

## **Guía 2: VELOCIDAD DE HIDRATACIÓN DE SEMILLAS**

Temas a desarrollar en la Guía N°2:

- Introducción
- Fases de la germinación
- Control de la germinación
- Actividad práctica
- Cuestionario de autoevaluación

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

### **.- INTRODUCCIÓN**

Como habíamos visto, la semilla consiste en el embrión latente que formará una nueva planta, su alimento de reserva y una cubierta externa protectora que protege a ambos. Durante las últimas etapas de su formación la semilla pierde agua, es decir, se deshidrata. Como consecuencia, el contenido de agua se reduce de manera importante hasta representar sólo entre un 5 y 15% de su peso total aproximadamente. Es en este momento cuando el embrión, rodeado por la reserva alimenticia, entra en el estado de latencia o **dormancia** (que significa "dormir" en latín) durante el cual el metabolismo de la semilla prácticamente se detiene.

Este estado de dormancia iniciado por la deshidratación de la semilla tiene la función evolutiva de aumentar las posibilidades de supervivencia de la joven plántula desarrollada a partir del embrión. Esto se debe a que dicho estado sólo se interrumpe cuando las condiciones ambientales son óptimas para el desarrollo del embrión en una nueva planta, es decir para la germinación. Estas condiciones ambientales varían según la especie de planta y pueden ser por ejemplo, períodos con ciertas condiciones específicas de temperatura o de luminosidad.

El **proceso clave para desencadenar la germinación**, una vez dadas las condiciones ambientales necesarias específicas para cada planta, se conoce como **imbibición o hidratación** y consiste en la captación o absorción de agua por parte de los tejidos secos de la semilla. Es justamente esta hidratación lo que reactiva las diferentes reacciones químicas del metabolismo de la semilla implicadas en el desarrollo y crecimiento del embrión para transformarse en plántula.

### **.- FASES DE LA GERMINACIÓN**

#### **Fase de Imbibición**

La primera etapa de la germinación se inicia con la entrada de agua en la semilla desde el medio exterior (imbibición). La hidratación de los tejidos de la semilla es un proceso físico con una duración

Consultas: [ingreso.biologia.fcen@gmail.com](mailto:ingreso.biologia.fcen@gmail.com)

variable según la especie considerada. Así, las semillas de arveja (*Pisum sativum*) apenas se imbiben durante las tres primeras horas, mientras que en apio (*Apium graveolens*) la entrada de agua se completa en unos 30 minutos. En otras especies, como es el caso de muchas leguminosas, la entrada de agua está dificultada por las cubiertas seminales, siendo necesario que éstas se alteren mecánicamente para que la imbibición tenga lugar.

Una vez que la semilla se ha hidratado, comienzan a activarse toda una serie de procesos metabólicos que son esenciales para que tengan lugar las siguientes etapas de la germinación.

Otros factores que pueden influir en esta etapa de la germinación son: la falta de suficiente agua (déficit hídrico), el exceso de agua, la velocidad de hidratación o la temperatura a la que tiene lugar la imbibición.

La sensibilidad de las semillas a la falta de agua (déficit hídrico) es variable según la especie. No obstante, la velocidad de germinación suele ser menor cuando la semilla ha estado sometida a déficit hídrico; igualmente se ha observado que en estas circunstancias las semillas son más susceptibles a las infecciones por hongos.

Un exceso de agua también puede llegar a ser desfavorable al dificultar la llegada de oxígeno al embrión. Por ello algunas especies impiden la germinación, en presencia de un exceso de agua, generando una capa de mucílago que dificulta la entrada de suficiente oxígeno como para que se inicie la germinación.

