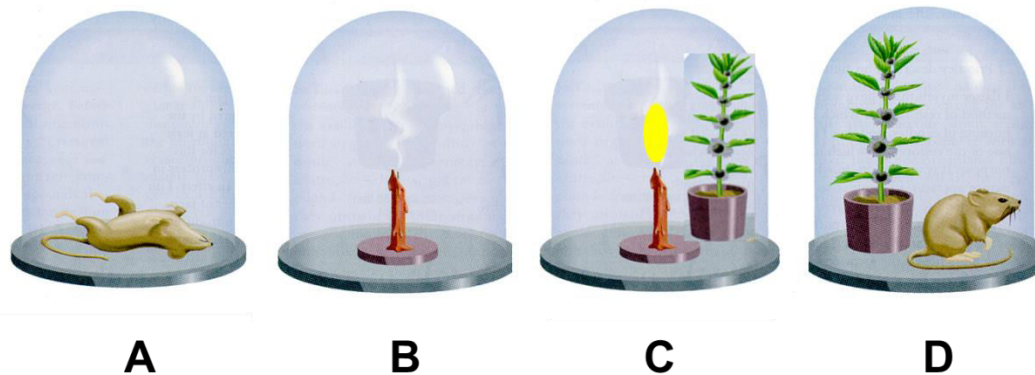
degradados durante la respiración celular para obtener la energía necesaria para el desarrollo de la vida. Los organismos autótrofos son la base de la cadena alimentaria y de transferencia de energía en los ecosistemas.

### **Actividad 1: Introducción y exploración. El experimento de Priestsley**

El investigador inglés Joseph Priestley en 1780 fue uno de los pioneros en el estudio de la fotosíntesis. Sus investigaciones abrieron el camino en la comprensión de la fotosíntesis.

El capacitador utilizará el PP para describir y discutir el experimento de Priestsley.

Descripción del experimento de Priestsley (Figura 1):



- En "A" se coloca un ratón dentro de una campana de vidrio transparente que impide el intercambio gaseoso con el exterior. El ratón después de cierto tiempo muere.
- En "B" se coloca una vela dentro de la campana de vidrio transparente. La vela se apaga.
- En "C" se coloca una vela y una planta (en agua) dentro de una campana de vidrio transparente. La vela puede permanecer prendida.
- En "D" se coloca una planta (en agua) junto con el ratón en la campana de vidrio transparente. Ambos organismos pueden coexistir dentro del dispositivo por un largo periodo de tiempo.

¿Cómo explicarías lo que ocurrió en cada caso?

El objetivo de la actividad de exploración consiste en establecer el conocimiento informal que poseen los participantes sobre la relación entre los procesos de fotosíntesis y respiración celular. No necesariamente los participantes van a explicar la muerte del ratón y que la vela se apaga como consecuencia de que se utiliza el

Proyecto financiado por el Departamento de Educación mediante el programa: Título I Parte A Programa de Desarrollo Profesional.

oxígeno de la “atmósfera” como elemento esencial para la combustión de la glucosa o de la mecha. Es posible que la interpretación sea simplemente de que no hay oxígeno, o que este se agota. En C y D se supone que el proceso de fotosíntesis realizado por la planta produce oxígeno como desecho metabólico y que la reacción de combustión que ocurre en las células del ratón y en la vela, son factibles. El objetivo es establecer si los participantes conocen que estas dos reacciones están “conectadas”.

**Observaciones para el capacitador:** Se recomienda utilizar durante la discusión las siguientes preguntas:

- a. ¿Qué conclusiones se puede sacar de los resultados observados en cada una de estas experiencias? (Ver Párrafo anterior)
- b. ¿Cuál de las experiencias brinda información específica sobre la fotosíntesis?
- c. ¿Podemos relacionar alguna de estas experiencias con la respiración celular? Podemos. La respiración celular necesita de oxígeno.
- c. ¿En estos experimentos, utilizó Prietsley un grupo experimental y/o un grupo control? Explica tu respuesta.

En realidad son dos experimentos realizados al unísono:

**Experimento 1: Con Ratón**

Tratamiento: Con planta y sin planta.

Grupo control: Sin planta, es lo que se conoce.

Grupo experimental: Con planta, es lo que se pretende conocer.

Variable dependiente: Tiempo que vive el ratón.

**Experimento 2: Con Vela**

Tratamiento: Con planta y sin planta.

Grupo control: Sin planta, es lo que se conoce.

Grupo experimental: Con planta, es lo que se pretende conocer.

Variable dependiente: Tiempo que demora la vela en apagarse.

- d. ¿Dormirías tú, al igual que el ratón, con muchas plantas en tu habitación? Explica tu respuesta.

No, la planta realiza también respiración celular y compite contigo por el oxígeno. Al no realizar fotosíntesis, NO produce oxígeno. De día es diferente, pues tiene que utilizar energía en ambos procesos, aunque utilice la del sol para realizar parte de la fotosíntesis, y contribuye a la producción de oxígeno.

**Actividad 2. ¿Qué relación existe entre el CO<sub>2</sub> y el proceso de fotosíntesis?  
Hoja de trabajo 1.**

Desde los inicios del estudio sobre el proceso de fotosíntesis se demostró que uno de los compuestos más importantes involucrados en este proceso era el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

A continuación, escribe una aseveración para responder las preguntas científicas siguientes:

¿Qué relación existe entre este gas y el proceso de fotosíntesis?

Las plantas utilizan el CO<sub>2</sub> como fuente de carbono para sintetizar compuestos orgánicos (glucosa)

¿De dónde obtienen las plantas el CO<sub>2</sub> para realizar el proceso de fotosíntesis?

Del aire/agua, de la atmósfera/medio en que viven.

Un experimento sencillo nos permitirá responder estas preguntas.

**Materiales (multiplicar por grupo de participantes)**

- Seis tubos de ensayo con tapones.
- Cuatro plantas de elodea de aproximadamente el mismo tamaño
- Un frasco de solución de BTB.
- Papel medidor de pH
- Un cilindro graduado de 100 ml
- Una gradilla
- Un sorbeto
- Una pinza
- Papel de aluminio
- Lámpara de luz (pueden ser tres o cuatro para todo el salón).

**Instrucciones Generales**

Se formarán equipos de 4-5 participantes. Una vez realizado el montaje de los experimentos que corresponden a esta actividad, será necesario esperar aproximadamente una hora y media para observar y analizar los resultados. Por esta razón, las preguntas que corresponden a esta etapa que aparecen en las hojas de trabajo serán contestadas después de transcurrido este tiempo.

**Experimento 1 (Hoja de trabajo 1):**

**Instrucciones**

- Deposite 15 ml de la solución de BTB en tres tubos de ensayo y rotúlelos para distinguirlos con las letras A, B y C. Colóquelos en la gradilla.
- Mida el pH de cada tubo utilizando el papel medidor de pH.

