

Germinación

Fisiología Vegetal

18 de mayo de 2020

FCAyF, UNLP

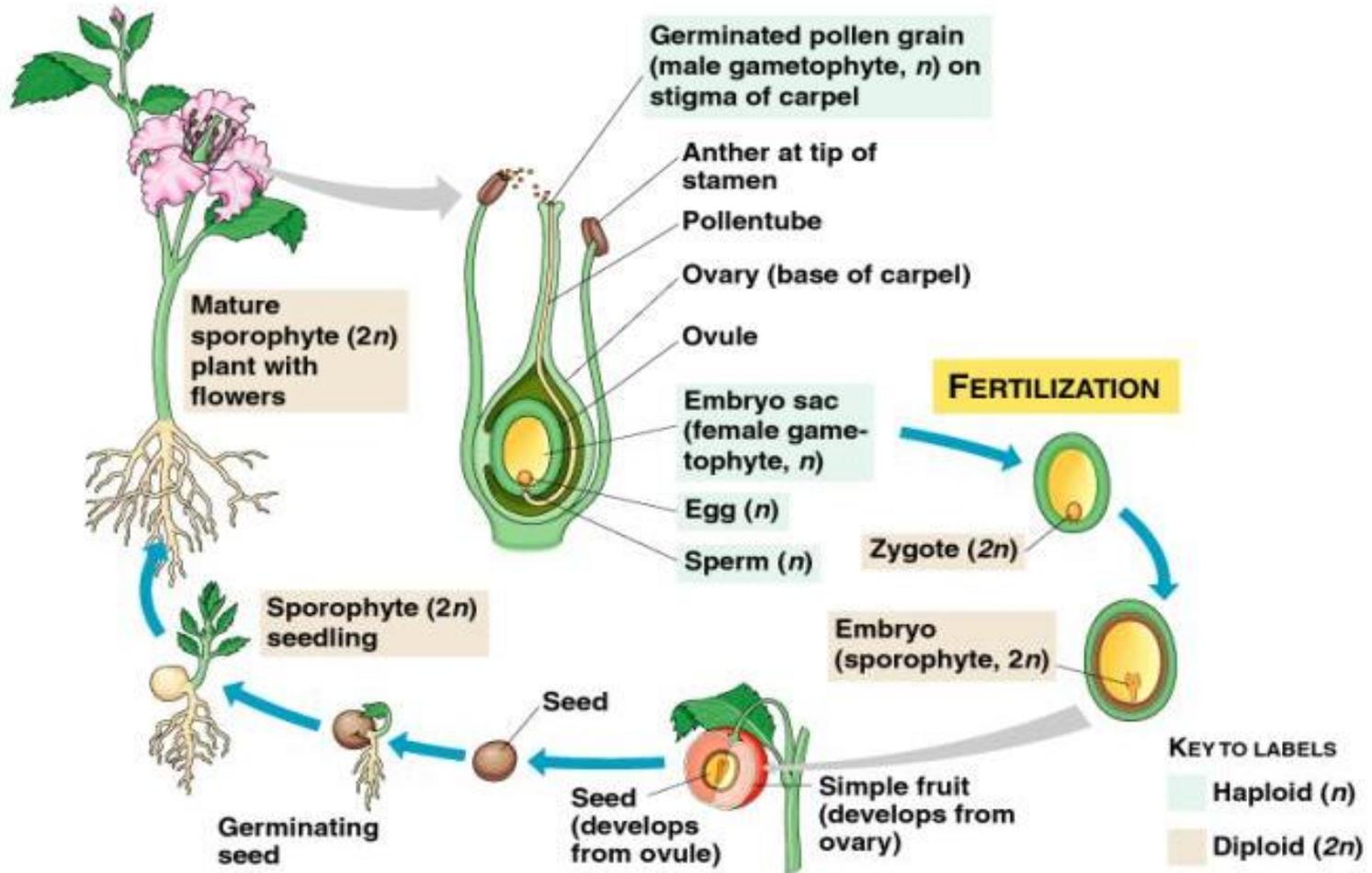
La semilla como unidad de dispersión y supervivencia

- 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.

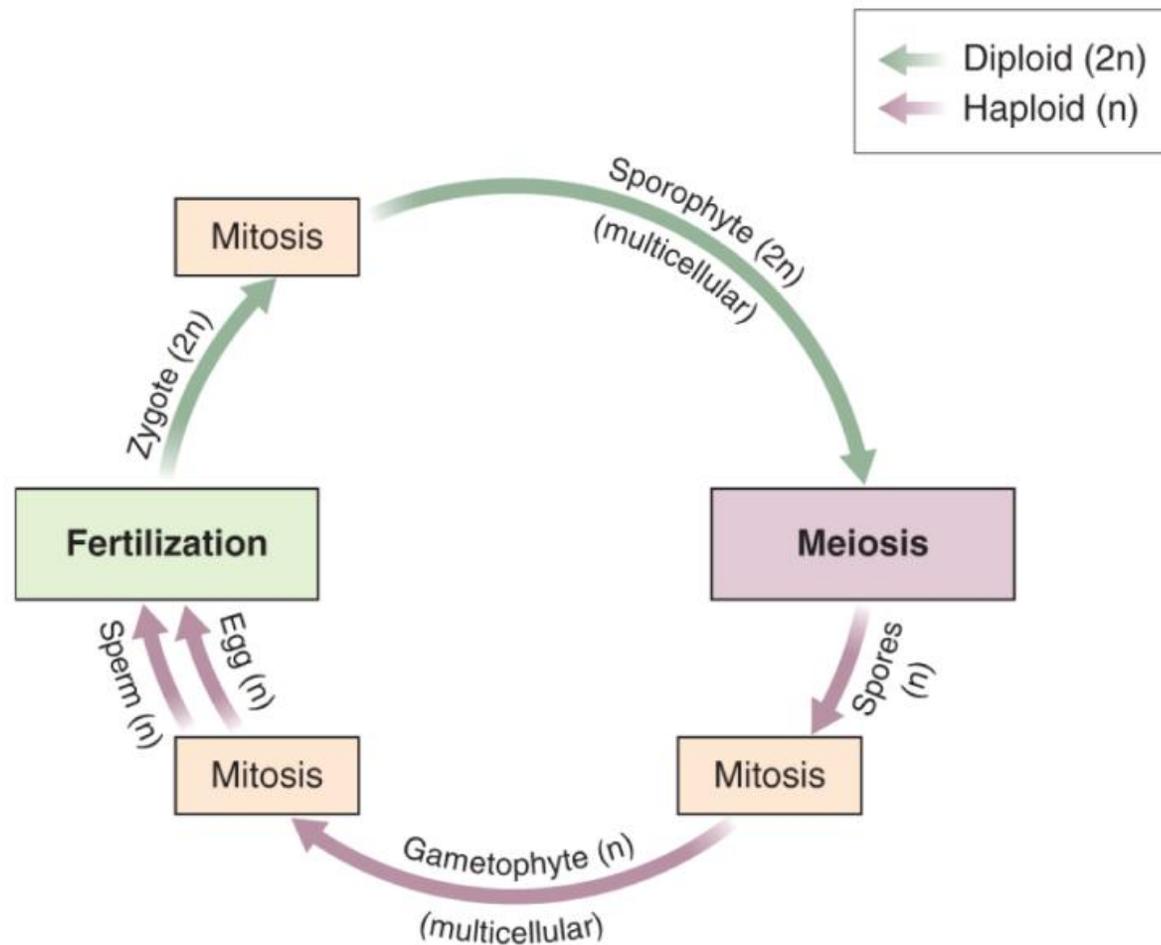
CUADRO 27-1. Sustancias de reserva y su lugar de acumulación en semillas de plantas con interés agronómico.