### **Fase de Actividad Fisiológica**

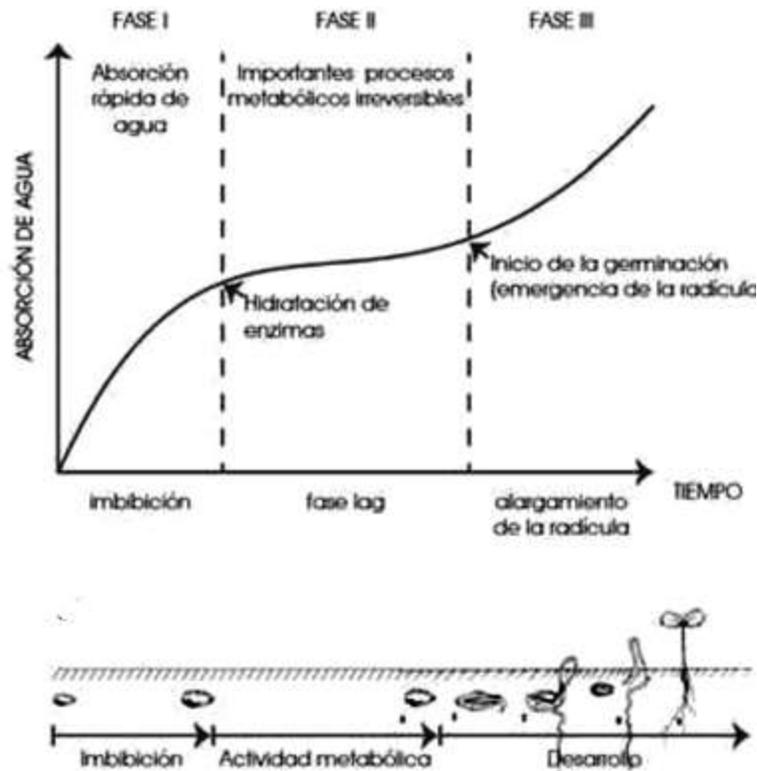
Una vez que la semilla se ha hidratado adecuadamente, se entra en una segunda etapa del proceso de germinación, que se caracteriza, porque se produce una disminución en la absorción de agua por las semillas. Durante esta etapa tiene lugar una activación generalizada del metabolismo de la semilla, lo cual es esencial para que se desarrolle la última fase del proceso de germinación, la fase de crecimiento.

### **Fase de crecimiento**

En esta última fase de la germinación, paralelamente al incremento de la actividad metabólica, se produce el crecimiento y emergencia de la radícula a través de las cubiertas seminales.

Las semillas que han alcanzado la fase de crecimiento no pueden volver a etapas anteriores y en el caso de que las condiciones del medio no permitan que esta fase pueda seguir adelante, la semilla morirá.

Una vez que la radícula ha roto las cubiertas seminales, se inicia el desarrollo de la plántula, proceso complejo y variable según las especies, que implica un elevado gasto de energía que se obtiene mediante la movilización de las reservas nutritivas de la semilla.



## .- CONTROL DE LA GERMINACIÓN

La germinación de las semillas no durmientes implica, en primer lugar, la hidratación de sus tejidos, paso previo para que la germinación pueda continuar siempre que las condiciones de temperatura, aporte de oxígeno e iluminación sean las adecuadas.

### **Agua**

La entrada de agua a las semillas es un proceso físico que se produce por capilaridad a través de las cubiertas seminales. Para ello el agua debe encontrarse disponible en el suelo.

La existencia de un exceso o déficit de agua impide, por regla general, la germinación de las semillas, o por lo menos afecta negativamente a los porcentajes finales de germinación. La situación de estrés hídrico es superada, en algunas especies, mediante el desarrollo de mecanismos adaptativos que les permiten establecerse en esas condiciones adversas. Entre estos mecanismos destaca la producción de semillas con abundantes reservas que posibilitan la germinación en zonas profundas del suelo donde la humedad es mayor.

### **Oxígeno**

El oxígeno llega al embrión disuelto en el agua de imbibición y desde el aire del suelo, siendo imprescindible para que la germinación pueda tener lugar. Sólo, excepcionalmente, las semillas de algunas especies, sobre todo de plantas acuáticas, pueden llegar a germinar con bajas concentraciones de oxígeno.

La entrada de oxígeno a la semilla puede estar interferida por la presencia en las cubiertas seminales

de compuestos químicos (fenoles) o estructuras especializadas (capa de mucílago). Asimismo, las altas temperaturas, que disminuyen la solubilidad del oxígeno en el agua, pueden dificultar la entrada del oxígeno y por tanto la germinación.

### **Temperatura**

Para cada especie existe un rango de temperaturas dentro del cual puede tener lugar la germinación de sus semillas. Este rango queda definido por una temperatura máxima y una temperatura mínima para la germinación; considerándose como temperatura óptima de germinación, la temperatura, dentro del intervalo, más idónea para obtener el mayor porcentaje de semillas germinadas en el menor tiempo posible. Un rango de temperaturas habitual para especies de zonas templadas es el comprendido entre 5 y 25 °C. No obstante el rango de temperaturas en el cual germinan las semillas de una especie puede variar en función de distintos factores, como son la variedad y el origen geográfico.

