

## **Guía 4: METABOLISMO: FOTOSÍNTESIS**

Temas a desarrollar en la Guía N°4:

- Introducción
- Metabolismo
- Autótrofos vs Heterótrofos
- Fotosíntesis
- Actividad práctica
- Cuestionario de autoevaluación

### **.- INTRODUCCIÓN**

Los seres vivos son sistemas abiertos, es decir, intercambian materia y energía con el medio externo. Las sustancias (orgánicas e inorgánicas) que se incorporan a un organismo ingresan a una compleja sucesión de reacciones químicas dirigidas por enzimas, para obtener finalmente energía o construir sus propios compuestos más complejos. Según el resultado de dichas reacciones y su objetivo para la célula, podemos dividir los procesos en dos tipos:

- **Catabólicos** o procesos metabólicos degradativos
- **Anabólicos** o procesos metabólicos constructivos o de síntesis

### **.- METABOLISMO**

Podemos definirlo como el “conjunto de reacciones bioquímicas que le permiten a un organismo obtener y utilizar la energía y los compuestos necesarios para su desarrollo”.

Para mantenerse y desarrollarse, todo organismo necesita incorporar materias primas para fabricar su propia estructura y por lo tanto consume energía en la fabricación de esos nuevos compuestos.

Lo que un organismo necesita e intercambia con el medio es materia y energía. Veremos más adelante cómo buscan satisfacer ambos requerimientos.

#### **Procesos catabólicos:**

En ellos las moléculas orgánicas complejas son degradadas. Al romperse los enlaces entre sus componentes entregan parte de su energía química y producen moléculas más sencillas.

La respiración es la oxidación de moléculas orgánicas para obtener energía en forma de ATP (moléculas que pueden almacenar energía química). Podemos explicarlo brevemente de la siguiente manera: la glucosa es un monosacárido, una unidad simple de hidratos de carbono presentes en muchos alimentos, al ingresar al interior celular, la glucosa será respirada, es decir, será degradada en una serie de reacciones químicas catalizadas por enzimas en las que se consume el O<sub>2</sub> que tomamos del aire.

Al finalizar el proceso, gran parte de la energía liberada fue almacenada en moléculas de ATP y de la glucosa sólo quedan algunas moléculas de CO<sub>2</sub> el cual es un desecho metabólico que es liberado al exterior.

Por otro lado, algunas de las moléculas intermedias de toda la secuencia de degradación de la glucosa que quedan en la célula pueden ser utilizadas por ésta en otros procesos metabólicos de síntesis.

En resumen: los procesos catabólicos son los que proveen a la célula de la energía y las moléculas necesarias para cumplir sus funciones biológicas.

