



Germinación

Orígen y desarrollo de la semilla. Interacciones hormonales.

El proceso de la germinación. Factores que la afectan.

Longevidad y **viabilidad de las semillas**. Poder y energía germinativa. Bancos de germoplasma. Reposo: dormición y quiescencia. **Mecanismos de dormición: coberturas, inhibidores**. Embriones inmaduros. **Semillas fotoblásticas**.

La semilla como unidad de dispersión y supervivencia



- Es el óvulo fecundado y maduro.
- Origina un individuo, **perpetuando y multiplicando la especie, diseminando** y pasando **época desfavorable** en estado de semilla latente.
- Partes constitutivas:
 - Embrión,**
 - Reservas** (endosperma – perisperma – cotiledones – macro-prótalo)
 - Cubierta seminal** o tegumentos.

SEMILLAS VIVÍPARAS

Las semillas no presentan dormición primaria y exhiben germinación precoz.

La semilla madura y germina estando unida a la planta.

Ejemplo: manglar rojo (*Rhizophora mangle*).



Semillas ortodoxas

- **Semillas tolerantes a la desecación, debido a la gran acumulación de sacarosa y otros azúcares, cuya función es mantener la integridad de las membranas durante la deshidratación**

Se dispersan y conservan luego de alcanzar un bajo % de humedad

Semillas recalcitrantes

- **No toleran la desecación, estas semillas no se desecan al madurar y no experimentan reducción del metabolismo celular. Este tipo de semillas es muy común en los trópicos.**

- sensibles a la desecación
- Se dispersan junto con los tejidos del fruto (carnoso) con altos contenidos de humedad

Almacenamiento de las semillas.

- **Semillas Ortodoxas:** pueden ser desecadas hasta 5 a 2% de Humedad sin riesgo de ser dañadas.
- Almacenamiento: 5% humedad y -18 °C.
- Mayoría de las especies cultivadas.

- **Semillas Recalcitrantes:** no pueden ser desecadas por debajo de un contenido alto de humedad.
- La mayoría muere cuando su contenido de humedad es del 16 al 30% del Peso Fresco.
Nuez de Brasil- caoba- araucaria- sándalo- palma-maitén, roble, anacahuita, ingá

- **Semillas Intermedias:** tienen cierta sensibilidad a la desecación hasta 7 a 10% del Peso Fresco.
Almacenamiento 10 años a 10% de humedad y 20 °C.
Café, papaya.

GERMINACION



- La **germinación** es el regreso a la vida activa de un embrión que se hallaba en reposo.
- Comienza con la **absorción de agua** por la semilla (Imbibición) y culmina con la **emergencia de la radícula** a través del tegumento.
- Entre la etapa de embriogénesis (proceso de formación del embrión) y la germinación hay un periodo de relativa inactividad llamado **LETARGO**
 - o **REPOSO:**
 - DORMICIÓN
 - QUIESCENCIA

QUIESCENCIA

La semilla no germina
porque las condiciones
ambientales son
adversas

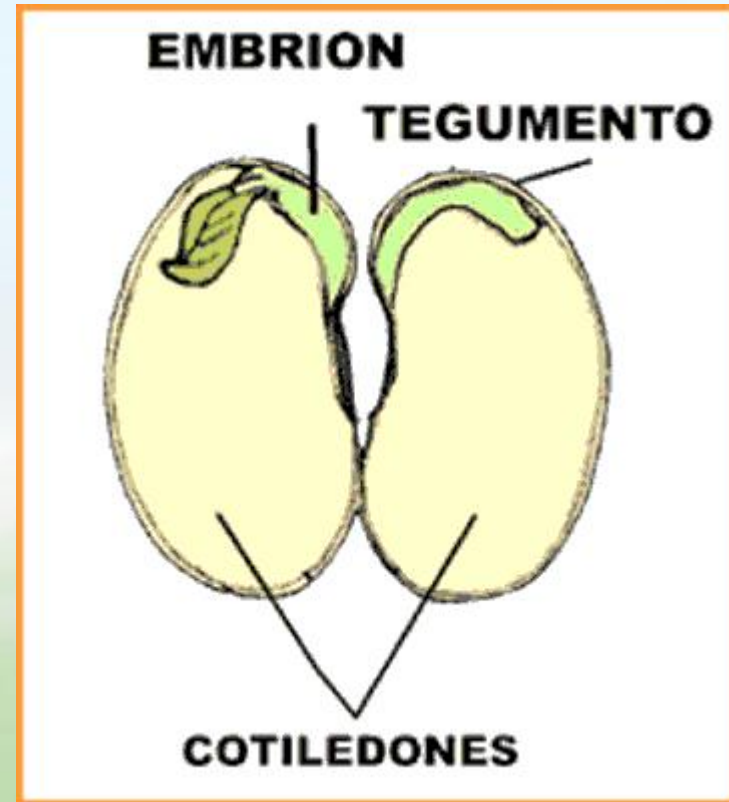
Humedad

Temperatura

O₂

Exposición a la luz (sólo
algunas semillas):

fotoblastismo



$$\text{FLUJO DE AGUA} = \frac{Y_{\text{semilla}} - Y_{\text{suelo}}}{i_s + I + i_t}$$