El control de la germinación por la temperatura permite asegurar que la semilla sólo germinará cuando las condiciones ambientales sean las más adecuadas. Así, las especies de verano germinan a temperaturas más elevadas que las especies de invierno.

### **Iluminación**

El efecto que las condiciones de iluminación tienen sobre las semillas permite clasificar a éstas en tres categorías:

- Semillas con fotosensibilidad positiva. Son semillas que germinan preferentemente bajo iluminación.
- Semillas con fotosensibilidad negativa. Son semillas que germinan preferentemente en oscuridad, mientras que la iluminación inhibe su germinación.
- Semillas no fotosensibles. Son semillas que germinan independientemente de las condiciones de iluminación.

Así, en las especies cuyas semillas se incluyen en la primera categoría (fotosensibilidad positiva), la germinación no tiene lugar si están profundamente enterradas (por ej. la lechuga). En estas especies, la germinación no tiene lugar hasta que no se sitúan cerca de la superficie del suelo, ya sea por causas naturales o por el laboreo.

En especies con semillas que presentan fotosensibilidad negativa ocurre todo lo contrario, las semillas para germinar deben situarse a cierta distancia de la superficie del suelo para protegerse del efecto inhibitorio de la luz blanca.

### **.- ACTIVIDAD PRÁCTICA**

En esta actividad práctica estudiaremos y compararemos la velocidad con la que ocurre el proceso de hidratación en dos variedades (especies) de semillas distintas. Esto lo haremos colocando distintas muestras de semillas en condiciones de exceso de agua y viendo cómo cambia el peso de las mismas con el paso del tiempo de acuerdo a la cantidad de agua que estén captando las semillas y en a dos temperaturas diferentes.

Este proceder representa una forma indirecta de medir la cantidad de moléculas de agua que se mueven hacia el interior de las semillas, ya que no las contabilizamos directamente sino que medimos el cambio de masa que experimentan las semillas. Note que para que esto último sea válido y pueda llevarse a la práctica, estamos asumiendo y debemos garantizar que la cantidad total de agua que se mueve e ingresa en las muestras de semillas es suficientemente grande como para ser detectado y medido con un instrumento como una balanza.

Tenga presente y recuerde que este proceso de hidratación, que produce una transferencia de masa de un lugar a otro, está ocurriendo a escala molecular. Estamos hablando de moléculas individuales de agua, compuestas de tan sólo 3 átomos y ¡con un peso real de 0,00000000000000000000003 gramos!, las que están moviéndose/trasladándose hacia el interior de las semillas.

**ACLARACIÓN:** Dadas las dificultades actuales para efectuar prácticos en forma presencial, se detalla a continuación el procedimiento previsto para realizar la experiencia, pero se le facilitarán los resultados para su análisis. De esta manera el estudiante podrá completar la totalidad de las actividades de la experiencia práctica, y luego deberá interpretar los resultados y proceder a contestar las preguntas de evaluación.

## PARTE 1

### Guía para el desarrollo de la actividad práctica.

Materiales: garbanzos secos, porotos secos, servilletas, vasos plásticos transparentes de 250 ml, cucharas soperas, agua, balanza, cronómetro.

1) Preparar las siguientes cuatro muestras de semillas:

**Muestra 1:** 30 g (gramos) de garbanzos. (La denominaremos **G30**)

**Muestra 2:** 30 g de porotos (**P30**)

**Muestra 3:** 14 g de garbanzos (**G14**)

**Muestra 4:** 14 g de porotos (**P14**)

Para ello deberá tomar semillas de las dos especies y pesar en la balanza 14 o 30 g según se indica en cada muestra. Colocar cada muestra en un vaso de plástico transparente etiquetado correctamente (por ejemplo, "G14"). Si coloca las semillas dentro del vaso para pesarlas, no olvide tarar el vaso.

2) Agregar agua a temperatura ambiente hasta un poco antes de llenar cada vaso.

3) Cada 30 minutos, retirar rápidamente con una cuchara los garbanzos y porotos de los vasos. Luego secar con suavidad cada muestra con papel absorbente limpio y seco de manera de

eliminar el agua que queda en la cubierta de las semillas.

