

## Guía 4: RESPIRACIÓN CELULAR

En la presente guía profundizaremos sobre el proceso metabólico de respiración celular, uno de los procesos presentados en la clase general e introductoria "De la semilla a la plántula".

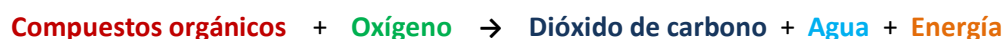
### Introducción

Todos los seres vivos necesitan energía para sobrevivir, crecer y reproducirse. Y en algunos aspectos, las plantas no son tan diferentes de nosotros. Aunque las plantas pueden producir azúcares utilizando la energía del sol, cuando necesitan energía para ciertas funciones como, por ejemplo, fabricar materiales celulares, transportar moléculas y crecer, tienen que metabolizar sus hidratos de carbono almacenados a través de la **respiración celular**.

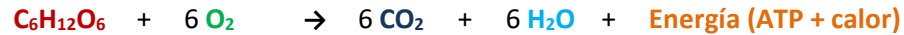
Como se vio en guías anteriores, después de que una semilla cae de una planta, generalmente entra en un período de reposo llamado dormancia o estado de latencia. Durante la dormancia, la semilla espera hasta que las condiciones sean las correctas y luego comienza la germinación. Algunas semillas tienen que esperar años antes de poder germinar. ¡Durante este tiempo, las semillas no pueden sintetizar su propia comida porque carecen de hojas! Recuerde que las hojas de las plantas son los órganos especializados principalmente en realizar la fotosíntesis. Por lo tanto, para que una semilla se mantenga viva y para que luego se desarrolle su embrión en una nueva planta, necesita usar las reservas de energía almacenadas y llevar a cabo la respiración celular. ¿Te has preguntado alguna vez por qué las semillas, como los frutos secos, tienen tantas calorías? La semilla usará esas calorías para sobrevivir durante la latencia y comenzar a germinar (recuerde el VIDEO 2 de la primera guía introductoria donde se ve especialmente como la reserva alimenticia del poroto se reduce y contrae de forma notable durante el desarrollo y crecimiento de la nueva planta).

En resumen, cuando las plantas usan (degradan) los componentes orgánicos almacenados en sus hojas o semillas, se lleva a cabo la respiración celular y como consecuencia de dicho proceso se genera energía. Una parte de esta energía que se libera en la respiración celular se almacena en las moléculas de ATP, que a pesar del insignificante espacio que ocupan permiten tener al alcance una gran cantidad de energía de fácil disponibilidad, de modo que pueda ser utilizada tan pronto y donde se la necesite (concretamente la energía se halla depositada en ciertas uniones químicas de la molécula de ATP, y se libera cuando estos enlaces se rompen).

Este proceso metabólico de la respiración celular, que como se mencionó la guía 1 ocurre en las mitocondrias de las células, comprende una serie compleja de varias reacciones químicas, pero puede resumirse bajo una única ecuación química general, recordémosla:



o, la ecuación general balanceada:



donde  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  = azúcar glucosa, combustible habitual de la células.

Basándonos en esta ecuación química, ¿cómo podríamos detectar o monitorear si el proceso está realmente ocurriendo, por ejemplo, dentro de una semilla?

Si le presta atención a la ecuación, podrá notar que hay distintas posibilidades que nos permitirían indirectamente verificar el desarrollo de la respiración celular y hasta medir el ritmo o velocidad con la ocurre. Por ejemplo, uno puede medir:

1. El consumo de  $\text{O}_2$  (¿Cuánto oxígeno en estado gaseoso es captado del aire y consumido en la respiración celular?)
2. La producción de  $\text{CO}_2$  (¿Cuánto dióxido de carbono en estado gaseoso es producido y liberado al aire en la respiración celular?)
3. La energía liberada en forma de calor durante la respiración celular.

## ACTIVIDAD PRÁCTICA

### PARTE 1: demostrando la respiración celular en muestras de semillas

Nosotros optaremos en esta actividad por realizar un diseño experimental sencillo que nos permitirá detectar si la respiración celular está realmente ocurriendo dentro de las semillas mediante la medición del  $\text{O}_2$  consumido por las mismas. Podremos comparar el comportamiento de semillas en estado germinativo y semillas en estado de dormancia.