El potencial agua de una semilla seca está determinado por el potencial mátrico

i_s = impedancia interna de la matriz del suelo

I = impedancia externa (grado de contacto de la semilla con el suelo)

i_t = impedancia interna de la semilla (incluye los tegumentos, importante en semillas duras o con cubiertas impermeables)

Factores externos.

Temperatura

Las temperaturas compatibles de germinación varían entre las especies.

Especies tropicales germinan a temperaturas elevadas, superiores a 25 °C.

Especies de zonas frías germinan a bajas temperaturas (5 a 15 °C). Ej:
Fagus sylvatica (haya), *Trifolium repens* (trébol).

En la región mediterránea, las temperaturas más adecuadas para la germinación son de 15 a 20 °C.

La alternancia térmica entre día-noche actúa positivamente sobre las etapas de la germinación.

Factores externos

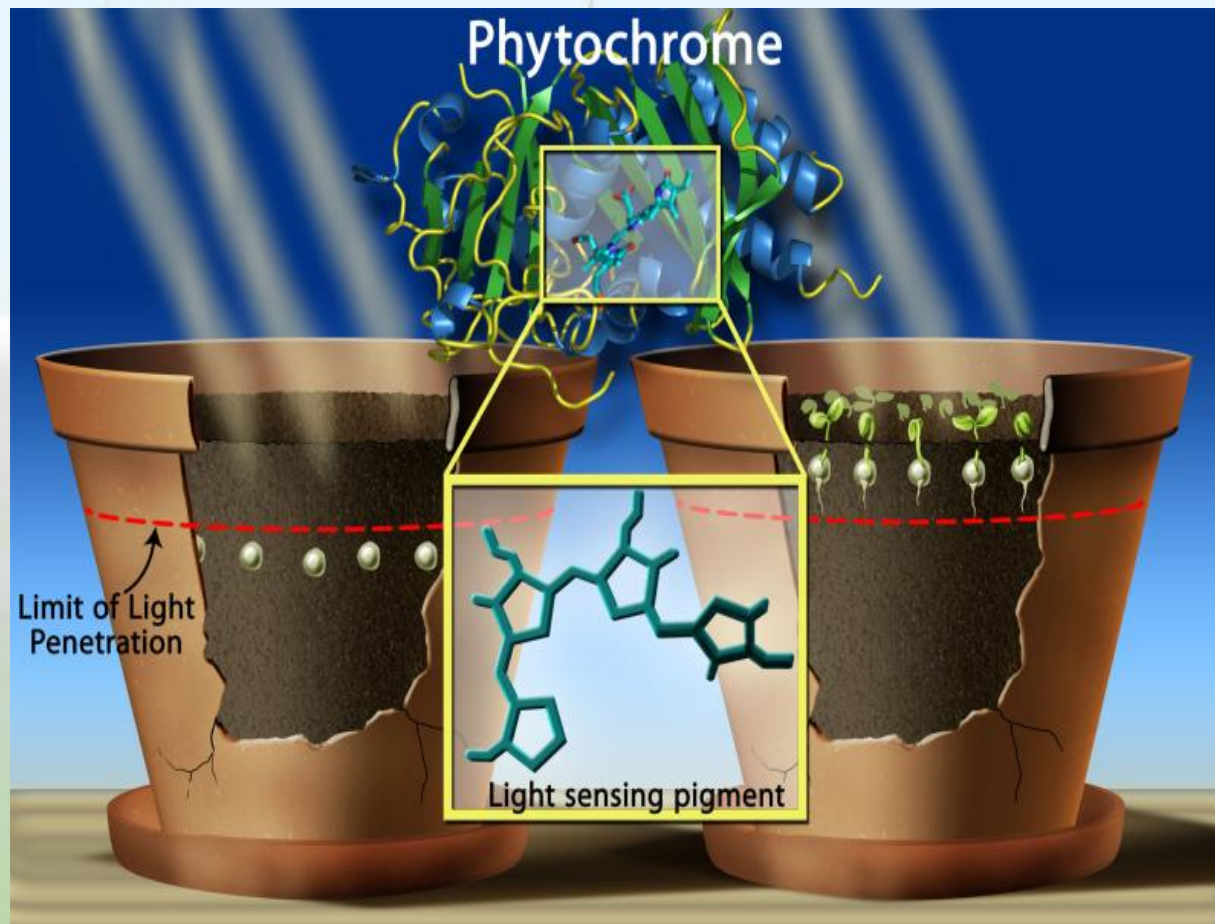
Gases

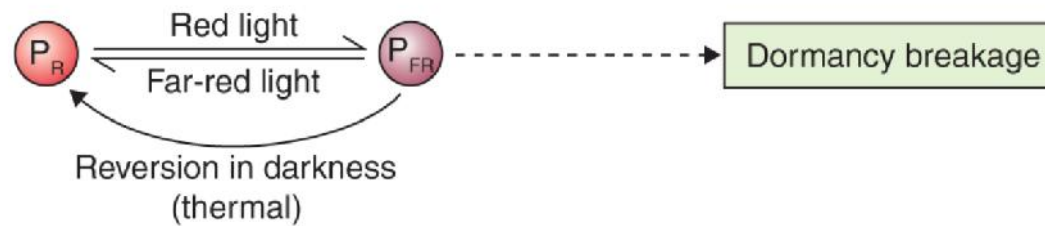
Las semillas requieren para germinar un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de O_2 y CO_2 .

Las semillas germinan en atmósfera normal mientras que algunas aumentan su germinación con 8% de O_2 , como *Typha latifolia* y *Cynodon dactylon*.

Factores externos

Luz





Pr: absorción máxima a 660 nm longitud de onda

Pfr: absorción máxima a 730 nm longitud de onda.

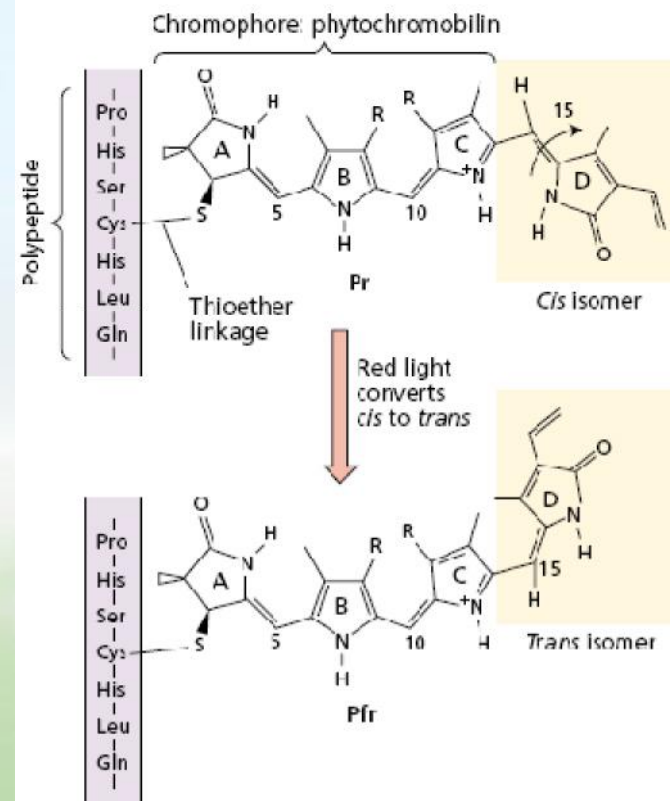


FIGURE 17.4 Structure of the Pr and Pfr forms of the chromophore (phytochromobilin) and the peptide region bound to the chromophore through a thioether linkage. The chromophore undergoes a *cis-trans* isomerization at carbon 15 in response to red and far-red light. (After Andel et al. 1997.)