	Proteínas	Aceites ¹	Hidratos de carbono ²	Órgano de almacén
Cereales				
Cebada	12	3	76	endospermo
Maíz	10	5	80	endospermo
Avena	13	8	66	endospermo
Centeno	13	2	76	endospermo
Trigo	12	2	75	endospermo
Leguminosas				
Haba	23	1	56	cotiledones
Guisante	25	6	52	cotiledones
Cacahuete	31	48	12	cotiledones
Soja	37	17	26	cotiledones

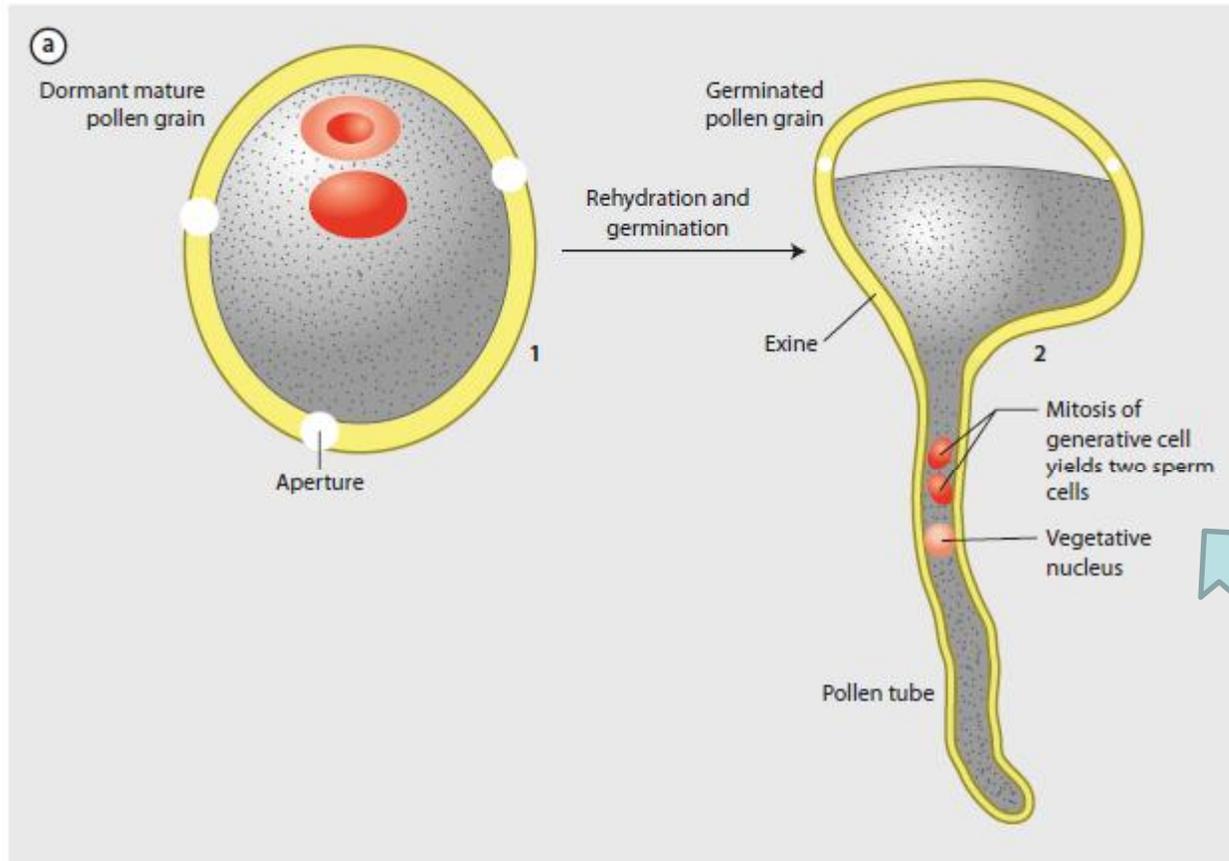
Ciclo Ontogénico



A diferencia de los animales, las plantas vasculares presentan una alternancia entre la fase gametofítica (haploide) y la fase esporofítica (diploide).