4) Pesar el conjunto de semillas de cada muestra y registrar cada medición (recuerde tarar el vaso que contiene las semillas antes de reintroducirlas en el mismo!)

5) Agregar nuevamente al vaso con semillas el agua que tenía inicialmente y reiniciar el recuento de tiempo.

6) Repetir el procedimiento hasta alcanzar al menos 5 mediciones en cada una de las muestras.

7-a) Analizar la siguiente fórmula para calcular la Absorción de Agua (AA):

$$AA(t) = \frac{(\text{masa } G)_t - (\text{masa } G)_0}{(\text{masa } G)_0}$$

donde:

$G$  se refiere a garbanzos (cuando se trabaje con porotos, será "P" por porotos en lugar de "G").

$(\text{masa } G)_0$  es la masa de garbanzos de la muestra seca inicial (es decir, a tiempo  $t = 0$  min), y

$(\text{masa } G)_t$  es la masa de garbanzos pesada en un tiempo  $t$  posterior al inicial (es decir, a los 30, 60, 90, 120, 150 minutos, etc).

Así, la cantidad  $(\text{masa } G)_0$  representa un valor constante e invariable que equivale a 30 o 14 gramos según el caso, es decir a la masa inicial de las muestras, mientras que  $(\text{masa } G)$  es una cantidad variable.

Supongamos que queremos calcular la absorción de agua AA de la muestra G14 tras 30 minutos de hidratación (es decir a  $t = 30$ ), entonces tendremos:

$$AA(t = 30) = \frac{(\text{masa } G)_{30} - (\text{masa } G)_0}{(\text{masa } G)_0} = \frac{(\text{masa } G)_{30} - 14 \text{ g}}{14 \text{ g}}$$

Si al pesar la muestra de garbanzos G14 luego de 30 minutos en el agua, su peso asciende, por ejemplo, a 20 gramos, entonces  $(\text{masa } G)_{30} = 20 \text{ g}$ , y

$$AA(t) = \frac{20 \text{ g} - 14 \text{ g}}{14 \text{ g}} = \frac{6 \text{ g}}{14 \text{ g}} = 0,43$$

Nótese que el resultado de AA es simplemente un número, no tiene unidad física asociada. Esto es así porque se están dividiendo dos cantidades en gramos (el agua absorbida y la masa inicial de la muestra), y el resultado puede interpretarse como una simple proporción entre ellas.

Concretamente la **interpretación del resultado de AA(t)** sería que el conjunto total de semillas, en este ejemplo, la muestra G14, experimentó un aumento de masa equivalente a 0,43 veces su

masa inicial, debido al agua absorbida por las semillas en el periodo mencionado.

7-b) Con los resultados de las pesadas registrados durante la actividad (ver Anexo: resultados, al concluir la guía), calcular la absorción de agua (AA) y completar la siguiente tabla utilizando los resultados correspondientes a la columna "Temperatura Ambiente":

	<b>G30</b>	<b>G14</b>	<b>P30</b>	<b>P14</b>
Tiempo (min)	AA	AA	AA	AA
0				
30				
60				
90				
120				
180				
240				
300				

8-a) En las tablas de resultados provistas en el Anexo verá una columna con las masas obtenidas al realizar la misma experiencia de hidratación pero a una temperatura de unos 5 °C (concretamente se dejaron las muestras con agua dentro de una heladera). Con dichos valores realizar los cálculos de Absorción de Agua para cada caso de manera similar a lo realizado en 7-b.

8-b) Tabular los resultados para cada muestra en una tabla como la siguiente para ordenar y comparar los mismos con facilidad.

<b>Muestra x</b>		
	<b>Temperatura ambiente</b>	<b>Temperatura de heladera</b>
Tiempo (min)	$AA(t)$	$AA(t)$
0		
30		
60		
90		
120		
180		
240		
300		

**Anexo: Resultados**

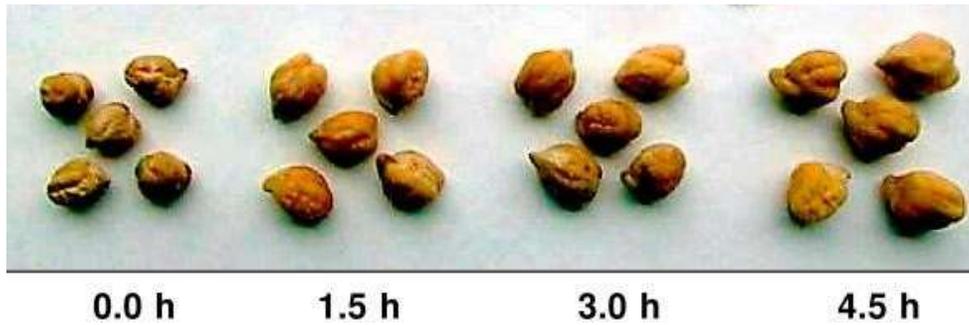


Figura: Apariencia de cinco garbanzos luego de diferentes tiempos de hidratación en agua a temperatura ambiente.