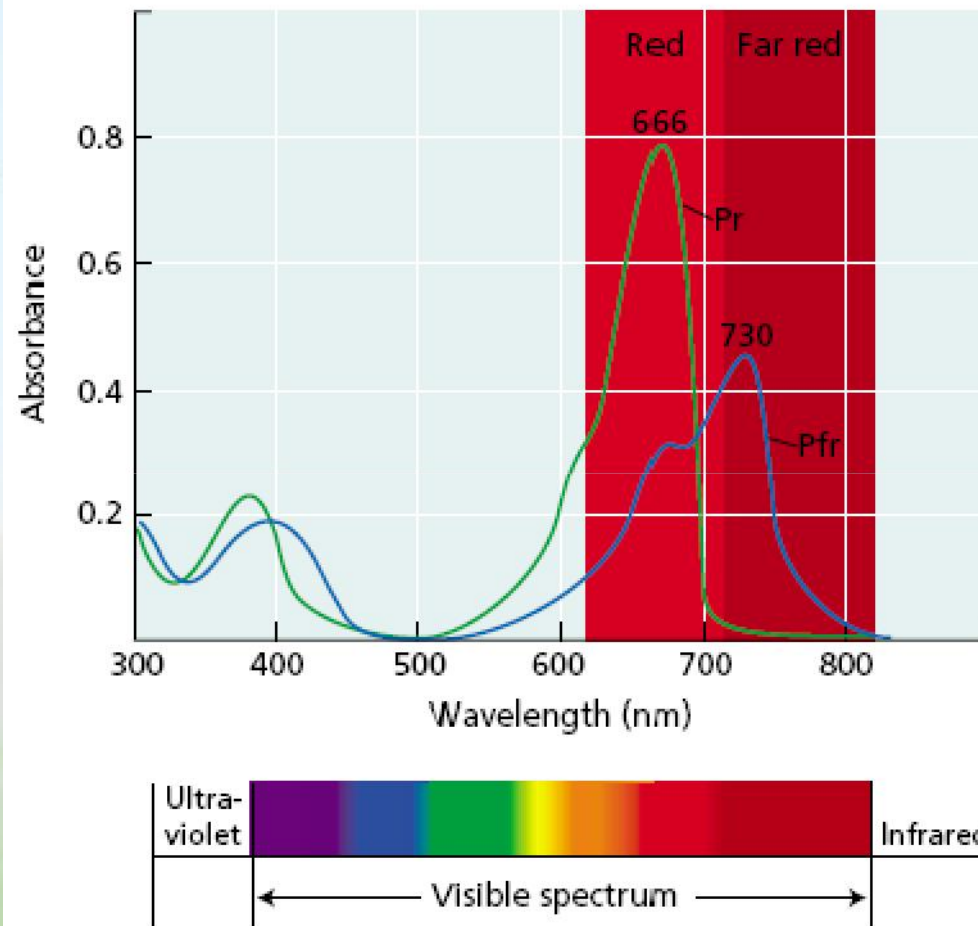


FIGURE 17.3 Absorption spectra of purified oat phytochrome in the Pr (green line) and Pfr (blue line) forms overlap. (After Vierstra and Quail 1983.)



Dark



Red



Red Far-red



Red Far-red Red



Red Far-red Red Far-red

FIGURE 17.2 Lettuce seed germination is a typical photoreversible response controlled by phytochrome. Red light promotes lettuce seed germination, but this effect is reversed by far-red light. Imbibed (water-moistened) seeds were given alternating treatments of red followed by far-red light. The effect of the light treatment depended on the last treatment given. (Photos © M. B. Wilkins.)

Semillas fotoblásticas: poseen respuesta a bajos flujos de luz.

Ejemplos:

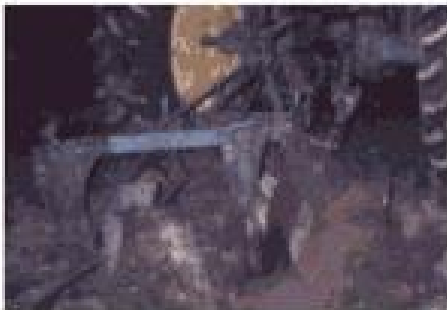
Semillas de malezas o plantas invasoras.

Semillas pequeñas con escasas reservas.

Estrategias de germinación cuando el ambiente les resulta favorable (ausencia de plantas cercanas).

Ej. *Datura ferox* (chamico), *Amaranthus sp.* (yuyo colorado), *Gomphrena perennis* (siempre viva del campo), *Lolium sp* (raygrás), etc.

Ejemplo forestal: especies pioneras de selvas que germinan cuando se forman claros como *Cecropia sp.*



Dormición

Es un proceso mecánico o fisiológico que impide la germinación aún en condiciones APROPIADAS.

Hay varias causas de Dormición:

- **Cubierta seminal es muy dura o impermeable**, que impide la entrada del **agua** necesaria para la imbibición. Estas cubiertas pueden impedir el **intercambio gaseoso**. También pueden ofrecer alta **resistencia mecánica**.

Ejemplo: leguminosas, cannáceas, ciruelo.

En la naturaleza estas cubiertas se degradan por cambios de temperatura, acción de microorganismos, tracto de animales, fuego.

O bien por Escarificación mecánica (lijado) o química.

Dormición



- **Las semillas contienen inhibidores de germinación** que necesitan tiempo para ser removidos. En general son hidrosolubles (taninos, cumarinas, fenólicos). Ejemplo plantas efímeras del desierto, acelga, paraíso, tomate.

En la naturaleza se eliminan con agua, y a veces requieren bajas temperaturas.