El BTB es un indicador de acidez (pH), que muestra un color azul en condiciones alcalinas y un color amarillento en condiciones ácidas. Si la solución que usted tiene es de color azul, deberá introducir el sorbeto en cada uno de los tubos de ensayo y exhalar en la solución hasta que se torne amarillenta. Una vez que esto ocurra, retire el sorbeto y mida el pH en los tres tubos utilizando el papel indicador de pH.

¿Qué ocurrió en la solución de BTB? Considere la siguiente reacción:



La solución cambia de azul a amarillo.

Después de exhalar, ¿qué puede haber ocurrido con relación al pH de la solución? Explique.

El CO<sub>2</sub> exhalado contribuye a la formación de ácido carbónico cambiando el pH de básico a ácido.

## **Experimento 2 (Hoja de trabajo 1 continuación).**

### **Instrucciones**

- Seleccione dos plantas (ramitas) de elodea que tengan aproximadamente igual tamaño.
- Coloque las plantas de elodea en dos de los tubos de ensayo (B y C), de manera que queden igualmente distribuidas en cada uno. Coloque el tapón en cada uno de los tres tubos y colóquelos en la gradilla.
- Envuelva completamente el tubo C con el papel de aluminio y colóquelo de nuevo en la gradilla.
- Coloque la gradilla cerca de la lámpara de luz de tal forma que los tres tubos reciban aproximadamente la misma intensidad de luz.
- Deje la gradilla cerca de la fuente de luz por aproximadamente una hora y media. Transcurrido este tiempo, retire los tubos y el papel de aluminio del tubo C.
- Observe y anote la coloración de la solución en cada uno de los tres tubos.
- Determine el pH de los tres tubos utilizando el papel indicador de pH.

Considere los resultados y responda las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo usted explica lo que sucedió en cada uno de los tubos?

Durante el proceso de fotosíntesis la planta utiliza el CO<sub>2</sub> de la solución, que cambiará de ácida a básica (tubo B). Si no hay fotosíntesis, la solución continuará ácida (amarilla) (Tubos A y C)

2. ¿Qué hipótesis científica pudo haber dado lugar al diseño del experimento que realizamos?

Si disminuye la concentración de ácido carbónico lo suficiente, la solución cambiará el pH de ácido a básico.

Pudiera deducirse que si NO ocurre fotosíntesis NO habrá un cambio en el pH de la solución. Hay hipótesis alternas y otras interpretaciones del experimento.

3. ¿Qué representan los tubos A, B y C en este experimento?

A Blanco B Tratamiento control (con luz) C Tratamiento (sin luz)

El control es lo que conozco, que si hay luz hay fotosíntesis.

Hablamos de un control “blanco” cuando estamos en presencia de reacciones químicas. El blanco no es necesariamente un control, es una solución que me garantiza establecer una “línea base” o condiciones iniciales de donde partimos para desarrollar un experimento.

4. ¿Qué proceso metabólico está relacionado con los resultados de este experimento? ¿Qué evidencias del mismo observamos durante el experimento.  
Fotosíntesis.

Evidencias:

- Cambio coloración de la solución cuando la planta está en presencia de luz/si no hay luz no hay cambio de coloración..
- La planta sabemos que realiza fotosíntesis (es un organismo autótrofo).

5. Según los resultados del proceso de validación de la hipótesis ¿qué demostramos a través del experimento realizado?

Simplemente que si el tubo no está tapado hay cambio de color (incremento del pH) debido al cambio en la concentración de ácido carbónico producto de la fotosíntesis. No obstante, debe hacerse notar que yo no estoy midiendo fotosíntesis por producción de almidón, estoy infiriendo que durante este proceso se usa CO<sub>2</sub>. El capacitador puede discutir alternativas, pues la situación experimental se presta para proponer otras hipótesis alternas, todas falsables.

### **Experimento 3 (Hoja de trabajo 2).**

- Deposite 15 ml de la solución de BTB en cada uno de los tres tubos de ensayo que no se han utilizado y rotúlelos para distinguirlos con las letras D, E y F. Colóquelos en la gradilla.



- En esta ocasión **NO** va a introducir el sorbeto y exhalar.
- Determine el pH de los tres tubos utilizando el papel indicador de pH.

La coloración observada para la solución de BTB es azul.

¿A qué usted cree que se deba la diferencia de coloración de estos tres tubos y la coloración de los tubos A, B y C, después de realizado el procedimiento (actividad) 1? ¿Qué relación puede establecer entre el valor del pH medido y la coloración? (Ver respuestas anteriores)

#### **Experimento 4 (Hoja de trabajo 2, continuación).**

##### **Instrucciones**

- Coloque las plantas de elodea en dos de los tubos de ensayo (E y F), de manera que queden igualmente distribuidas en cada uno. Coloque el tapón en cada uno de los tres tubos (D, E y F) y colóquelos en la gradilla.
- Envuelva completamente el tubo E con el papel de aluminio y colóquelo de nuevo en la gradilla.
- Coloque la gradilla cerca de la lámpara de luz de tal forma que los tres tubos reciban aproximadamente la misma intensidad de luz.
- Deje la gradilla cerca de la fuente de luz por aproximadamente una hora y media. Transcurrido este tiempo, retire los tubos y el papel de aluminio del tubo E.
- Determine el pH de los tres tubos utilizando el papel indicador de pH.

Observe los resultados y responda las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo usted explica lo que sucedió en cada uno de los tubos?

Si ocurre algún cambio de color sería en el tubo tapado con papel de aluminio, donde la planta no puede realizar fotosíntesis pero puede respirar y como resultado de la respiración celular se produce CO<sub>2</sub>, que incrementa la concentración de ácido carbónico en la solución. La solución pasaría de básica (azul) a ácida (amarillo). El tubo con planta

2. ¿Qué hipótesis científica pudo haber dado lugar al diseño del experimento que realizamos?

Si hay cambio de coloración es debido a la disminución del pH por un incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la solución producido durante la respiración celular. Hay hipótesis alternas y otras interpretaciones del experimento.

3. ¿Qué representan los tubos D, E y F en este experimento?