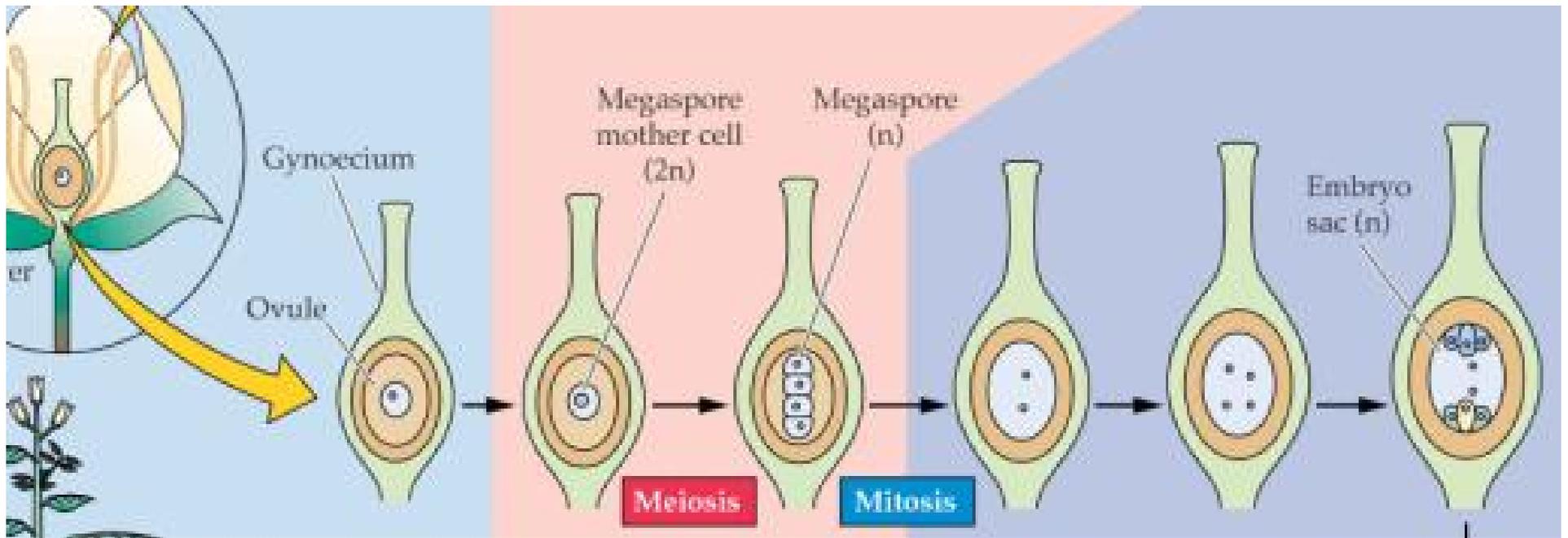


Fecundación



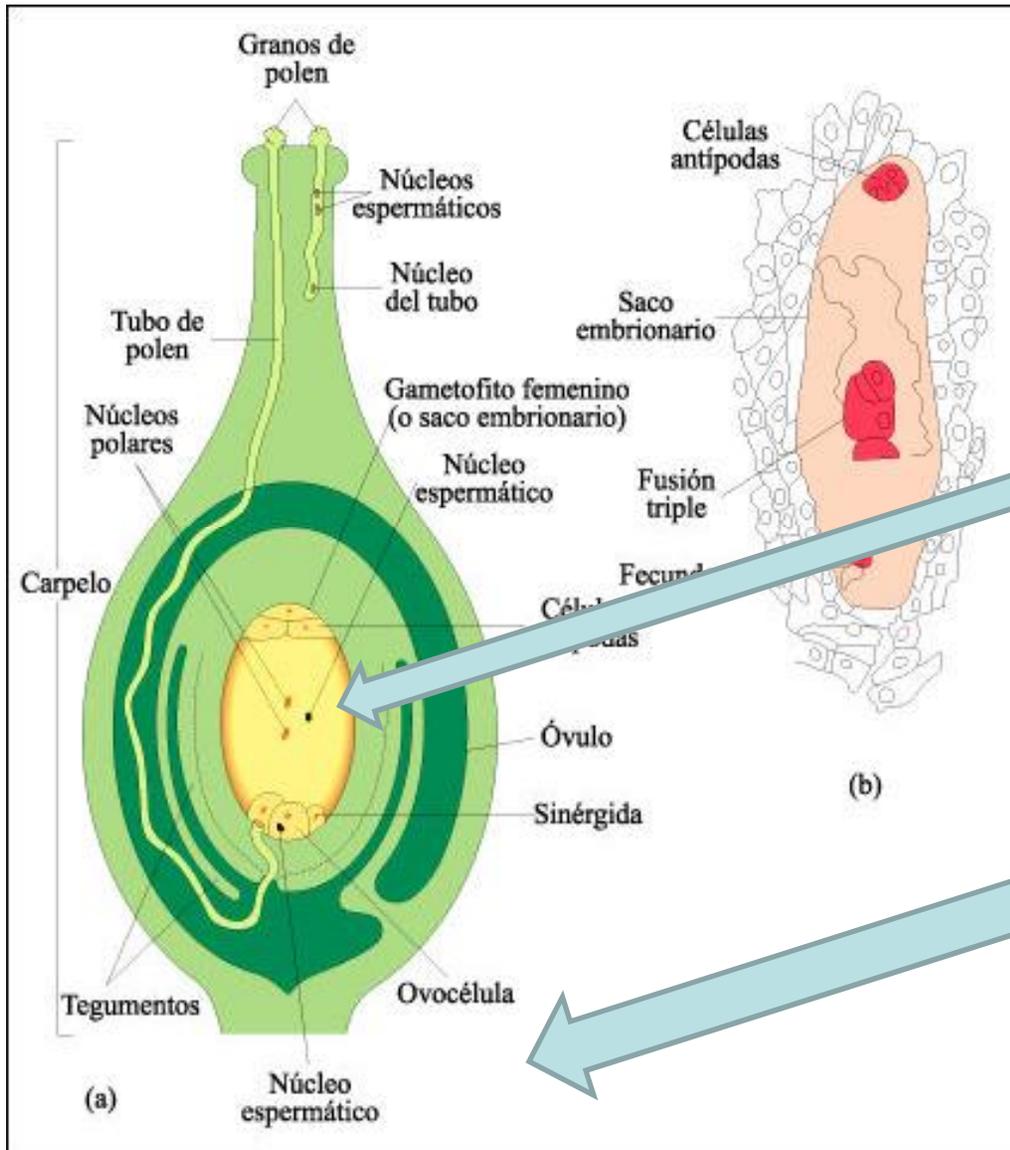
Durante la germinación del grano de polen, se forman dos células espermáticas y un núcleo vegetativo.