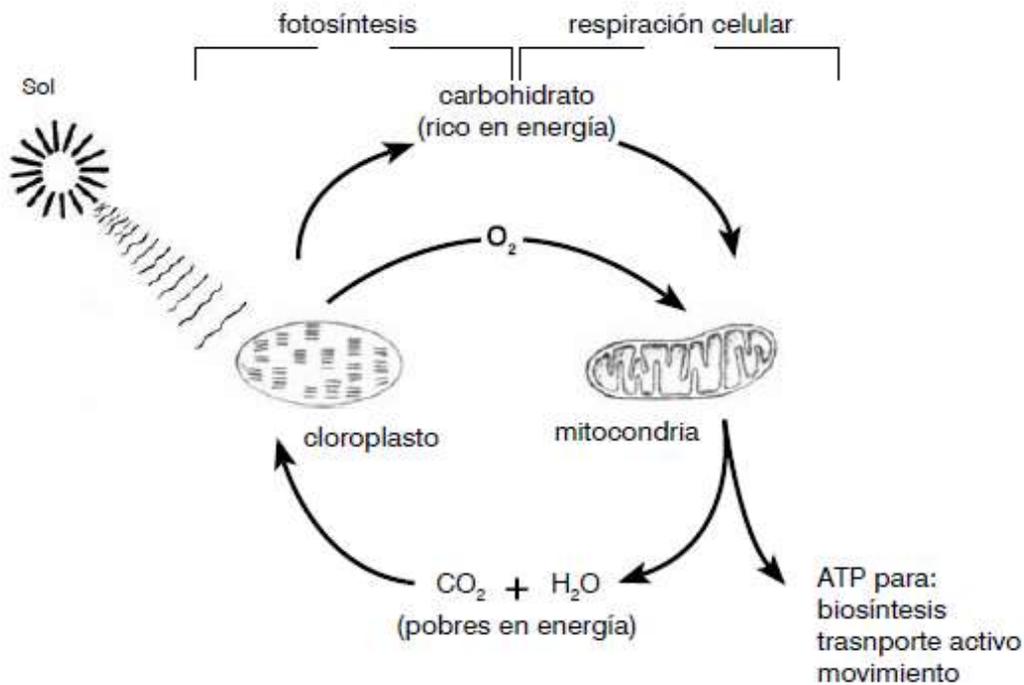
**Procesos anabólicos:**

Son la serie de reacciones en las que tiene lugar la síntesis de los componentes macromoleculares de las células, a partir de moléculas más sencillas. Este proceso siempre va acompañado de consumo de energía, la que se obtiene utilizando los ATP generados mediante el catabolismo. Así, las células reensamblan las piezas simples obtenidas por los procesos degradativos, sintetizando las sustancias que el organismo necesita para su existencia.

La fotosíntesis es un proceso anabólico mediante el cual la energía de la luz solar es captada por los organismos fotosintéticos (vegetales, algas) y almacenada en forma de enlaces químicos de compuestos orgánicos (por ejemplo glucosa, almidón).

Las células utilizan esa energía solar para combinar moléculas simples como el agua y CO<sub>2</sub>. Por eso decimos que las plantas cuando fotosintetizan consumen CO<sub>2</sub>. La molécula orgánica formada por este proceso es la glucosa.

Como resultado se almacenó la energía en forma de enlaces químicos y se obtuvo una molécula orgánica a partir de compuestos inorgánicos como el agua y el CO<sub>2</sub>. Como desecho de este proceso anabólico se libera O<sub>2</sub> al exterior



Se muestra el proceso fotosintético y el respiratorio como formando parte de un solo proceso general, que involucra reacciones catabólicas y anabólicas. Sin embargo, sólo en los organismos autótrofos se dan los dos procesos en el mismo organismo (Fuente: Álajati, 1997).

<b>Fotosíntesis</b>	<b>Respiración celular</b>
En los cloroplastos de las células vegetales (sólo en organismos autótrofos)	En mitocondrias de células eucariotas animales y vegetales
Energía + CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O (Sustratos)	Alimento + O <sub>2</sub> (Sustratos)
Alimentos + O <sub>2</sub> (Productos)	Energía + CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O (Productos)
Hidroliza el agua	Forma agua
Libera O <sub>2</sub>	Libera CO <sub>2</sub>
Necesita de la luz	Independiente de la luz
Reacción endergónica (consume energía)	Reacción exergónica (libera energía)

### - AUTÓTROFOS VERSUS HETERÓTROFOS

Al analizar las reacciones metabólicas, debemos considerar cuál es la fuente de carbono que incorporan los organismos y cuál es la fuente de energía. Si dejamos de pensar en una sola célula individual y lo hacemos en un organismo vivo, podemos tratar de clasificarlos en función de si son capaces de tomar o no energía y carbono de fuentes inorgánicas.

Consideremos en primer término la obtención de carbono.

Existen dos grandes fuentes de este elemento:

- inorgánica: el dióxido de carbono atmosférico
- orgánica: las moléculas orgánicas preformadas.

La utilización de carbono inorgánico para fabricar su propia estructura sólo puede ser llevada a cabo por organismos **autótrofos** (auto: propio, trofo: alimento: que elaboran moléculas orgánicas), mediante la fotosíntesis. Aunque en las plantas no todas las células fotosintetizan (por ejemplo las de la raíz no lo hacen), son consideradas como organismos autótrofos porque las moléculas de glucosa fabricadas en sus partes verdes mediante la fotosíntesis pueden proveer de carbono a la totalidad del individuo, mediante el transporte de la glucosa sintetizada.

En cambio, en los organismos **heterótrofos** la obtención de carbono se realiza exclusivamente a partir de moléculas orgánicas ya preformadas por otros organismos (hetero: ajeno; trofo: alimento), ninguna de sus células es capaz de utilizar carbono inorgánico para fabricar moléculas orgánicas.

Como ya consideramos las fuentes de carbono, veamos ahora el otro proceso metabólico básico, la obtención de energía.

Los organismos heterótrofos obtienen del ATP la energía que utilizan para la síntesis de sus moléculas. Ese ATP es producto de la degradación catabólica, como puede ser la respiración celular (que se realiza siempre en presencia de O<sub>2</sub>) o el proceso de fermentación (en ausencia de O<sub>2</sub>).