Estratificación. Lavados con agua. Se pueden utilizar hormonas (giberelinas, etileno, citocininas)

Dormición



- **Presencia de embriones rudimentarios**: fisiológica o morfológicamente inmaduros, no suficientemente desarrollados para la germinación. Ejemplos: ginkgo, orquídeas.

A veces la dormición se debe a la presencia de los cotiledones, cuando estos se remueven se produce la germinación. Ejemplo, avellana.

Requieren tiempo para completar su maduración.

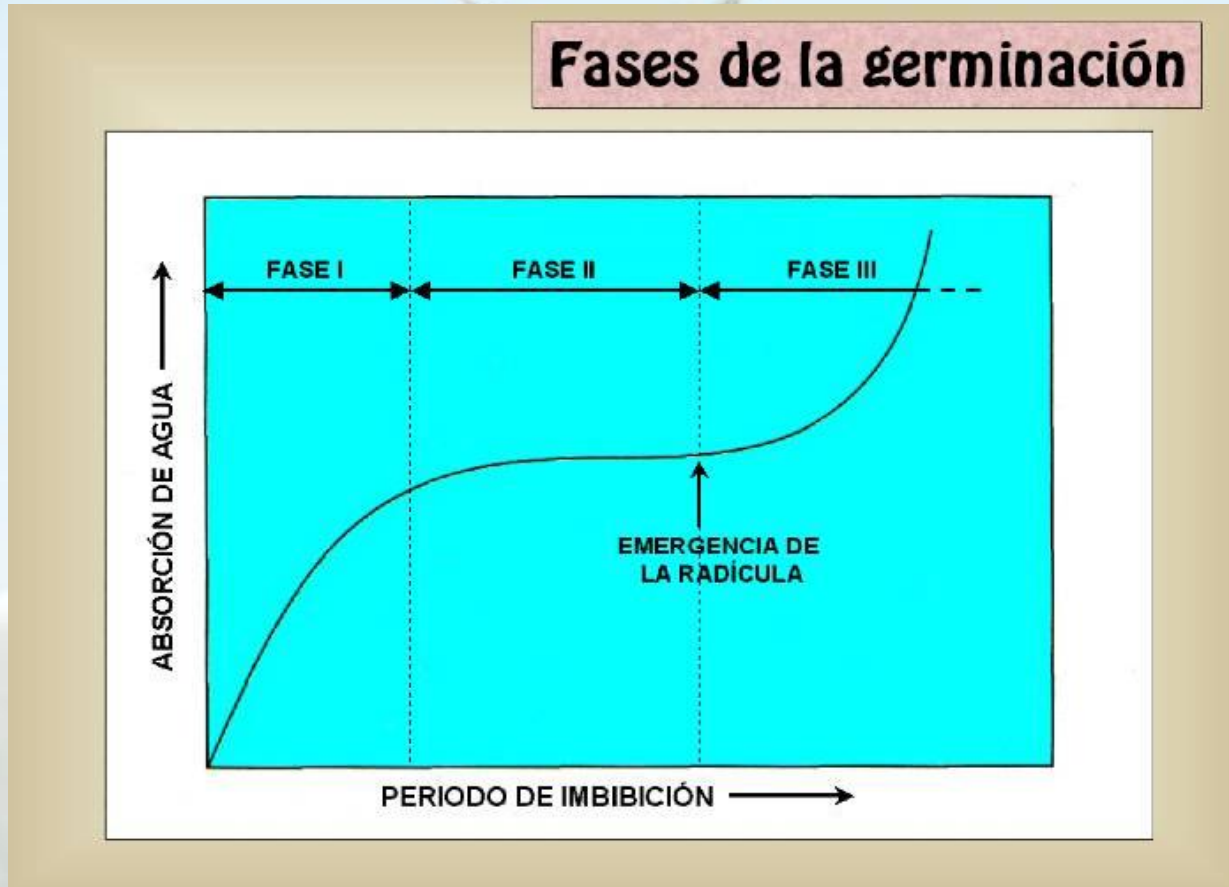
Estratificación.