Fecundación



A partir de la célula madre de la megaspora, se forman 4 megasporas haploides. Tres degeneran y la que sobrevive aumenta de tamaño y da lugar a la formación de 8 núcleos (3 antípodas, 2 núcleos polares, 2 sinérgidas y 1 ovocélula)

Fecundación



Los dos núcleos polares se unen con un núcleo espermático y forman el endosperma ($3n$)

El cigoto (huevo, $2n$) proviene de la unión de una célula espermática (n) con la ovocélula (n).

En esta etapa se forma el embrión a partir del cigoto, se establece la polaridad (apical-basal de la planta) y la dormición primaria.

EMBRIOGÉNESIS

Embriogénesis

- Período temprano. Mitosis y diferenciación celular, elevada división celular. **Citocininas**
- Período medio. Expansión celular y acumulación de reservas (lípidos, almidón, proteínas). **Auxinas y Giberelinas**
- Período tardío. Maduración, tolerancia a la desecación, acumulación de reservas y proteínas LEA. Disminución de la actividad metabólica. Dormición primaria. **ABA**

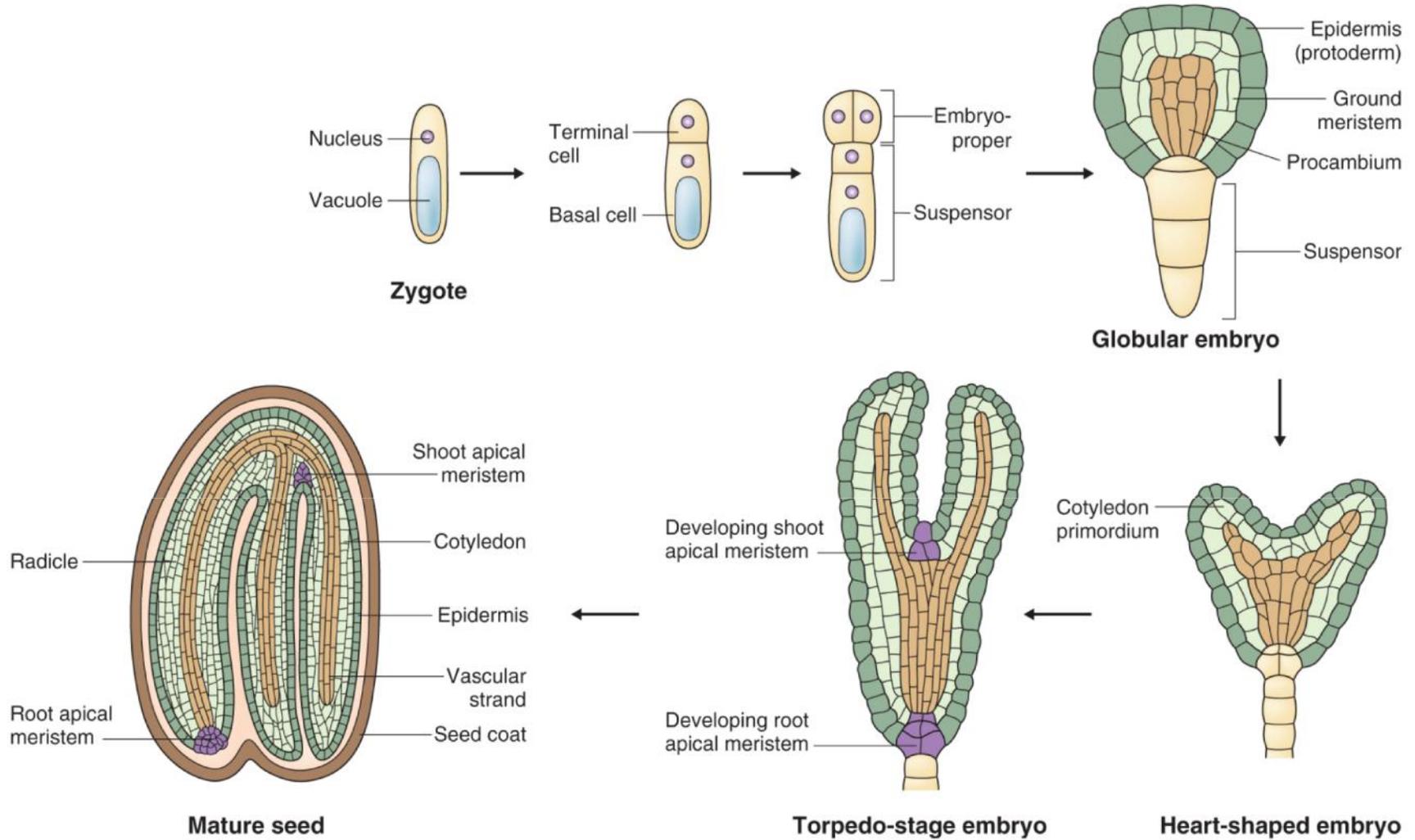
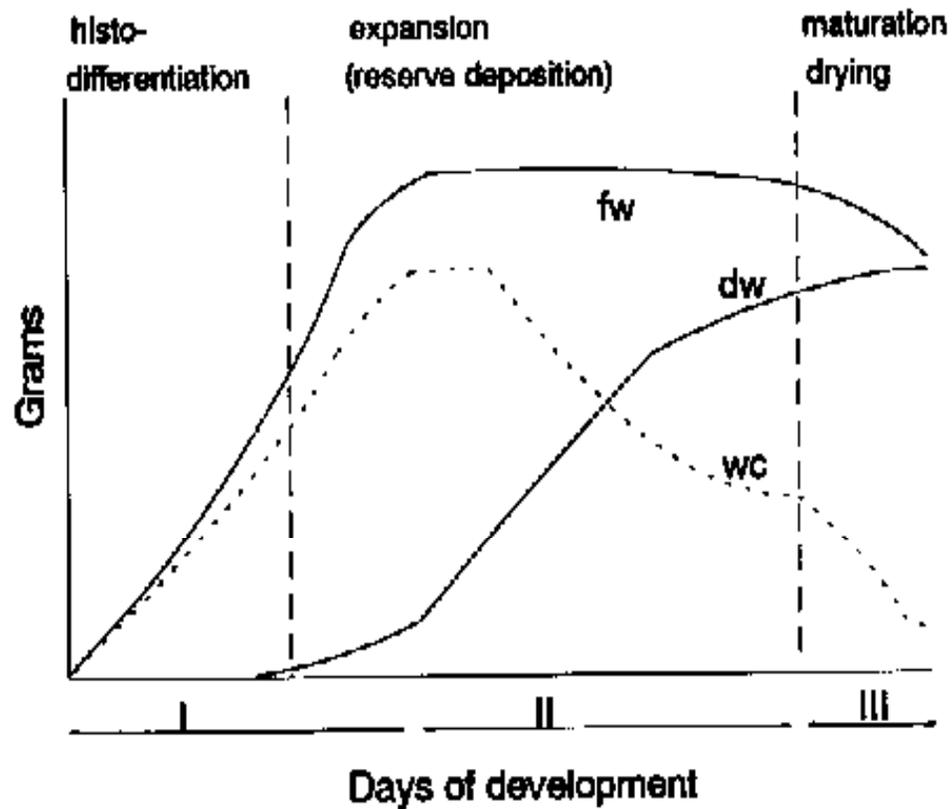
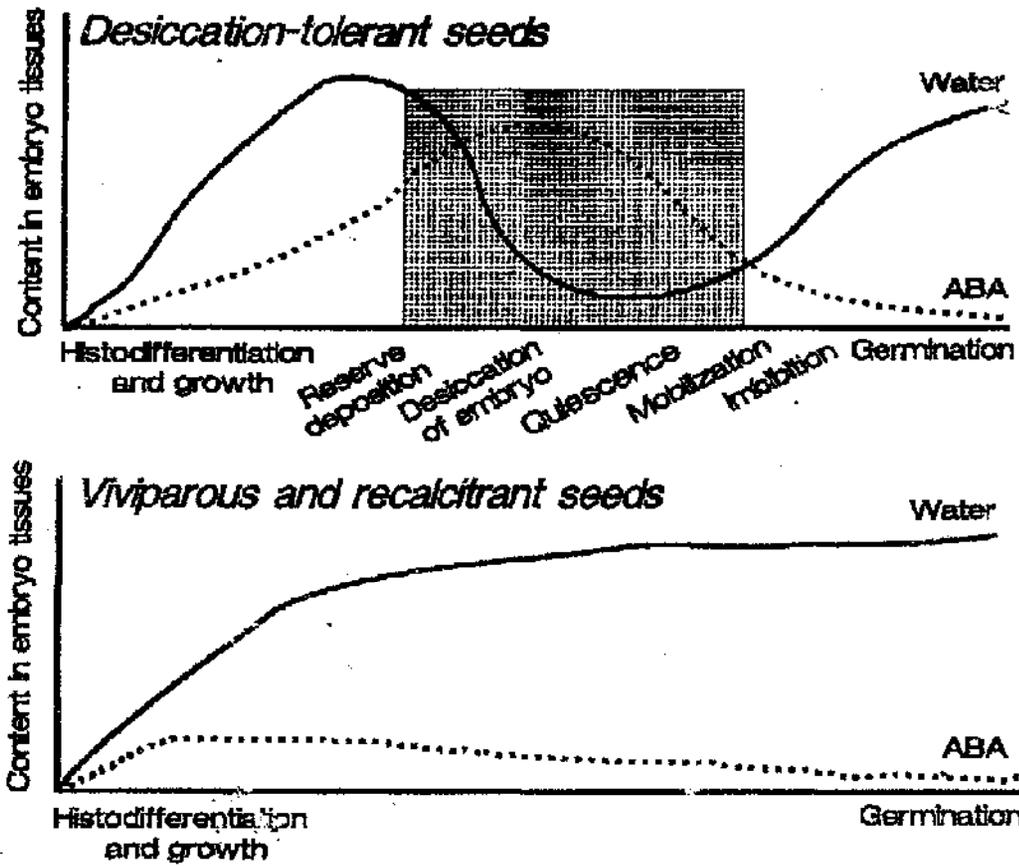