En los organismos autótrofos, la energía que utilizan en la síntesis de sus moléculas puede provenir de la captación de energía luminosa (en organismos fotosintéticos).

## .- FOTOSÍNTESIS

Las plantas, a diferencia de los animales, no requieren incorporar moléculas orgánicas alimenticias en la dieta, sino que son capaces de fabricar dichas moléculas a través de un proceso llamado **fotosíntesis**.

En este proceso metabólico, utilizan energía lumínica, y CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y sales minerales.

**Dióxido de carbono + Agua + Energía (luz) → Compuestos orgánicos + Oxígeno**

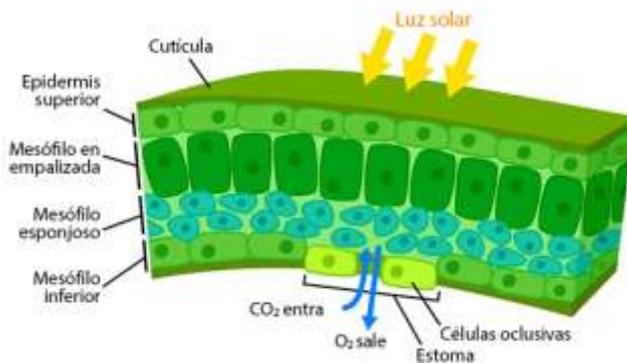


En las plantas verdes, el CO<sub>2</sub> llega a las células fotosintéticas a través de aberturas especializadas llamadas estomas.

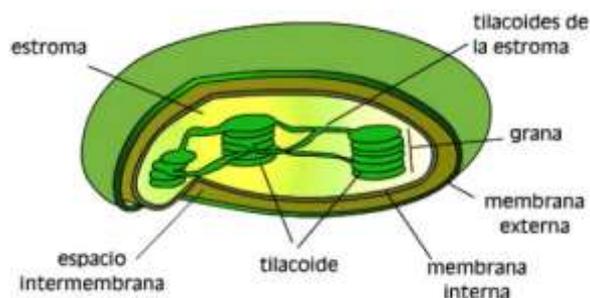
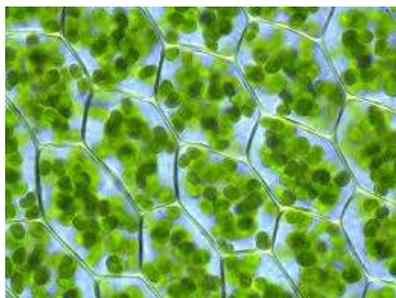
Así, durante la fotosíntesis las plantas son capaces de fabricar o sintetizar sus propias moléculas orgánicas a partir de sustancias inorgánicas simples (CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O) y una fuente de energía (luz del Sol). El término fotosíntesis de hecho significa literalmente "síntesis usando luz".

Este proceso sucede en unas organelas denominadas **cloroplastos** que contienen moléculas especializadas en absorber luz llamadas **pigmentos**. Los pigmentos y otras moléculas responsables de la captura de la luz están situados en una serie de membranas en el interior de los cloroplastos llamadas membranas tilacoides.

En las plantas, los pigmentos que intervienen en la fotosíntesis son principalmente unas moléculas llamadas clorofilas (pigmentos verdes responsables de la coloración característica de hojas y tallos). De esta manera, la clorofila juega un rol fundamental en la captación (o absorción) inicial de la energía proveniente de la luz. Luego, a través del proceso fotosintético, esta energía se transformará en energía química (energía almacenada en los enlaces químicos de las moléculas).