D Blanco    E tratamiento sin luz    D tratamiento control, con luz  
 El control es lo que conozco, que con luz hay fotosíntesis

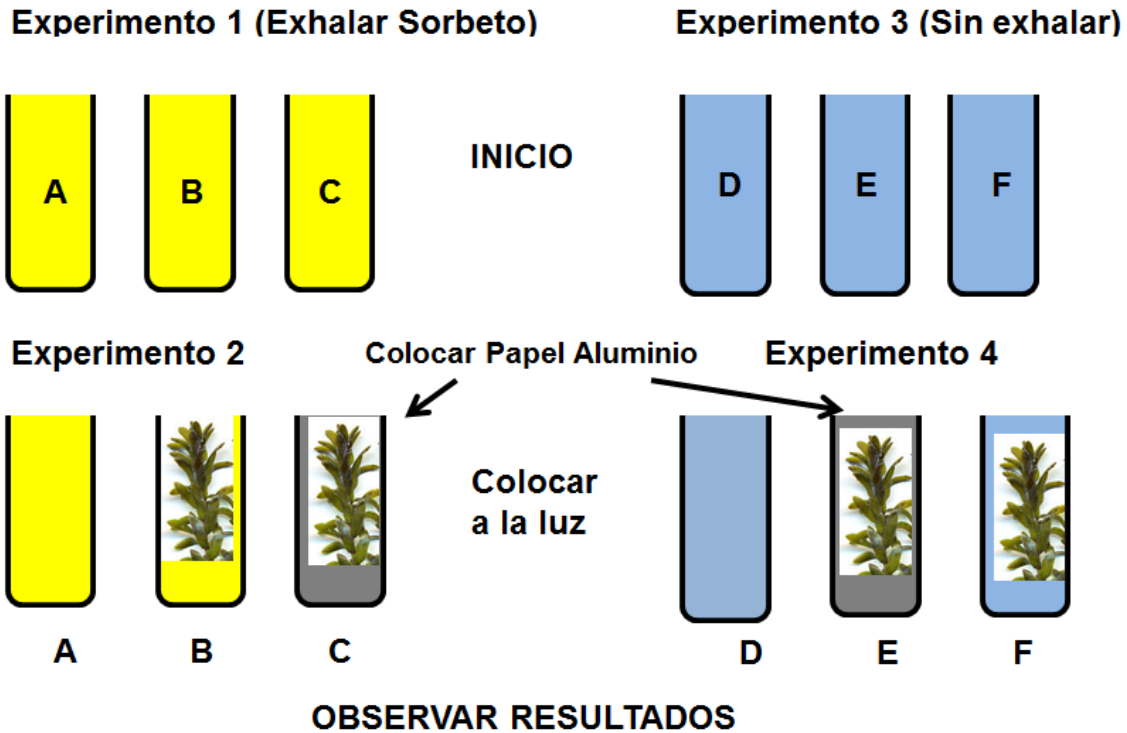
4. ¿Qué proceso metabólico está relacionado con los resultados de este experimento? Qué evidencias del mismo observamos durante el experimento. Explique.

Respiración celular

5. Según los resultados del proceso de validación de la hipótesis ¿qué demostramos a través del experimento realizado?  
 Que en ausencia de luz ocurre respiración celular solamente y no hay fotosíntesis. Un cambio de pH producido por la liberación de CO<sub>2</sub> al medio lo torna ácido.

**RESUMEN DE LOS EXPERIMENTOS ANTERIORES**

(Hoja de trabajo 3 para anotaciones, se entregará al inicio del experimento 1 para que anoten los resultados)



**ANOTACIONES PARA CADA EXPERIMENTO**

**Experimento 1**

Tubo	Color A/Ex	Color D/Ex	pH A/Ex	pH D/Ex	Observaciones
<b>A</b>					
<b>B</b>					
<b>C</b>					

A/Ex antes de exhalar D/Ex después de exhalar

**Experimento 2**

Tubo	Color S/EI	Color D/EI	pH D/EI	Observaciones
<b>A</b>		<b>NO</b>		<b>El tubo A no tiene elodea</b>
<b>B</b>				
<b>C</b>				

S/EI sin elodea D/EI después de colocar la elodea

**Experimento 3**

Tubo	Color	pH	Observaciones
<b>D</b>			
<b>E</b>			
<b>F</b>			

**Experimento 4**

Tubo	Color	pH	Observaciones
D			El tubo D no tiene elodea
E			
F			

**Actividad 3. ¿Cuál es el resultado de la fotosíntesis? (Relación entre la luz y los resultados de la fotosíntesis)**  
(Hoja de trabajo 4)

Según los resultados del experimento llevado a cabo durante la actividad 2, la planta de Elodea extrae el CO<sub>2</sub> de la solución (Tubo B), disminuyendo la concentración de ácido carbónico en la misma y cambiando el pH de ácido a básico. Sin embargo, este experimento no nos permite conocer para qué utiliza la planta el CO<sub>2</sub> extraído de la solución.

¿Para qué utiliza la planta de Elodea el CO<sub>2</sub>?

Para sintetizar glucosa.

¿Cuáles organismos pueden realizar el mismo proceso?

Todos los autótrofos que poseen pigmentos fotosintéticos y realizan fotosíntesis, como cianobacterias, protistas fotosintéticos como algas y euglenas, y plantas.

Trataremos de realizar un experimento sencillo para establecer el destino del CO<sub>2</sub> que las plantas toman del ambiente en que se desarrollan y crecen.

**Experimento 1. ¿Qué condiciones son necesarias para que ocurra la fotosíntesis? (Hoja de trabajo 4)**

Antes de iniciar esta actividad te pedimos que contestes las siguientes preguntas:

¿Qué condiciones son necesarias para que una planta realice la fotosíntesis?  
CO<sub>2</sub>, agua y luz.

¿Cuál es el producto metabólico de la fotosíntesis? ¿Para qué lo utiliza la planta?

Glucosa y oxígeno, la planta lo utiliza para la respiración celular.  
 $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$

**Materiales** (multiplicar por grupo de participantes)

- Dos beakers de 400 mL
- Plancha de calentamiento
- Frasco de alcohol al 95 %.
- Pinzas largas
- Marcadores
- Dos placas de Petri
- Frasco con solución de Lugol (protegido de la luz).
- Una fuente de luz, preferiblemente luz brillante fluorescente (una por salón).
- Una planta de geranio (A) con algunas hojas cubiertas en una parte de la superficie por una “máscara” de papel de aluminio que haya estado expuesta a la oscuridad durante una semana (mantenerla cubierta todo el tiempo) (dos o tres por salón).
- Una planta de geranio(B) con algunas hojas cubiertas en una parte de la superficie por una “máscara” de aluminio, mantenidas durante dos días en iluminación total (dos o tres por salón).
- Una planta de geranio (C) que ha sido mantenida en régimen de luz natural durante una semana (una por equipo).
- Papel de aluminio y presillas clips (o alfileres).