Figure 1.19

Embryo development in *Arabidopsis*, a eudicot.



Cambios en el peso fresco (fw), el peso seco (dw) y en el contenido de agua (wc) durante el desarrollo de una semilla. Durante la fase I hay activa división celular, luego en la fase II se acumulan las reservas y hay crecimiento celular. En la fase III la semilla madura y pierde agua.



Variación en el contenido de agua y ácido abscísico para semillas que toleran la desecación, y semillas vivíparas y recalcitrantes (mantienen elevado contenido de agua).

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*).



Las mutantes de
maíz deficientes en
ABA (*vp 14*)
presentan
germinación de las
semillas en la planta
madre, **viviparismo**.



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
- Nuez de Brasil, caoba, araucaria, sándalo, palma, maitén, roble, anacahuita, ingá

GERMINACION

- La germinación es la continuación del crecimiento del embrión después de la imbibición.
- Eventos que comienzan con la absorción de agua por la semilla y terminan cuando la radícula se elonga y emerge de la cubierta.
- 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

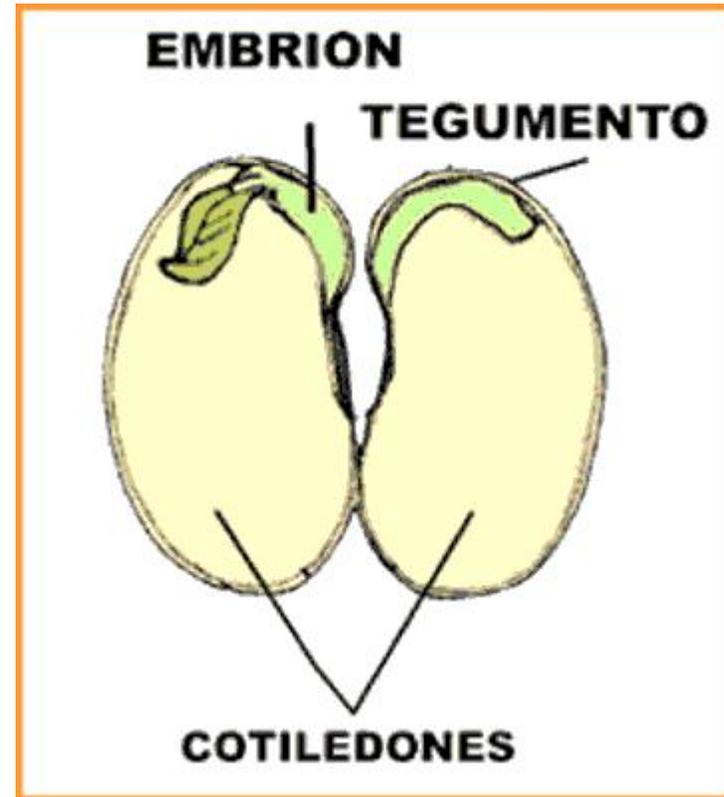
La semilla no germina
porque las condiciones
ambientales son
adversas