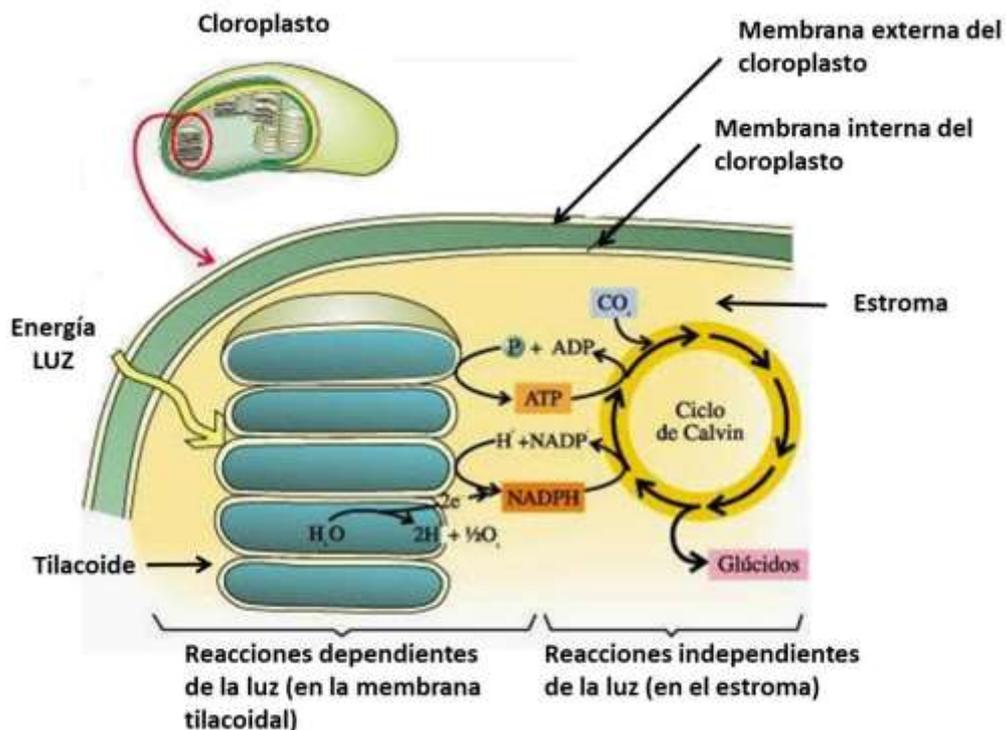


(Fuente: <https://askbiologist.asu.edu/plantas-c-a-m>  
<https://www.asturnatura.com/articulos/organulos-energeticos/cloroplastos-estructura-composicion.php>)



Esquema de la anatomía de la hoja. Células fotosintéticas con cloroplastos. Esquema de un cloroplasto.

La fotosíntesis es un proceso que se realiza en dos etapas: la inicial en presencia indispensable de la luz y la segunda que puede realizarse en presencia o ausencia de luz, etapa no fotodependiente. Ambas ocurren en el interior del cloroplasto. Los tejidos vegetales que poseen tales organelas, constituyen el parénquima clorofílico, que abunda en las hojas jóvenes y tallos herbáceos. La etapa lumínica, se realiza en las granas, en donde la energía proveniente del sol es capturada por los pigmentos allí presentes provocando el desprendimiento de electrones de éstas moléculas, quienes disocian de agua absorbidas por la planta. Este proceso de ruptura de la molécula de agua a partir de la luz se denomina fotólisis del agua. El Ciclo de Calvin o no fotodependiente, se lleva a cabo en la matriz del cloroplasto. Luego de diferentes procesos químicos el proceso concluye con la producción de sustancias de elevado potencial energético.



Esquema de un cloroplasto, una ampliación de un sector y las etapas de la fotosíntesis.

Fuente: <http://ejemplosyejerciciosde.blogspot.com/2014/07/preguntas-y-respuestas-metabolismo.html>

### Pigmentos

La fotosíntesis ocurre en organismos que poseen algún tipo de clorofila. La clorofila es un pigmento y pigmento es toda sustancia que absorbe luz.

La principal clorofila presente en todas las plantas superiores es la clorofila a, ésta es de color verde porque absorbe la luz roja y la azul y transmite la luz verde. Las propiedades de un pigmento se expresan por su espectro de absorción que indica el grado al que el pigmento absorbe la luz de diferentes longitudes de onda.

Existen varias clorofilas químicamente diferentes, que se distinguen por sus diferentes espectros de absorción.

¿Por qué los organismos tienen varias clases de clorofila que absorben luz a diferentes

longitudes de onda? La razón parece ser el permitir un uso más amplio de la energía del espectro electromagnético. Solo la energía de la luz que se absorbe, puede usarse para producir energía. Al tener más de una clorofila, más energía de la luz incidente estará disponible para el organismo.

Los pigmentos clorofílicos se ubican en estructuras membranosas laminares del cloroplasto llamados tilacoides. Dentro del tilacoide, las moléculas clorofílicas se asocian en complejos de 200 a 300 moléculas.

### Etapas de la fotosíntesis

La **fotosíntesis ocurre en dos etapas**, la *lumínica* donde básicamente se capta la energía lumínica y se transforma en energía química y la etapa de *fijación de carbono*.