### **Instrucciones**

1. Observe las plantas que presentará el capacitador. La planta A posee algunas hojas cubiertas, en parte, por papel de aluminio y ha sido mantenida en la oscuridad por varios días. La planta B posee también hojas cubiertas, en parte, por papel de aluminio y ha estado expuesta a la luz fluorescente durante varios (2-3) días. La planta C ha permanecido varios días en condiciones de luz natural (día y noche).
2. Utiliza la siguiente tabla para hacer una predicción (columnas 2 y 3), considerando las condiciones de crecimiento (luz/oscuridad) y el área de la hoja cubierta (con/sin “máscara”) y la relación de estos dos factores con la producción de almidón en la hoja. Las columnas 4 y 5 quedarán sin usar en esta primera etapa. Después anotarás en las mismas los resultados del experimento.

**Relación entre la luz y la producción de almidón.**

	PREDICCIÓN		PRESENCIA DE ALMIDÓN	
	Con máscara	Sin máscara	Con máscara	Sin máscara
<b>LUZ</b>				
<b>OSCURIDAD</b>				

3. Selecciona una hoja de cada una de las plantas A, B y C y sigue las indicaciones siguientes:

- Rotula los dos beakers, A para alcohol y B para agua.
- Añade 150 mL de agua en el beaker B y colócalo en la plancha de calentamiento. Mantenlo en la plancha hasta que el agua esté hirviendo.
- Añade 150 mL de alcohol en el beaker A y colócalos en la plancha. El alcohol hervirá inmediatamente. Puedes tapar el alcohol con el papel de aluminio para evitar evaporación en exceso.
- Pon una de las tres hojas en el agua hirviendo durante 1 minuto para matar la misma y destruir las membranas internas.
- Remueve la hoja con la pinza y colócala en el alcohol hirviendo. De esta forma se extraerán los pigmentos fotosintéticos del tejido de la hoja. La solución se tornará verde y la hoja blanquecina.
- Remueve la hoja del alcohol con la pinza y colócala de nuevo en el agua hirviendo para ablandarla.

4. Evalúa la presencia de almidón en la hoja.

- Coloca la hoja, durante unos minutos, en una placa de Petri que contiene la solución de lugol.
- Enjuaga la hoja en otra placa de Petri con agua.
- Observa el patrón de coloración de la hoja y anota los resultados en las columnas 4 y 5 de la tabla.

5. Repite el mismo procedimiento con las otras dos hojas.

Contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Qué hipótesis científica pudo haber dado lugar al diseño del experimento que realizamos?

Si hay luz y ocurre fotosíntesis se producirá almidón en la hoja.

2. ¿Qué representa la hoja C? Explica.

Es el control, lo que conozco.

3. En cuál(es) de los casos se cumplió tu predicción. Explica.

4. ¿Qué proceso metabólico está relacionado con los resultados de este experimento? Qué evidencias del mismo observamos durante el experimento. Explica.

Fotosíntesis y producción de almidón debido a la glucosa que se fabrica durante este proceso que se almacena como almidón.

5. Según los resultados del proceso de validación de la hipótesis ¿qué demostramos a través del experimento realizado?

Que si no hay luz no hay fotosíntesis y no se almacena almidón en la hoja. La planta utiliza el almacenado antes del tratamiento para realizar respiración celular.

#### **Actividad 4. ¿Cuál es la relación entre pigmentos y fotosíntesis? (Hoja de trabajo 5)**

Considera la pregunta siguiente:

¿Cuál es la función de los pigmentos fotosintéticos en el proceso de fotosíntesis?

Son capaces de absorber la energía luminosa para poder llevar a cabo la primera etapa de la fotosíntesis.

Observa el siguiente video que te presentará tu capacitador:

<http://www.youtube.com/watch?v=rhJRIYa5L8M>

Responde las siguientes preguntas:

¿Consideras que es necesaria la presencia de pigmentos fotosintéticos para que ocurra la fotosíntesis? Explica tu respuesta.

Sí, si no hay pigmento no se puede absorber la energía luminosa que será utilizada en la primera etapa de la fotosíntesis.

¿Qué pigmentos están relacionados con las reacciones luminosas de la fotosíntesis y cuáles son sus funciones? Ver video.

¿Qué se conoce como reacciones luminosas de la fotosíntesis?  
Fotólisis del agua.

¿Todos los pigmentos que dan color a los órganos de una planta intervienen en la fotosíntesis? Explica tu respuesta.

No, solo los que se excitan ante determinadas longitudes de onda.

### Experimento 1. (Hoja de trabajo 5)

Las plantas de *Coleus* (Coleo, manto) presentan hojas de variados y atractivos colores. El patrón de colores está determinado por los pigmentos presentes en las hojas. ¿Poseen actividad fotosintética todos los pigmentos presentes en las hojas de *Coleus*? Haz una predicción.

#### Procedimiento

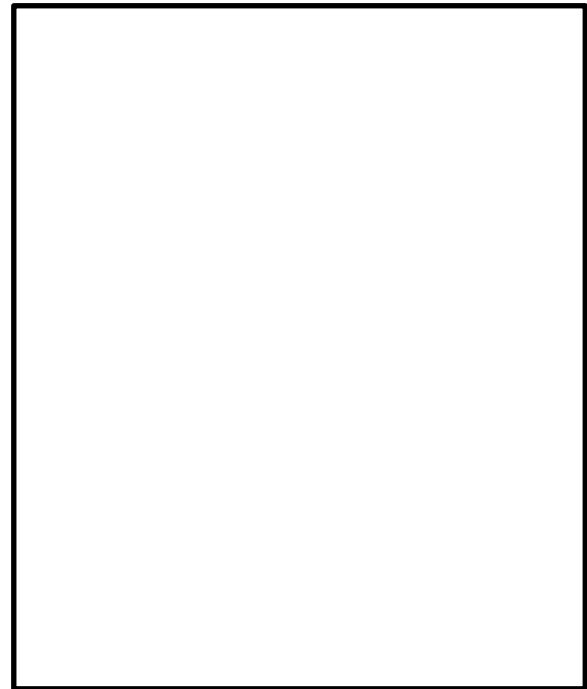
- Planta de *Coleus* con hojas de colores en una maceta.
  - Lápices de colores.
  - De los materiales del experimento anterior se utilizará:
    - . Dos placas de Petri.
    - . Frasco de Lugol.
    - . Beakers con alcohol y agua en la plancha de calentamiento,
    - . Pinza larga.
1. Selecciona una hoja de la planta de *Coleus*. En el rectángulo izquierdo de la hoja de trabajo realiza un bosquejo de la misma indicando la distribución y área de los colores que observas en la hoja.
  2. Procede a extraer los pigmentos de la hoja (el procedimiento es el mismo que el realizado en el experimento anterior):
    - Rotula los dos beakers, A para alcohol y B para agua.
    - Añade 150 mL de agua en el beaker B y colócalo en la plancha de calentamiento. Mantenlo en la plancha hasta que el agua esté hirviendo.
    - Añade 150 mL de alcohol en el beaker A y colócalos en la plancha. El alcohol hervirá inmediatamente. Puedes tapar el alcohol con el papel de aluminio para evitar evaporación en exceso.
    - Pon la hoja de *Coleus* el agua hirviendo durante 1 minuto para matar la misma y destruir las membranas internas.
    - Remueve la hoja con la pinza y colócala en el alcohol hirviendo. De esta forma se extraerán los pigmentos fotosintéticos del tejido de la hoja. La solución se tornará verde y la hoja blanquecina.