La temperatura ambiente del experimento fue de 24,5 ° C

Muestra G30		
	Temperatura ambiente	Temperatura de heladera
Tiempo (min)	(masaG) <sub>t</sub> (en gramos)	(masaG) <sub>t</sub> (en gramos)
0	30	30
30	40	38
60	43	40
90	46	42
120	48	43
180	51	46
240	55	48
300	57	49

Muestra P30		
	Temperatura ambiente	Temperatura de heladera
Tiempo (min)	(masaP) <sub>t</sub> (en gramos)	(masaP) <sub>t</sub> (en gramos)
0	30	30
30	31	31
60	31	32
90	34	33
120	35	34
180	38	35
240	42	37
300	46	39

Muestra G14		
	Temperatura ambiente	Temperatura de heladera
Tiempo (min)	(masaG) <sub>t</sub> (en gramos)	(masaG) <sub>t</sub> (en gramos)
0	14	14
30	19	18
60	20	20
90	21	21
120	23	21
180	24	22
240	26	23
300	27	24

Muestra P14		
	Temperatura ambiente	Temperatura de heladera
Tiempo (min)	(masaP) <sub>t</sub> (en gramos)	(masaP) <sub>t</sub> (en gramos)
0	14	14
30	14	14
60	15	15
90	16	15
120	16	16
180	18	16
240	20	17
300	21	18

## PARTE 2: análisis de resultados

### Cuestionario de Autoevaluación

Leer atentamente y responder el cuestionario:

Este cuestionario le servirá para controlar como ha sido el aprendizaje del tema. Luego de entender, estudiar y resolver este cuestionario, estará en condiciones de resolver el cuestionario evaluativo de la Guía en la plataforma Moodle.

**Tenga en cuenta que para resolver el cuestionario de la plataforma Moodle, solo tiene un intento (una sola posibilidad de resolverlo) y un tiempo de 90 minutos que comienza a correr cuando inicia el cuestionario.**

- 1) Completar las tablas de los puntos 7-b y 8-b de la Parte 1 esta guía.
- 2) Graficar AA en relación al tiempo comparando la muestra G30 con P30 y G14 con P14. (La variable tiempo se grafica en el eje horizontal y AA en el eje vertical)

- 3) Graficar los resultados de las tablas del punto 8-b para las muestras G30 y P30. Deberán quedar 2 gráficos de AA versus tiempo (uno para cada muestra), mostrando las curvas correspondientes para cada temperatura.
- 4) En la fórmula de AA: ¿qué representa la cantidad obtenida tras realizar la resta (masa G) – (masa G)<sub>0</sub> y qué vinculación tiene con el agua?
- 5) Tomando como ejemplo los resultados obtenidos en G30 y P30 a temperatura ambiente, ¿cuántos gramos de agua incorporaron ambas muestras durante los primeros 30 minutos?
- 6) En la pregunta anterior indicó cuántos gramos de agua incorporaron las muestras G30 y P30 durante los primeros 30 minutos. Indique ahora para cada una de dichas muestras, a cuánto equivalen esas cantidades si las expresa como gramos de agua incorporados por minuto.
- 7) Tenga en cuenta ahora sólo los resultados de G30 a temperatura ambiente y compare la velocidad de hidratación de los primeros 30 minutos con la de los últimos 60 minutos (240 a 300 min). ¿La velocidad de hidratación promedio durante estos últimos 60 minutos es igual, mayor o menor que la velocidad de la media hora inicial?
- 8) Si tuviese ahora que determinar la velocidad media de aumento de masa que experimenta la muestra G14, diría que esta es:

Seleccione una:

- aproximadamente el doble que la de la muestra G30
- aproximadamente la mitad que la de la muestra G30
- la misma que la de la muestra G30