**Aclaración:** Dada las dificultades actuales para efectuar prácticos en forma presencial, se describe a continuación el procedimiento previsto y se presentan luego resultados orientativos. El estudiante deberá interpretar estos resultados teniendo en cuenta los conceptos teóricos expuestos y proceder a contestar las preguntas de evaluación.

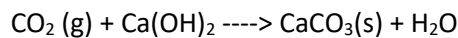
### Desarrollo experimental

¿Cómo detectar entonces los cambios en la cantidad de oxígeno consumido por las células de la semilla durante la respiración celular?

Aquí entra en juego el diseño experimental. Partiremos del hecho de que a medida que las semillas respiran, por cada molécula de oxígeno que reacciona se libera rápidamente una molécula de dióxido de carbono (ver reacción química balanceada más arriba). De esta manera, si

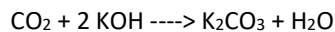
se dejaran simplemente algunas semillas en un recipiente sellado, al ocurrir la respiración celular, el dióxido de carbono gaseoso que escapa de las células iría reemplazando a las moléculas de O<sub>2</sub> y la presión del aire dentro del recipiente permanecería relativamente constante. (Recuerde que la presión es directamente proporcional al número total de moléculas *en estado gaseoso* que hay en el interior del recipiente que las contiene, por lo tanto, a mayor cantidad de moléculas en estado gaseoso contenidas dentro del recipiente, mayor sería la presión en su interior. Y si la cantidad de moléculas disminuye, la presión disminuiría de igual forma. Esto se cumple siempre y cuando el volumen de dicho recipiente no cambie y la temperatura sea constante).

Basándonos en lo anterior, para detectar la respiración celular, haremos uso de una sustancia llamada hidróxido de calcio –Ca(OH)<sub>2</sub>– que absorbe el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en el aire y lo convierte en carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) sólido acorde a la siguiente reacción química:

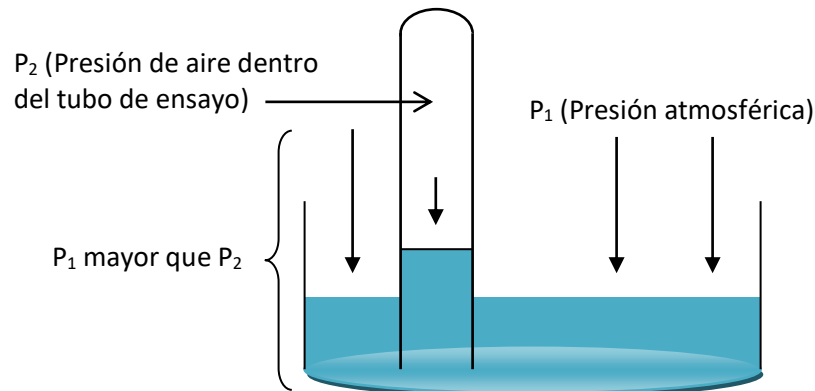


Así, si ahora tuviéramos Ca(OH)<sub>2</sub> y semillas dentro de un recipiente cerrado, cualquier CO<sub>2</sub> liberado por las células hacia el espacio de aire dentro de dicho recipiente sería eliminado de su interior al reaccionar con el Ca(OH)<sub>2</sub> presente.

Nota: El hidróxido de calcio puede reemplazarse por hidróxido de potasio (KOH), que de manera equivalente reacciona con el CO<sub>2</sub> gaseoso para formar carbonato de potasio sólido:



El **procedimiento básico** sería como se detalla a continuación: pondremos algunas semillas en un tubo de ensayo que contiene hidróxido de calcio e introduciremos un tapón de algodón dentro del tubo encima de las semillas. Luego colocaremos el tubo de ensayo boca abajo en un vaso de agua para que no pueda entrar aire nuevo en el tubo de ensayo. El hidróxido de calcio reaccionará con cualquier dióxido de carbono que se produzca y eliminará este gas del espacio de aire del tubo de ensayo. A medida que las semillas respiran, estas están consumiendo oxígeno y liberando dióxido de carbono, pero con este diseño experimental el dióxido de carbono gaseoso generado está siendo inmediatamente absorbido por el hidróxido de calcio y convertido en un sólido. Como resultado, el número de moléculas de gas en el tubo de ensayo sellado disminuye a medida que la semilla respira y la presión del aire en su interior cae progresivamente. El resultado es que el agua irá elevándose por el tubo de ensayo, succionada por la disminución de la presión en su interior. ¡Esto proporciona una indicación visible de que la respiración realmente está ocurriendo! (ver figura 1), y la altura del agua puede ser fácilmente medida con una regla y usada como indicador indirecto de la cantidad de respiración celular que ocurrió.



**Figura 1.** Explicando las fuerzas que causan que el agua ascienda en el tubo de ensayo. Si la presión fuera del tubo de ensayo (presión atmosférica) es mayor que la presión dentro del tubo de ensayo, el agua se elevará en el tubo de ensayo.

### Detalles del procedimiento experimental

#### Materiales:

- hidróxido de calcio
- semillas secas y semillas hidratadas el día anterior (por ejemplo porotos, arvejas)
- algodón
- vaso de precipitado de 100 ml
- tubos de ensayo de 25 ml
- regla
- agua
- colorante
- perlas plásticas o de vidrio
- banda elástica

#### Procedimiento:

1. Reúna los siguientes materiales provistos por el docente:

- 3 tubos de ensayo con hidróxido de calcio y un tapón ("bolita") de algodón. Necesitará un tubo de ensayo para cada muestra de semillas que quiera comparar ("tratamientos") y uno para un control que carecerá de semillas.
- Tapones de algodón (estos deberán ser de aproximadamente del mismo tamaño uno respecto del otro).
- Vaso de precipitados de 100 ml con 50 ml de agua coloreada (el color facilita su visualización).
- Regla.

2. Etiquete cada uno de sus tubos de ensayo según su comparación experimental (por ejemplo, semillas secas, semillas hidratadas, y control).

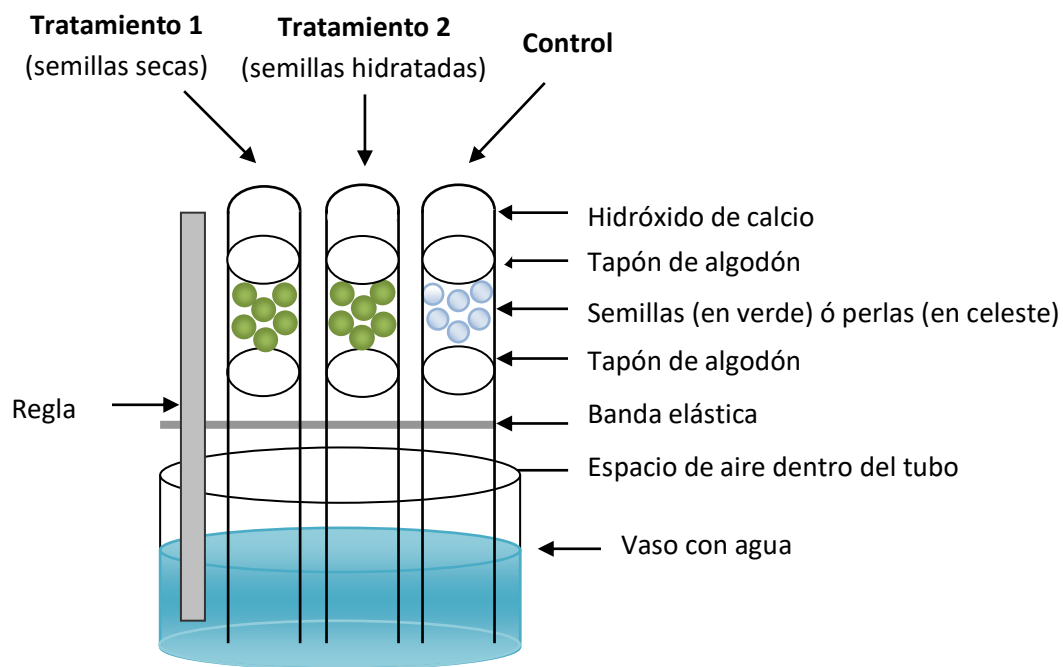
3. Agregue 6 semillas de un mismo tipo (arvejas ó porotos) a cada uno de sus tubos de ensayo a comparar de acuerdo al tratamiento que corresponda y agregue 6 perlas de vidrio o plástico en el tubo de control.