**El proceso fotosintético comprende reacciones dependientes de la luz y reacciones de fijación de carbono:**

Básicamente, durante la **etapa lumínica**, la energía de la luz (absorbida por las clorofilas) es utilizada para producir moléculas portadoras de altos contenidos de energía química. Estas moléculas se identifican por sus siglas como ATP y NADPH, y participan en la producción de azúcares o alimentos en la segunda etapa. Además, durante esta etapa, las moléculas de agua se dividen/disocian (se rompen los enlaces O-H entre el oxígeno y el hidrógeno) y se liberan moléculas de oxígeno gaseoso.

Las reacciones químicas de la **etapa de fijación de carbono** completan el ciclo fotosintético. En su transcurso la energía contenida en las moléculas de ATP y en las NADPH es aprovechada por la célula fotosintética para elaborar diversas moléculas alimenticias con el CO<sub>2</sub> tomado del aire. Es justamente esta transformación del CO<sub>2</sub> atmosférico en un compuesto orgánico lo que se conoce como fijación del carbono.

Uno de productos orgánicos principales que resultan de las reacciones fotosintéticas son los llamados **hidratos de carbono** (o carbohidratos), moléculas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno.

Los hidratos de carbono representan la **principal fuente de energía de la célula** y son constituyentes importantes de la estructura de la misma. Estos hidratos de carbono comprenden diversos tipos de moléculas. Algunas son relativamente simples como la molécula de **glucosa** (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>), que tras producirse circula por los distintos tejidos de la planta. Otros hidratos de carbono son moléculas complejas, de mayor tamaño, como las del **almidón**, que se sintetizan a partir de la combinación de muchas moléculas de glucosa. Como verá más adelante el almidón será importante para el desarrollo de la actividad práctica propuesta en esta guía. El almidón es una **sustancia de reserva alimenticia** que se acumula y almacena en estructuras particulares dentro de las células de las hojas y otras partes de las plantas.

Adicionalmente, las plantas sintetizan otros tipos de moléculas orgánicas, como aminoácidos, lípidos (grasas), pigmentos, entre otros.

### **.- ACTIVIDAD PRÁCTICA**

Ahora realizaremos de manera “virtual” una experiencia que hacíamos en el aula, para ello les vamos a pedir que usen la imaginación.

Nosotros le vamos a mostrar como lo hicimos y ustedes tienen que ir pensando que es lo que va sucediendo en cada paso. (Recuerda que siempre estamos para sacarte dudas si las tienes).

### **EXPERIENCIA DEL LUGOL**

**Objetivo de la experiencia:** Comprobar la importancia de la luz en la síntesis de compuesto durante la fotosíntesis.

Materiales que utilizamos:

- 1 hoja de malvón
- 1 vaso de precipitado de 250 ml
- 1 vaso de precipitado de 1 litro con 300 ml de agua.
- 100 ml de alcohol
- 1 gotero con Lugol
- 1 mechero
- 1 trípode
- 1 tela de amianto
- 1 plato de plástico
- 1 pinza de disección
- 1 pipeta pasteur

**PASO 1:** Tapamos durante 15 días algunas hojas de una planta de malvón tal como se indica en la imagen N° 1



Imagen N° 1: Hoja de malvón parcialmente tapada durante 15 días

**PASO 2:** A los 15 días de haber tapado las hojas, tomamos una de estas hojas y la colocamos en un vaso de precipitado de 250ml. Luego le agregamos 100ml de alcohol y colocamos el vaso a baño María durante unos 35 minutos, dentro de un vaso de precipitado de 1 litro tal

como muestra en la imagen 2.



Imagen N° 2: Sistema de vasos de precipitados a baño maría

Nota: Colocarlo a baño maría significa que introducimos un vaso pequeño dentro de otro más grande, con agua entre ambos recipientes. De esta manera “calentamos” el líquido del recipiente más pequeño sin exponerlo a fuego directo.

Observaciones de este paso: La hoja se decolora tomando un color marrón claro, y el alcohol donde se hirvió la hoja se tornó de color verde.

**PASO 3:** Una vez transcurrido este tiempo, con ayuda de la pinza de disección retiramos la hoja de malvón del vaso con alcohol y la colocamos en un plato plástico.

**PASO 4:** Colocamos unas gotas de **Lugol** en la hoja de malvón y esperamos 15 minutos.

El Lugol es una disolución de yodo (yodo) en agua destilada que suele usarse como desinfectante.