- Remueve la hoja del alcohol con la pinza y colócala de nuevo en el agua hirviendo para ablandarla.
4. Evalúa la presencia de almidón en la hoja.
- Coloca la hoja, durante unos minutos, en una placa de Petri que contiene la solución de lugol.
  - Enjuaga la hoja en otra placa de Petri con agua.
  - Observa la hoja y realiza un bosquejo de la hoja y el patrón de coloración en el recuadro de la derecha.



Hoja antes de extraer pigmentos  
Responde las siguientes preguntas:



Hoja teñida tratada con lugol

1. ¿Cómo explicas el patrón de coloración presente en cada hoja?

Si hay pigmentos fotosintéticos habrá fotosíntesis y se producirá almidón en la hoja.

2. En la hoja de Coleus, la coloración verde es debida a la presencia de clorofila, la rosada (rojiza) a la de antocianina y la amarilla a la de los carotenoides. ¿Poseen actividad fotosintética todos los pigmentos? ¿Cuál será la función de los que no poseen actividad fotosintética?

Posiblemente sea atracción de los polinizadores.

3. ¿Qué se demostró a través del experimento que realizamos?

Que no todos los pigmentos intervienen en el proceso de fotosíntesis.

### **Actividad 5. Extracción y separación de pigmentos fotosintéticos por cromatografía (Hoja de trabajo 6)**

La cromatografía de papel permite separar las sustancias de una solución sobre la base de sus características físicas. La fase estacionaria está constituida simplemente por una tira de papel de filtro (puede ser papel de cromatografía para estudios más precisos). La muestra se deposita en un extremo colocando pequeñas gotas de la solución y evaporando el disolvente. Luego el disolvente empleado como fase móvil se hace ascender por capilaridad. Esto es, se coloca la tira de papel verticalmente y con la muestra en el extremo inferior, se introduce ese extremo del papel dentro de un recipiente que contiene la fase móvil en el fondo. Después de unos minutos, cuando el disolvente deja de ascender o ha llegado al extremo superior, se retira el papel y deja secar. Si el disolvente elegido fue el adecuado y las sustancias presentes en la solución tienen color propio, se verán las manchas de distinto color separadas.

### **Estableciendo la presencia de los pigmentos fotosintéticos**

#### **Materiales (para 1 grupo, multiplicar por el número de grupos)**

- Mortero y maza
- Una regla
- Embudo
- 1 beaker de 200 ml
- Un tubo de ensayo de con tapón de goma.
- Papel de cromatografía (dos tiras, una de repuesto)
- 2 cilindros graduados de 100 ml

- Alcohol al 95 % (1 frasco)
- Acetona (1 frasco)
- Éter de petróleo (1 frasco)
- Hojas de espinaca (pueden ser de ceiba o de *Hibiscus*)
- Gotero
- 1 tijera
- Lápices de colorear
- Papel de aluminio

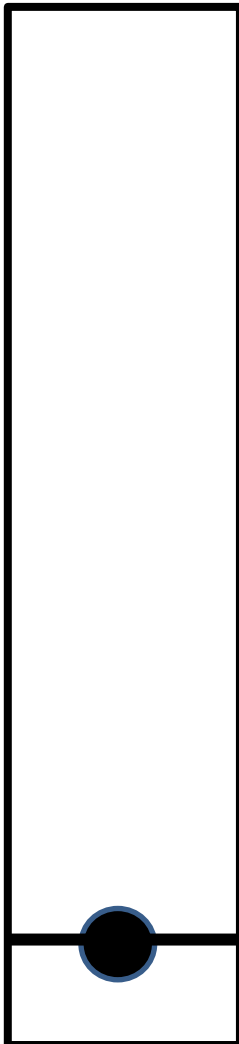
**Procedimiento:**

1. Prepara una solución de 10 ml de acetona y 90 de alcohol en un cilindro graduado. Tapa el cilindro graduado con papel de aluminio.
2. Lava cuatro o cinco hojas de espinaca, córtalas en trocitos pequeños y colócalas en el mortero
3. Mezcla con la solución de acetona y alcohol y tritura la mezcla hasta que el disolvente adquiera un color verde intenso.
4. Filtra la solución utilizando el embudo y el papel de filtro en el beaker de 200 ml. Tapa el beaker con papel de aluminio.
5. Prepara una solución de 5 ml de acetona y 45 ml de éter de petróleo en el cilindro graduado y tápala con el papel de aluminio. Este será el diluyente, la fase móvil.
6. Traza una línea con la regla en el papel de cromatografía a unos 2 cm del extremo. Dibuja un punto en el centro. Con el gotero, aplica una gota del extracto y déjala secar, realiza la misma operación 7 u 8 veces.
7. Introduce el extremo donde no realizaste la aplicación de la tira de papel de cromatografía en el tubo de ensayo de manera tal que el punto de aplicación no llegue a la solución y cierra el mismo con el tapón tratando de presionar el extremo del papel entre el cristal y el tapón (ver figura)
8. Observa lo que ocurre durante unos 10 minutos. Cuando el solvente (frente de corrida) esté llegando al tapón, remueve la tapa y deja secar la tira de papel.
10. Observa el color de cada una de las manchas del papel, mide desde el punto inicial al centro de cada mancha y utilizando lápices de colores dibuja la mancha en la gráfica y completa las dos primeras columnas de la tabla siguiente.