Humedad

Temperatura

O₂

Exposición a la luz (sólo
algunas semillas)



$$\text{FLUJO DE AGUA} = \frac{Y w e - Y w i}{r_1 + r_2 + r_3}$$

El potencial de agua de una semilla seca depende fundamentalmente por el potencial mátrico.

r1= resistencia del suelo (depende de la conductividad hidráulica del suelo)

r2= resistencia externa (es función del grado de contacto entre la semilla y la fuente de agua)

r3= resistencia interna de la semilla (dada por las cubiertas de la semilla, importante en semillas duras)

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*.



Dormición

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

Hay varias causas de Dormición:

1. Cubierta seminal (testa o pericarpio) es muy dura o impermeable que impide la entrada del **agua** necesaria para la germinación.

Estas cubiertas pueden impedir el **intercambio gaseoso**.

También pueden ofrecer un alta **resistencia mecánica**.

Por ejemplo en las leguminosas, cannaceas, ciruelo.

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

Escarificación mecánica o química.





Dormición

2. 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 (lixiviación). Se pueden utilizar hormonas (giberelinas, etileno, citocininas)





Dormición

3. La presencia de embriones rudimentarios: fisiológicamente 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.



Causas por las que las semillas no germinan

<i>Causa</i>	<i>Forma de romper el reposo</i>	<i>Latencia (arper, 1957)</i>
Testa dura Impermeable al agua Impermeable a los gases Barrera física a la expansión del embrión	Abrasión, ataque microbiano, factores del suelo como saponinas, tratamientos con calor	
Inmadurez del embrión Anatómica Fisiológica	Tiempo Tiempo, frío hormonas	
Crecimiento embrionario inhibido Inhibidor en la semilla Falta de estímulo externo	Tiempo, lavados Luz, temperatura, cambios de humedad	Innata Forzada
Semilla quiescente	Agua y medio adecuado	_____
Combinación de las causas anteriores		
Embrión dañado Muerte total Muerte parcial Alteración fisiológica irreversible		_____ _____ _____
Alteración fisiológica reversible	Tiempo, hormonas, otros estimulantes, luz, temperatura, cambios de hidratación, etcétera	Inducida

Estratificación

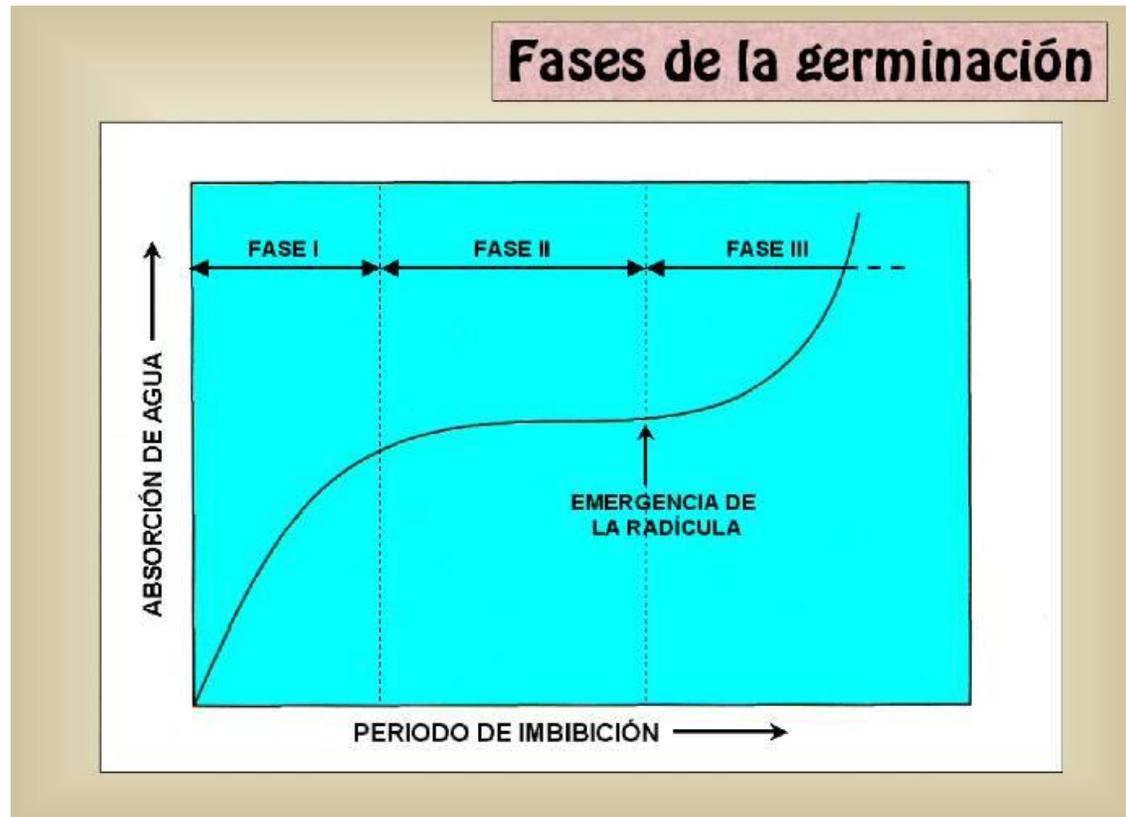
- Este tratamiento se utiliza para romper la dormición debida a un mecanismo fisiológico inhibitor en el embrión o en las cubiertas, y consiste en colocar las semillas entre estratos que conservan la humedad, comúnmente arena o bien turba o vermiculita, en frío (4 a 10 °C) o calor.

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.