En la germinación se distinguen tres fases

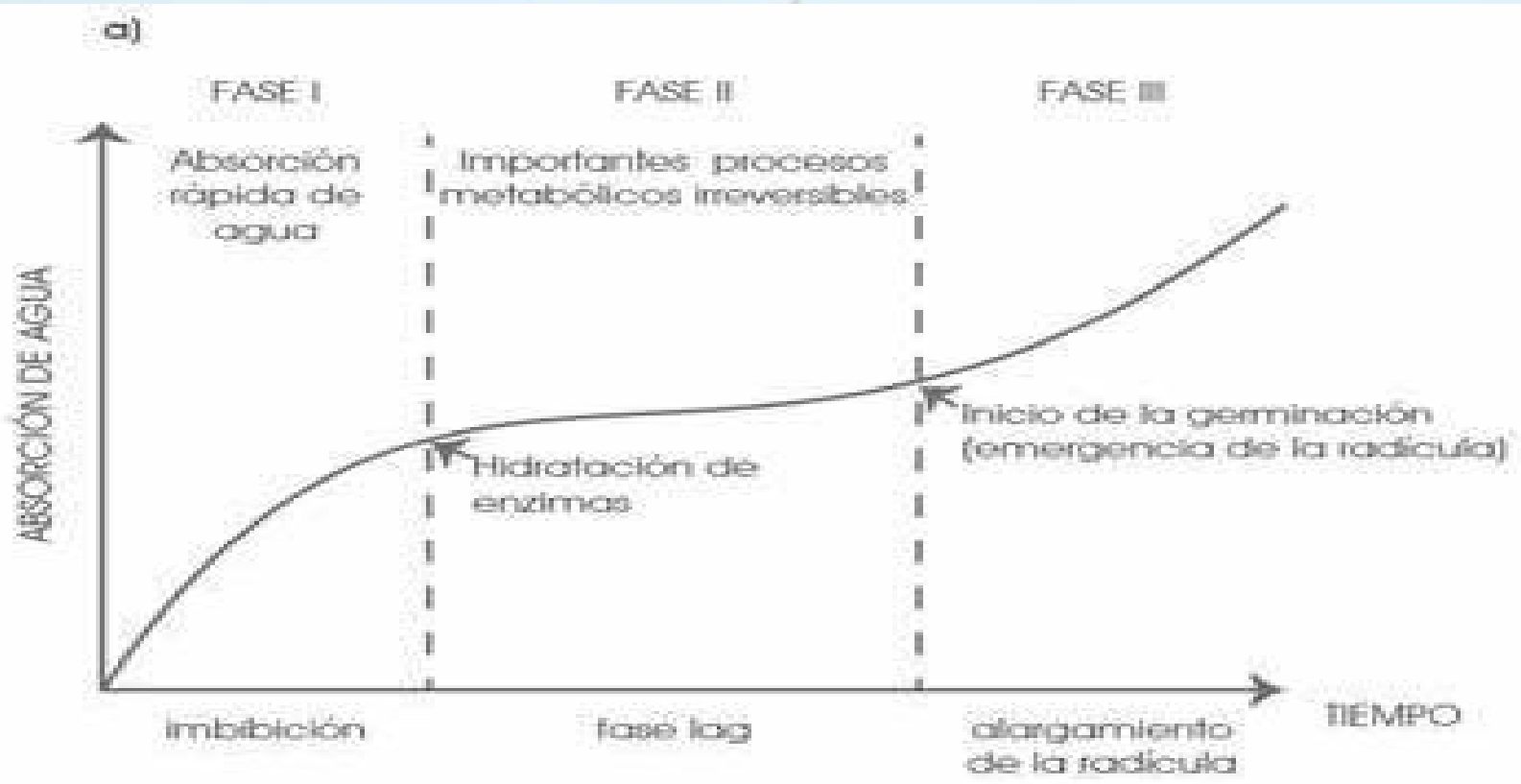


- **Fase de hidratación:** La absorción de agua es el primer paso y va acompañado de un aumento en la actividad respiratoria.
- **Fase de activación metabólica:** Se producen las transformaciones metabólicas para el correcto desarrollo de la plántula. Aquí la absorción de agua se mantiene constante y se degradan las reservas.
- **Fase de crecimiento o germinación visible:** Se asocia con la emergencia de la radícula (cambio morfológico visible) y se caracteriza porque la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad respiratoria.

Fases de la germinación



Durante la fase I, la semilla absorbe agua (imbibición). La absorción alcanza una meseta (fase II), donde se reactiva el metabolismo y se reparan los componentes celulares dañados durante la desecación-rehidratación. Después de la aparición de la radícula el peso fresco aumenta y comienza el crecimiento de la plántula (Fase III).



Viabilidad de las semillas.

- Es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar.
- Depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento.
- Caso extremo de viabilidad: **Nelumbo lucífera** encontradas en Manchuria (antigüedad 250 a 400 años) y **Achira** (Catamarca y Salta) de 500 años.
- Baja sobrevivencia: **Acer, Salix (sauces), Populus (álamos) y Ulmus (olmos)** que permanecen viables hasta 6 meses.
- Generalmente, la vida media de una semilla se sitúa entre 5 y 25 años.
- Las semillas pierden su viabilidad por causas muy diversas.
- La desecación por debajo del 2 a 5% de humedad afecta el agua de constitución de la semilla, siendo perjudicial para la misma.
- Para alargar la viabilidad, las semillas se deben conservar en ambientes secos; con bajas temperaturas y niveles de oxígeno.