## CENTROS DE EXCELENCIA EN CIENCIAS Y MATEMÁTICAS

(ALACiMa<sup>2</sup>- FASE IV)

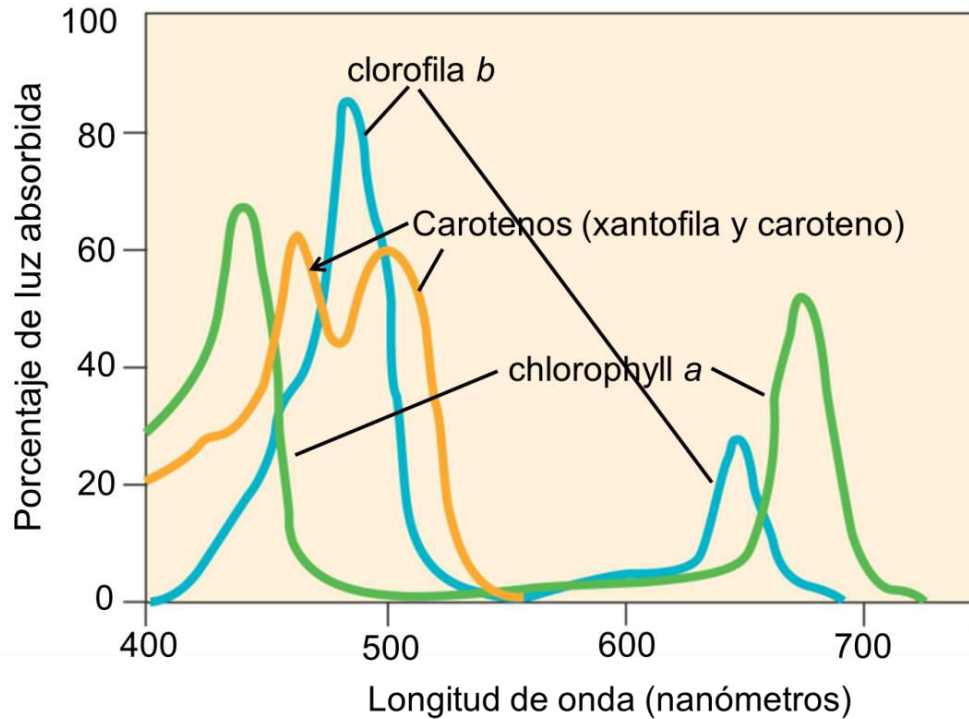


Coloración	Distancia desde el punto de aplicación	¿A qué cuál pigmento corresponde?



Considera los datos que te suministramos a continuación y contesta las preguntas.

**Absorbancia de los pigmentos fotosintéticos**



PIGMENTO	Fórmula Química	Zona del espectro donde absorben
<b>Clorofila a</b>	<b>C<sub>55</sub>H<sub>72</sub>O<sub>5</sub>N<sub>4</sub>Mg</b>	Violeta, azul, amarillo, naranja y rojo
<b>Clorofila b</b>	<b>C<sub>55</sub>H<sub>70</sub>O<sub>6</sub>N<sub>4</sub>Mg</b>	Azul, naranja y rojo
<b>Caroteno</b>	<b>C<sub>40</sub>H<sub>56</sub></b>	Violeta, azul, algunos en el rojo

1. ¿Qué pigmentos están presentes en la hoja de espinaca? ¿En qué te fundamentaste para identificarlos?

Si se pudieron separar bien, son 4, clorofila a y b, antocianina y carotenoides.

2. Observa que la clorofila a tiene un pico de absorción entre los 680 y 700 nm. ¿Qué relación puedes establecer con el documental que vimos sobre la fase lumínica de la fotosíntesis?

Funciones de p680 y p700, absorben en esas longitudes de onda.

3. ¿Qué importancia biológica tiene que existan otros pigmentos fotosintéticos además de la clorofila?

Aumentar la eficiencia de la fotosíntesis, el espectro de absorción es mayor.

## **RESPIRACIÓN CELULAR**

Durante las actividades anteriores hemos podido establecer que existe una gran relación entre la fotosíntesis y la respiración celular. Durante la fotosíntesis, las plantas sintetizan hidratos de carbono y como desecho de este proceso metabólico producen oxígeno.

¿Qué importancia tienen para la vida en la tierra el oxígeno y los carbohidratos que producen las plantas durante la fotosíntesis? Explica tu respuesta.

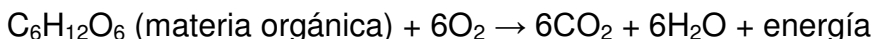
### **Actividad 6. ¿Cómo obtienen las plantas la energía para crecer y reproducirse?**

Las plantas, al igual que todos los organismos, necesitan energía para mantenerse vivas, transportar sustancias a través de los tejidos, crecer, reproducirse y formar nuevas estructuras, como por ejemplo los frutos. La semilla es una estructura de la planta que alberga al embrión y se mantiene por un periodo en estado latente hasta que las condiciones ambientales sean propicias para germinar. Durante la germinación, el embrión utiliza el alimento presente en la semilla para su crecimiento y desarrollo.

¿Qué proceso metabólico permite a las plantas obtener la energía necesaria para crecer y reproducirse? ¿Qué relación tiene este proceso con el de fotosíntesis?

Respiración celular. Utiliza los compuestos sintetizados por la planta durante la fotosíntesis.

¿Cuál es la reacción general que resume este proceso? ¿Cuáles son los productos del mismo?



En la siguiente demostración que hará el capacitador trataremos de demostrar la presencia de este proceso en la semilla de guisante.

### **Materiales (multiplicar por cada equipo de participantes)**

- Tres tubos de ensayo.
- Tres tapones de goma horadados en el centro.
- Tres jeringuillas con agujas largas.
- Tres tubos de vidrio doblados en ángulo de 90°
- Algodón absorbente
- Un frasco de pellets de KOH (hidróxido de potasio).
- 80 gramos de guisantes o habichuelas secos.
- 80 gramos de guisantes o habichuelas germinados.
- Un sobre con perlas de vidrio o cuentas plásticas del tamaño de los guisantes
- Una gradilla.
- Frasco de yodo.
- Una regla calibrada en mm.
- Calculadora por equipo

### **Procedimiento (Hoja de trabajo 7)**

1. Llene uno de los tubos de ensayo con semillas de guisantes germinados, hasta unos 5 cm del borde superior. Acomode las semillas, golpeando el tubo suavemente con los dedos.
2. Ponga un pedazo de algodón sobre las semillas, cuidando de cubrirlas por completo.
3. Coloque las pastillas de KOH sobre el algodón, hasta una altura de aproximadamente 1 cm., cuidando que el KOH no toque a las semillas.
4. Repita el mismo procedimiento en otro tubo de ensayo, utilizando los guisantes secos, no germinados.
5. Repita el mismo procedimiento en otro tubo de ensayo, utilizando las perlas de cristal hasta alcanzar un nivel semejante al alcanzado con los guisantes en los dos tubos anteriores.
6. Coloque los tapones de goma con los tubos en 90° y la aguja de la jeringuilla. Coloque la jeringuilla en la aguja. Ajuste las conexiones a fin de evitar las filtraciones de aire a través de las uniones.



7. Deje pasar unos 5 minutos para que el sistema se estabilice.
8. Coloque una gota de tinte (yodo) en el extremo distal de cada uno de los tubos horizontales o pipetas. Identifique el lugar donde se acomodó la gota. A partir de ese punto se debe medir la distancia que recorre la gota.
9. Si el tinte tiende a salirse, utiliza la jeringuilla para fijar la gota en la posición adecuada. Marca la posición de la gota en el tubo de 90° con el marcador.
10. A los 20 minutos mida la distancia (mm) recorrida por la gota en el tubo experimental de guisantes germinados, en el de guisantes secos y en el tubo con agua.