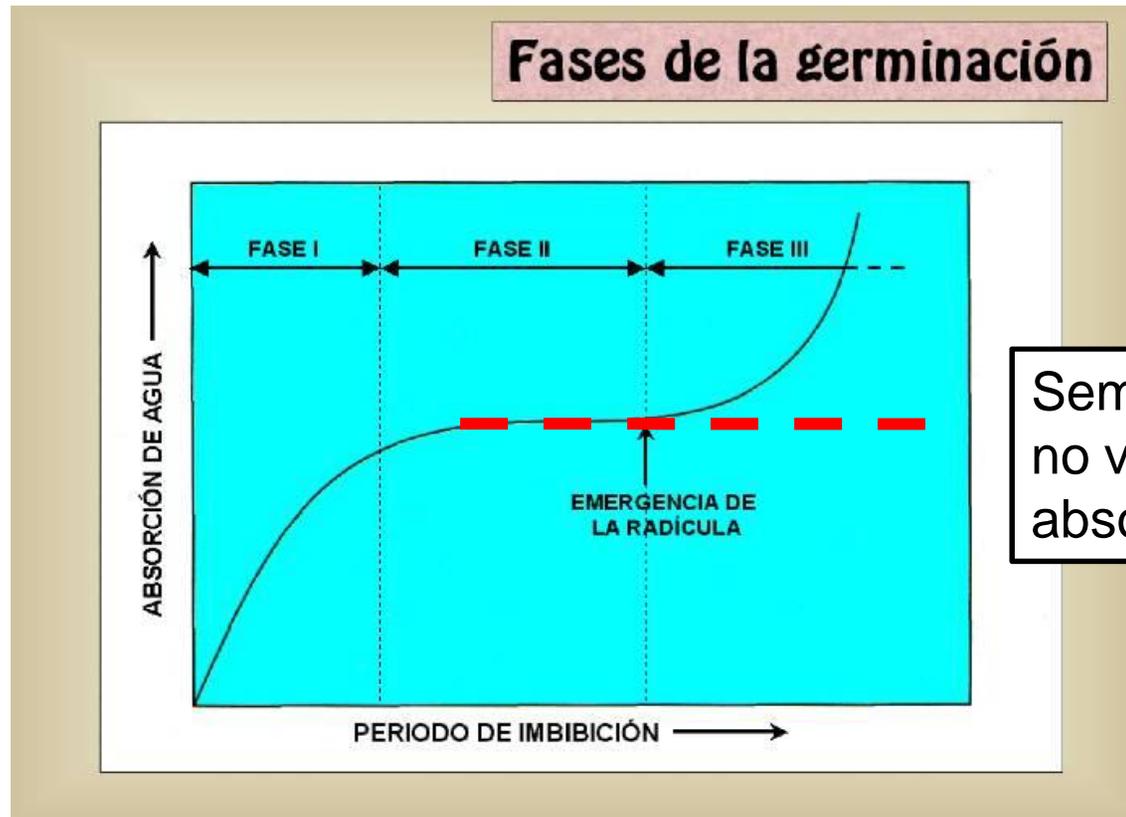
Fases de la germinación



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.

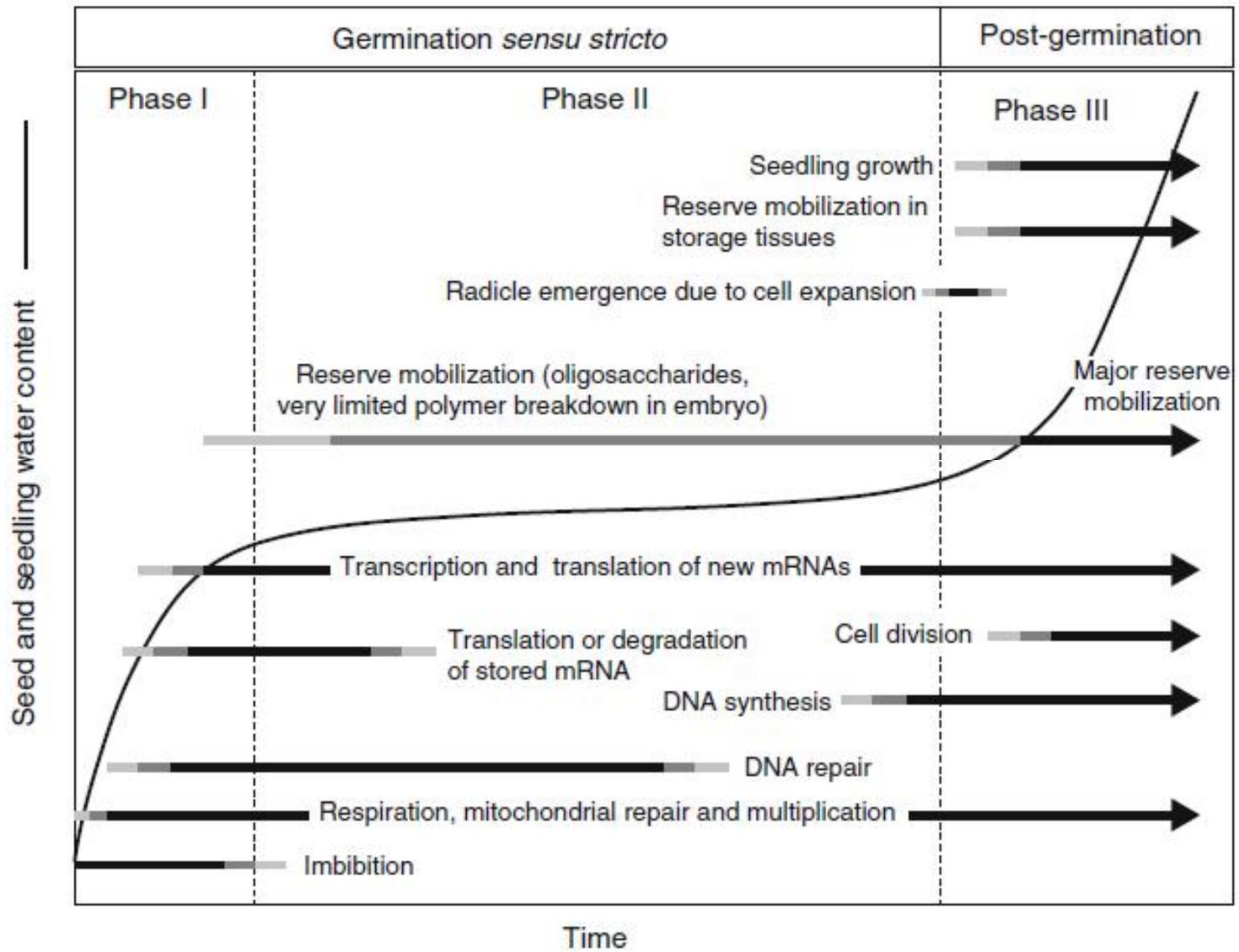


Fases de la germinación



Semilla con embrión no viable, igual absorbe agua

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.