El Lugol también se utiliza como **indicador** visual en la prueba de tinción con yodo. Dicha prueba sirve para identificar la presencia de hidratos de carbono complejos como el **almidón**. La prueba de tinción consiste en agregar Lugol a una muestra determinada para saber si ésta contiene o no almidón. ¿Cómo funciona?

El uso de Lugol como indicador se basa en el hecho de que el Lugol, que tiene un color naranja/amarronado, **cambia a un color azul negrozco en presencia de almidón.**

**PASO 5:** Observa el resultado en la siguiente imagen.



Imagen N°3: Resultado

Luego observa este video en el cual se demuestra lo probado en la experiencia anterior:

<https://drive.google.com/file/d/1ev--xq08ZbaSRnNdzaWs68VB7DEp5-fc/view?usp=sharing>

#### **.- CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN**

A continuación están los enlaces de dos videos que te pedimos que observes. El primero ha sido editado sin audio, el segundo describe el proceso de la fotosíntesis con mucho detalle, de este solo te pedimos que prestes atención a los conceptos generales.

<https://drive.google.com/file/d/1SIG1dOygTFPVzwwKla63MGqFBIS-WS0x/view?usp=sharing>

<https://drive.google.com/file/d/1dpwye8-E5Gs44UslwiaBmo6B4nuvoZlh/view?usp=sharing>

- 1.- Escribe la ecuación química correspondiente a la fotosíntesis y a la respiración, además mencione la organela donde se produce cada proceso.
- 2.- Describa brevemente, en términos del proceso de fotosíntesis, que observa en el video.
- 3.- ¿Cómo se nutren las plantas? Explica el término Autótrofo.
- 4.- ¿Qué compuestos químicos se requieren para que ocurra la fotosíntesis?
- 5.- ¿Qué se acumula/produce en la fase luminosa? ¿Qué sustancia se libera?
- 6.- Tache lo que no corresponda para que las oraciones del siguiente párrafo sean correctas:

**Las reacciones involucradas en la llamada fase o etapa luminosa (dependen/no dependen) dela luz. Esto quiere decir que dichas reacciones (no/sólo) tienen lugar**

cuando se iluminan las plantas. En otras palabras, la etapa luminosa (no puede/puede) ocurrir en ausencia de luz.

7.- Tache lo que no corresponda para dar sentido a los siguientes párrafos:

Al Ciclo de Calvin se le llama también '*etapa de fijación de carbono*'. Recibe este nombre porque en ella el ( $\text{CO}_2/\text{O}_2$ ) tomado del aire es transformado en diversos compuestos orgánicos dentro de las células fotosintéticas.

Las reacciones involucradas en esta etapa son (impulsadas/inhibidas) por los ~~productos~~ de las reacciones luminosas, completando el ciclo fotosintético. Dicho en otras palabras, las reacciones de la etapa de fijación de carbono (no requieren/requieren) directamente de la luz del sol para ocurrir, sino de los productos de las reacciones químicas de la fase luminosa.

Por este motivo, las reacciones de la etapa de fijación de carbono ocurren en condiciones de luminosidad y también de oscuridad.

8.- **INVESTIGA:** En relación a lo visto, ¿qué pasaría ahora si una hoja no recibe luz solar o artificial durante un tiempo prolongado? ¿Encontraremos igual cantidad de azúcares (sacarosa, almidón, etc.)?

9.- Imagine que toma una hoja y la coloca en alcohol y la somete durante unos minutos a un baño María tal y como se describe en el PASO 2(Experiencia del Lugol). Al concluir este proceso ¿qué no esperarías encontrar en dicha hoja?

10.- El alcohol donde se hirvió la hoja de malvón adquiere un color verde tras concluir el baño María, ¿a qué se debe esto?

11.- ¿Los cambios de coloración observados en la hoja, luego del agregado del Lugol, se deben a la presencia de que compuesto?

12.- Las diferencias observadas tras el agregado de Lugol se deben a que parte de la superficie de la hoja fue tapada y no recibió luz por unos días, por lo tanto podrías decir que:

Seleccione una:

- sin los productos de la fase luminosa las reacciones del Ciclo de Calvin se ven afectadas.
- sin luz no hay igual formación de almidón.
- el almidón inicial presente en la porción tapada de la hoja se ha degradado y consumido por respiración celular.
- todas las anteriores.
- ninguna de las anteriores.