**Información importante:** Si tomamos en cuenta la ecuación general de la respiración aeróbica, para que ocurra la combustión de la glucosa es necesaria la presencia de oxígeno. El KOH absorbe el gas CO<sub>2</sub> del ambiente produciendo carbonato de potasio (KCO<sub>3</sub>) y agua.

La fórmula para calcular el volumen de un cilindro es:

$$V = \pi r^2 h$$

Con la regla puede medir el diámetro de los tubos y la distancia recorrida por la gota en mm.

Utiliza la siguiente tabla para reflejar los resultados

<b>Variantes del experimento</b>	<b>Distancia recorrida (mm) por la gota</b>	<b>Volumen del espacio recorrido por la gota</b>
Guisantes germinados		
Guisantes sin germinar		
Perlas de vidrio		

### **Responde las siguientes preguntas**

1. ¿Qué ocurrió en cada una de las variantes?

Se supone que en el tubo donde hay guisantes germinando ocurra respiración celular y por tanto consume de oxígeno. La gota se moverá en dirección al tubo de

ensayo. La distancia recorrida por la gota en el capilar será mayor. En los otros dos tubos no debe haber movimiento de la gota.

2. ¿Cómo interpretarías el volumen del espacio recorrido por la gota calculado?  
¿Cómo explicarías las diferencias en volumen (si las hubo) entre las variantes?

Es el volumen de oxígeno utilizado por los guisantes durante la respiración celular. En el tubo con guisantes sin germinar la respiración celular es casi despreciable. Aunque como resultado de la respiración celular se produce CO<sub>2</sub>, este gas no llega al espacio donde que ocupa la atmósfera de gases en el tubo pues se absorbe por el KOH del algodón produciendo carbonato de calcio.

3. ¿Qué hipótesis científica pudo haber dado lugar al diseño del experimento que realizamos?

Si hay respiración celular debe consumirse oxígeno. La disminución del volumen de gas en el tubo debe ser consecuencia del consumo de oxígeno, pues no hay otra explicación posible.

4. Si observaste cambios en el volumen de gas en algún tubo, ¿qué proceso metabólico está relacionado con los cambios del volumen del gas? ¿Qué evidencias tienes de que haya ocurrido este proceso?

Respiración celular.

Evidencias:

Disminución del volumen de gases.

Sabemos por conocimiento científico precedente que las plantas respiran.

### **Actividad 7. Actividad de Síntesis. Relación entre la fotosíntesis y la respiración celular.**

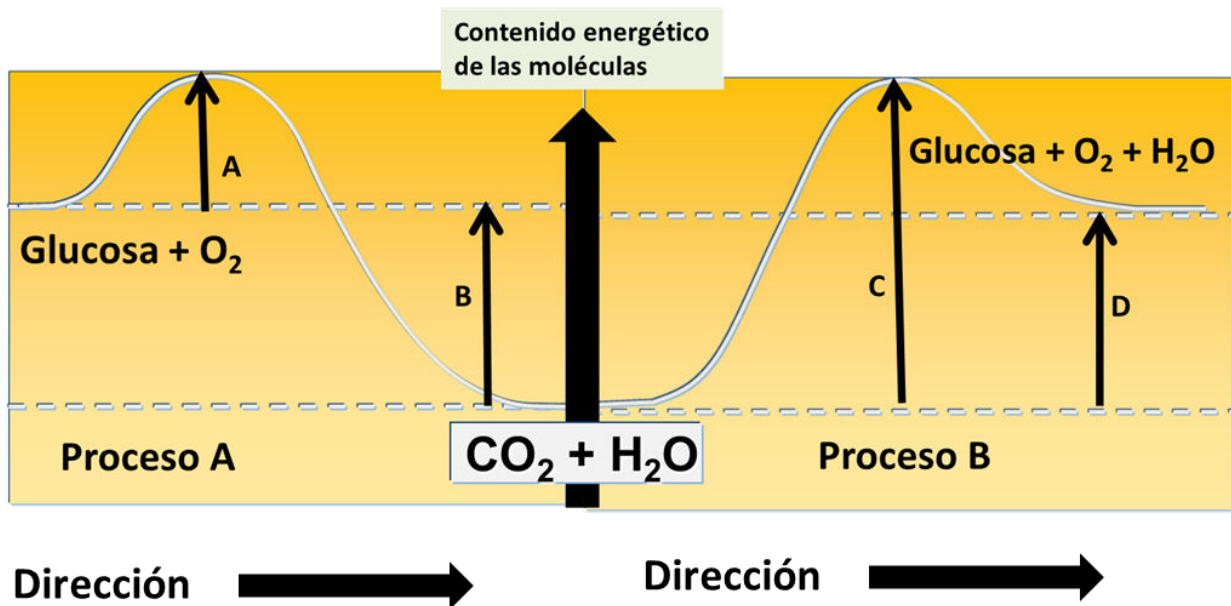
Observa el siguiente video (**usar uno de los dos**):

<http://www.youtube.com/watch?v=aMOaOYyDLF8>

<http://www.youtube.com/watch?v=JEnjph9miK4>

### **Hoja de trabajo 8**

En la siguiente gráfica se representa la relación que existe entre los dos procesos metabólicos más importantes para la vida en la tierra. Las dos curvas y las cuatro flechas representan la trayectoria energética de cada uno de estos procesos.



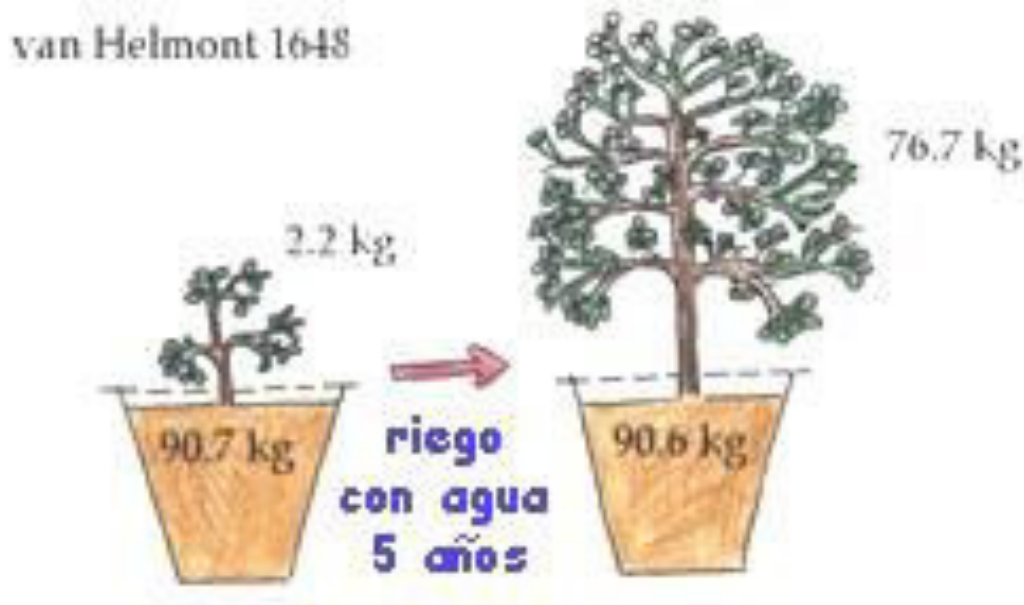
Reúnete con los miembros de tu equipo. Considerando la información que te brinda la gráfica, te proponemos que completes la tabla siguiente. Una vez hayas completado la misma, uno de los miembros de tu equipo discutirá los resultados en plenaria.