Longevidad de las semillas.

- Es el período de tiempo durante el cual la semilla en reposo, no pierde su capacidad para germinar.
- Depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento.
- **Especies cultivadas son de vida corta, de 1 a 3 años.**
- Alta longevidad: **Picea glauca** 15 años a bajas temperaturas.
- **Lechuga:** 20 años a 4 °C y 8 %HR.
- Longevidad estrechamente relacionada con las condiciones de almacenamiento.
- Para alargar la longevidad, las semillas se deben conservar en ambientes secos; con bajas temperaturas y niveles de oxígeno.

Trabajo Práctico: Germinación

Objetivos:

- Evaluar los mecanismos que causan dormición en las semillas y su eliminación o remoción por diferentes métodos
- Determinar la viabilidad de una muestra de semillas (método del Trifenil Tetrazolium)

Materiales para la realización del Trabajo Práctico:

Material Vegetal:

Semillas de: achira (*Canna glauca*)

tomate (*Solanum lycopersicon*)

lechuga (*Lactuca sativa*) cv. Grand Rapid

trigo (*Triticum aestivum*)

Frutos de paraíso (*Melia azedarach*)

Cajas de Petri, papel de filtro, pinzas, piseta con agua destilada, lijas, vasos de precipitado, mortero y pilón, tela de gasa, agua corriente.

Papel de aluminio, bisturí, vasitos pequeños, solución de Trifenil tetrazolium (1%).


Tratamientos:

1. Dormición impuesta por tegumentos gruesos:

Se usarán 15 semillas de achira, las cuales se rasparán con papel de lija para adelgazar su tegumento (escarificado mecánico) sin dañar el embrión.

Otras 15 semillas no serán lijadas (testigo o control).

Se colocarán las semillas en cajas de Petri con su base cubierta con papel de filtro humedecido y se colocarán en estufa de cultivo a 28 °C.



**Semillas de achira
lijadas o
escarificadas**

**Semillas de achira no
lijadas (testigo)**

Tratamientos:

1. Dormición impuesta por inhibidores:

Se obtendrá un extracto acuoso proveniente de frutos de paraíso, quienes se colocarán en mortero con agua para obtener una pasta cremosa que luego se filtrará con tela de gasa.

Se colocarán 15 semillas de tomate en cajas de Petri con el papel de filtro humedecido con el extracto inhibidor de paraíso. Otras 15 semillas se humedecerán en agua (testigo o control). Todo el material se trasladará a estufa de cultivo a 28 °C.



**Semillas de tomate
con extracto
inhibidor de paraíso**

**Semillas de tomate
con agua (testigo)**

Tratamientos:

1. Efecto de la luz en la germinación de semillas fotoblásticas:

Se colocarán 15 semillas de lechuga cv. Grand Rapid en cajas de Petri con el papel de filtro humedecido con agua. Se expondrán a la luz blanca durante su incubación.

Otras 15 semillas de lechuga cv. Grand Rapid se colocarán en cajas de Petri con papel de filtro humedecido con agua y se cubrirán con papel de aluminio para ser sometidas a oscuridad durante su incubación (testigo o control). Todo el material se trasladará a estufa de cultivo a 28 °C.

Semillas de lechuga cv.
Grand Rapid con luz
blanca (testigo)

Semillas de lechuga cv.
Grand Rapid en
oscuridad (papel de
aluminio)

A 7 y 12 días de iniciado el ensayo se realizará el recuento de las semillas germinadas y se completará el siguiente cuadro:



Tratamiento	Semillas germinadas: 7 días	Semillas germinadas: 15 días	Porcentaje total (%) de germinación
Achira escarificada			
Achira sin escarificar			
Tomate con extracto inhibidor			
Tomate sin extracto inhibidor			
Lechuga cv. Grand Rapid con luz			
Lechuga cv. Grand Rapid sin luz			

A 7 y 12 días de iniciado el ensayo se realizará el recuento de las semillas germinadas y se completará el siguiente cuadro:



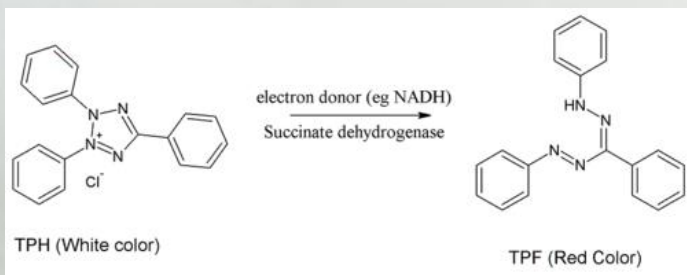
Tratamiento	Semillas germinadas: 7 días	Semillas germinadas: 15 días	Porcentaje total (%) de germinación
Achira escarificada	13	15	100
Achira sin escarificar	0	0	0
Tomate con extracto inhibidor	0	0	0
Tomate sin extracto inhibidor	12	15	100
Lechuga cv. Grand Rapid con luz	10	14	93,3
Lechuga cv. Grand Rapid sin luz	0	0	0









En función del objetivo planteado se determinará la **Viabilidad de semillas** mediante el método del **Cloruro de Trifenil Tetrazolium (TTC)**.

Este compuesto actúa sobre las enzimas deshidrogenasas que están directamente involucradas en el proceso germinativo.

La sal de trifenil tetrazolium es un indicador de óxido-reducción, el cual es incolora en su forma oxidada y **rojo** en su forma reducida (**formazano**).

En caso de embeber semillas viables en solución de trifenil tetrazolium, las enzimas deshidrogenasas de los tejidos vivos del embrión reducirá el trifenil formazano tiñendo el embrión de color rosado.



Clase	Viabilidad	Descripción	Fotografía	Esquema
1	Viabes	Semillas con tinción total y uniforme		
2	Viabes	Semillas con tinción en más del 80% de la radícula y el embrión		
3	Dudosas	Semillas teñidas en más del 50% de los cotiledones y tinción rosada en el 50% de la radícula		
4	Inviabes	Semillas sin tinción		

Materiales y Métodos:

Se trabajará con dos lotes de **semillas de trigo**, una proveniente de **última cosecha y otra de 10 años de edad**.

Se colocarán en un recipiente con agua durante 2 a 4 h y luego se tomará un puñado al azar de cada muestra. Se cortarán longitudinalmente con un bisturí de manera que quede expuesto el embrión. Una mitad se descarta y la otra se sumerge en un vaso conteniendo la solución de trifeníl tetrazolium 1% y se coloca en estufa a 28 °C durante media hora.

Transcurrido ese tiempo se observa los resultados:



Semillas viables: embrión teñido de rosado



Izquierda: semillas viables.

Derecha: semillas no viables

Calidad de las semillas:

Se puede estimar por:

Poder Germinativo (PG): $\frac{\text{número de semillas germinadas}}{\text{número de semillas totales}} \times 100$

Energía Germinativa (EG): se refiere al tiempo que tarda en germinar el 50% de las semillas.

Vigor: es la posibilidad que tienen de germinar las semillas durante un período determinado de tiempo.

Pureza: es el número de semillas de la especie que se está analizando presente en la muestra.

Valor real: es el número de semillas que son capaces de germinar teniendo en cuenta la pureza y el PG.

Semillas de Alta Calidad: germinación rápida, crecimiento vigoroso y aspecto normal. Esto permite superar la competencia inicial.

En función de los resultados obtenidos saque las conclusiones respecto a los tratamientos efectuados y su efectividad para revertir los diversos mecanismos de dormición.

- 1. ¿ El extracto obtenido de los frutos de *Melia azedarach* inhibió el proceso de germinación de semillas de tomate?**
- 2. ¿La escarificación mecánica resultó efectiva para estimular la germinación de semillas de achira? Explique.**
- 3. ¿Usted considera que dicho efecto inhibitorio se puede también extender a otras especies? ¿Cómo eliminaría su efecto?**
- 4. Explique porqué la luz estimula la germinación en semillas fotoblásticas.**
- 5. ¿Qué estrategia adaptativa sugiere el fotoblastismo? Fundamente.**
- 6. La prueba de viabilidad es un test de uso corriente en los laboratorios de calidad de semillas. ¿Usted considera que el conocimiento de la viabilidad de las semillas es prioritario al momento de asesorar a un productor agropecuario que va a sembrar y desconoce la calidad de las semillas?**
- 7. ¿Qué factores considera usted importantes al momento de almacenar las semillas? Fundamente.**

**Responda las preguntas enunciadas en la filmina anterior.
Elabore el informe de actividades y se lo envía a su JTP
para la corrección.**

Bibliografía:

<https://www.scielo.br/pdf/pab/v36n2/a22v36n2.pdf>

https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-el_anlisis_de_tetrazolio_en_el_control_de_calidad_de_.pdf

Clase teórica de Fisiología Vegetal. 18/05/2020

Apuntes de la cátedra. Curso 2020.

Bewley, D. and Black, M. 1994. Seeds:
Physiology of development and germination. Springer Science.