Aclaración: el uso de un tubo control en el experimento se emplea para comparar resultados con los otros dos tubos y corroborar si los cambios observados son realmente debidos a la presencia de semillas, y descartar o identificar cualquier variación debida a posibles cambios ambientales de temperatura o presión durante el experimento que podrían afectar los resultados.

La adición de perlas plásticas o de vidrio de un tamaño similar a las semillas empleadas tiene como fin procurar que el volumen inicial de aire dentro de los tres tubos de ensayo difiera lo menos posible entre ellos.

4. A continuación, agregue una capa (bolita) de algodón y asegúrese de que permanezca en su lugar al voltear el tubo de ensayo "boca abajo".

5. Voltee los tubos de ensayo en un vaso de precipitados con agua coloreada. Asegúrese de que el nivel de agua en cada tubo de ensayo sea idéntico al comienzo del experimento (ver figura 2).



**Figura 2.** Diagrama del protocolo a seguir para medir la respiración celular en muestras de semillas.

6. Mida y registre la altura inicial del agua en cada uno de los tubos de ensayo.
7. Cuando esté por concluir la clase, mida la altura del agua en cada tubo de ensayo. Registre la altura en la tabla de datos (ver Anexo: resultados).
8. A la altura del agua registrada en los tubos de ensayo con semillas, réstele la altura registrada en el tubo de control. Registrar el resultado.
9. La diferencia en la altura del agua indica el grado en que respiraban las semillas.
10. Piense en sus resultados y responda las preguntas de análisis.

### **Anexo: Resultados**

<b>Respiración de semillas: tratamientos experimentales y resultados</b>				
<b>Descripción de cada tratamiento</b>			<b>Medidas</b>	
<b>Tratamiento</b>	<b>Tipo de semilla (poroto, arveja)</b>	<b>Condiciones ambientales (luz, temperatura)</b>	<b>Altura final del agua en el tubo (cm)</b>	<b>Diferencia de altura entre el control y el tratamiento (cm)</b>
1. Semillas secas	Poroto	Soleado, temperatura ambiente (24 °C) , ubicado cerca de una ventana	1 cm	0,3 cm
2. Semillas hidratadas	Poroto		1,9 cm	1,2 cm
3. Control	Perlas de vidrio		0,7 cm	-----

## **PARTE 2: análisis de resultados**

**Leer atentamente y responder el cuestionario** (Intente ser preciso en las respuestas contestando sólo lo que se pide, y elabore con sus propias palabras).

1) En base a los resultados obtenidos en el experimento, tache lo que no corresponda entre paréntesis para dar sentido a la frase.

- Las semillas secas empleadas son semillas (vivas/muertas)
- Las semillas secas empleadas son (semillas germinantes/no germinantes)
- Las semillas hidratadas empleadas son semillas (germinantes/no germinantes)
- Las semillas no germinantes (no realizan/realizan) respiración celular.

2) ¿Cómo difieren las necesidades energéticas entre una semilla no germinante y una semilla germinante? Explique.

3) En el diseño experimental propuesto, ¿qué causa que el agua suba en el tubo de ensayo?

4) ¿En qué tubo de ensayo el agua aumentó más? ¿Cómo se relaciona esto con la velocidad respiratoria y el consumo de  $O_2$ ?

5) Partiendo de los resultados numéricos registrados al concluir el experimento (ver tabla de resultados), se puede decir que la velocidad media de consumo de  $O_2$  del grupo de semillas del tratamiento 2, en relación a la velocidad de las semillas del tratamiento 1, es:

- a) aproximadamente 2 veces mayor
- b) unas 4 veces mayor
- c) imposible de cuantificar con los datos provistos

6) Explique con sus palabras cuál es el propósito del  $Ca(OH)_2$  en el experimento y que complicaciones surgirían si no se lo emplea.