Compara con relación a:	PROCESO METABÓLICO	
	Proceso A	Proceso B
¿Cuál es su función?	Respiración celular. Obtener energía para desarrollar procesos del organismo.	Fotosíntesis. Sintetizar compuestos para ser utilizados por la respiración celular.
¿Dónde ocurre?	Empieza en citoplasma y termina en la mitocondria	Cloroplasto
¿Cuál es la ecuación general que lo resume?	$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{energía}$	$6 CO_2 + 6 H_2O + \text{energía} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6 O_2$
De acuerdo a la energía utilizada, ¿qué significan las letras?	A: Activación respiración celular B: Liberada en la respiración celular	C:Obtenida de la luz (fotones) durante fotosíntesis D: Almacenada en los compuestos orgánicos producidos durante fotosíntesis.

<p><b>¿Cuál libera energía? ¿Cuál almacena energía?</b></p>	<p>Balance neto, libera.</p>	<p>Balance neto, almacena</p>
<p><b>Considera cuáles de los siguientes conceptos lo describen: síntesis, degradación, oxidación, reducción, endergónico, exergónico</b></p>	<p>Degradación Oxidación Exergónico</p>	<p>Síntesis Reducción Endergónico</p>
<p><b>¿Qué organismos lo llevan a cabo?</b></p>	<p>Todos</p>	<p>Los autótrofos fotosintetizadores</p>
<p><b>¿Cómo están relacionados estos dos procesos?</b></p>	<p>Los resultados de la fotosíntesis se utilizan por la célula durante la respiración celular para obtener la energía necesaria para realizar todas sus funciones. Los organismos que realizan fotosíntesis son la base de la cadena alimentaria (de consumo de energía)</p>	

### Actividad de cierre. La experiencia de van Helmont

Uno de los investigadores que se interesó por establecer de qué se alimentaban las plantas y cómo explicar su crecimiento fue el investigador belga Jan Baptista van Helmont en 1648. El experimento consistió en plantar un pequeño sauce en una maceta. Van Helmont pesó el sauce y la tierra que había en la maceta. Regó rigurosamente y con abundante agua al sauce durante 5 años. Luego de 5 años volvió a pesar al sauce y a la tierra de la maceta.



El sauce había incrementado su peso en 75 kg., mientras que la tierra había disminuido su peso en aproximadamente 50 grs. Van Helmont explicó esta diferencia de peso **argumentando que las plantas se alimentaban solo de agua**, con la que formaban materia orgánica, puesto que era lo único, además de la tierra, con lo que la planta había estado en contacto durante esos cinco años que duró el experimento.

¿Estás de acuerdo con las conclusiones de van Helmont? ¿Cómo explicarías la diferencia en peso del sauce? ¿Cómo lo explicarías la diferencia en peso de la tierra de la maceta, te parece significativa la diferencia? Reúnete con los miembros de tu equipo y respondan las preguntas anteriores. Las respuestas serán discutidas en sesión plenaria.

#### Respuesta

Las conclusiones a las que arribó van Helmont no fueron correctas. El sauce no aumentó 75 Kg. a partir de sustancias extraídas del agua solamente, ni tampoco ese aumento de peso podía deberse a la incorporación de 75 Kg. de agua en la planta. La explicación correcta es que el sauce es un organismo autótrofo capaz de generar

su propio “alimento” o materia orgánica mediante el proceso de la fotosíntesis. Aunque sí es cierto que el agua es un elemento indispensable para la subsistencia del sauce ya que transporta nutrientes necesarios para la planta, la mayor parte de los 75 Kg. que aumentó el sauce en 5 años se explican con la absorción y fijación del CO<sub>2</sub>. El dióxido de carbono y el agua fueron utilizados en la síntesis de azúcares con los que además la planta pudo “fabricar” otros compuestos constitutivos de su propia masa.

La disminución de peso en la tierra es fundamental, ya que de la tierra la planta extrae las sales minerales con las que puede fabricar el resto de los componentes del organismo, a partir de los azúcares que se forman inicialmente.

## Glosario

**Fotosistema:** Conjunto de pigmentos y de otras moléculas presentes en la célula que convierten la energía luminosa en energía química.

**Fotosíntesis:** Proceso mediante el cual los organismos fotoautótrofos capturan la energía luminosa y la utilizan en la formación de ATP y NADPH para sintetizar azúcares a partir del CO<sub>2</sub> y el agua.

**Respiración celular:** Proceso metabólico mediante el cual los organismos degradan compuestos orgánicos para producir ATP en presencia de oxígeno. En la respiración anaeróbica el aceptor final de electrones NO es el oxígeno.

**Clorofila a:** Pigmento receptor de la energía requerida para iniciar la fotosíntesis en plantas y algas. Absorbe principalmente la luz roja y violeta y refleja o transmite la luz verde.

**Clorofila b:** Pigmento accesorio que absorbe principalmente la luz azul y naranja.

**Reacción exergónica:** Cualquier reacción química donde ocurre pérdida neta de energía (productos).

**Reacción endergónica:** Cualquier reacción química que requiere de un suministro neto de energía y convierte los reaccionantes en productos con mayor contenido energético. No es espontánea.

**Almidón:** Polisacárido formado por moléculas de glucosa. Las plantas almacenan gran parte de los productos de la fotosíntesis en forma de almidón.

**Glucosa:** Monosacárido producido por las plantas y otros organismos fotoautótrofos durante la fotosíntesis.

## BIBLIOGRAFÍA

Starr C. y R. Taggart (2011). Biology. The Unity and Diversity of Life. Thompson Brooks Cole. 11na Edición.

Perry, W. J., Morton, D y J. B. Perry ((2002).Laboratory manual for Biology, The Unity and Diversity of Life. Thompson Brooks Cole.