Actividad respiratoria de semillas de *Pisum sativum* durante la germinación



Viabilidad de las semillas.

- **Es la capacidad para germinar en condiciones ambientales favorables.**
- Depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento.
- Pruebas de germinación, test del tetrazolio.
- 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.

Estructura y composición de las semillas y su relación con la duración de la viabilidad

Impermeabilidad de la cubierta	Mayor longevidad
Contenido inicial de agua	Cubierta impermeable
Tolerancia a la deshidratación	bajo
Tolerancia a las bajas temperaturas	alta
Latencia	alta
Tipo de reservas	presente
Resistencia a la invasión de microorganismos	no lipídicas
Lípidos de las membranas celulares	Presencia de compuestos secundarios
Resistencia al deterioro genético	ácidos grasos no saturados
Presencia de sustancias protectoras como: dehidrinas, cristales de azúcar y algunos polipéptidos	alta
Tasa metabólica	presentes
Disposición del agua	baja
	unidad a macromoléculas, es decir, agua subcelular

Longevidad de las semillas.

- **Es el período de tiempo durante el cual la semilla en reposo, no pierde su capacidad para germinar. Es el tiempo en el cual permanecen viables.**
- Depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento.
- 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.

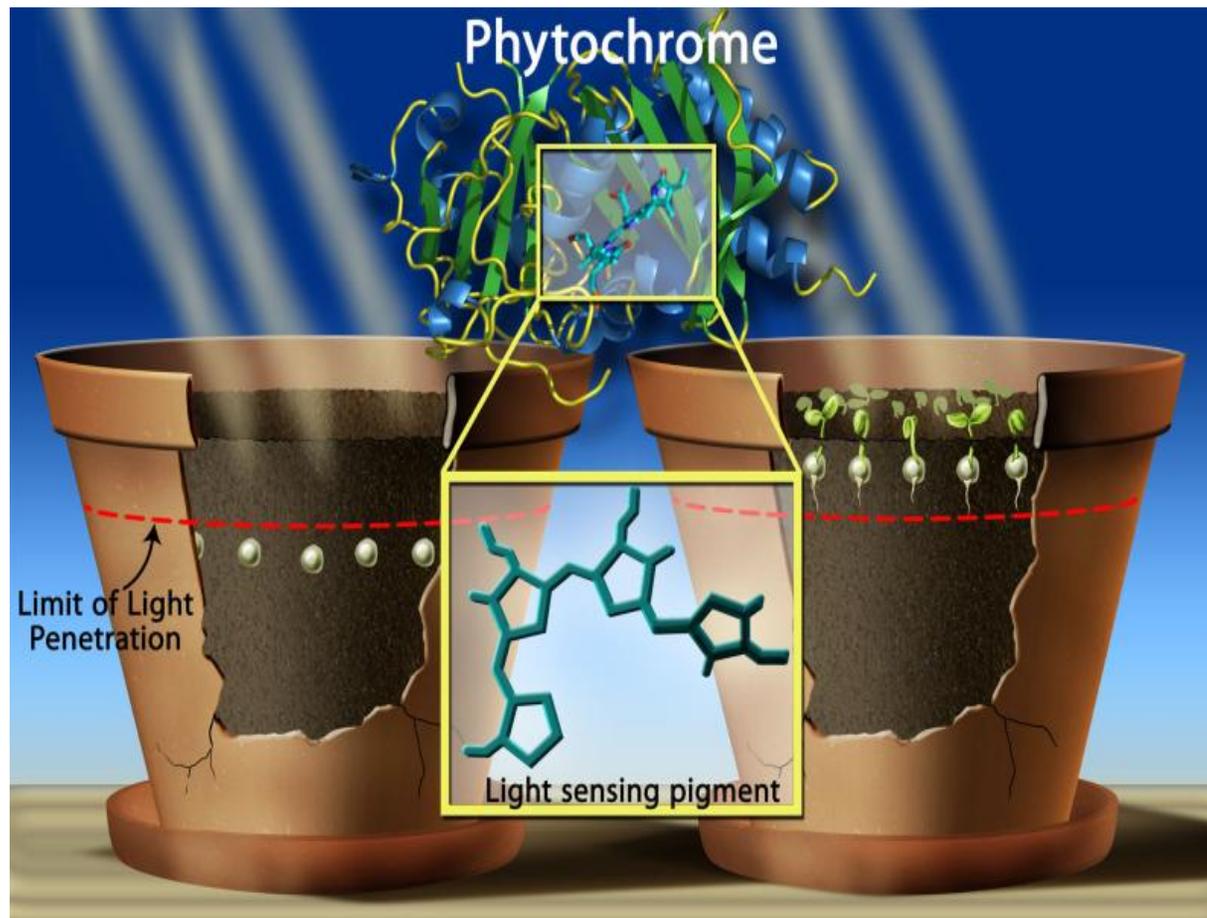
Banco de semillas del suelo

El banco de semillas del suelo está formado por las semillas viables no germinadas presentes en éste, ya sea enterradas, depositadas sobre la superficie o mezcladas en la capa de hojarasca y humus.

Frecuentemente hay gran cantidad de semillas latentes en la mayoría de los suelos, su número depende de factores como la historia, la diversidad y la dinámica de la vegetación que cubre cada suelo.

Factores externos

Luz



Respuesta a muy bajos flujos de luz

Semillas de malezas o plantas invasoras.

Semillas pequeñas con escasas reservas.

Estrategias de germinación cuando el ambiente es favorable.

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



Un biólogo que investiga los mecanismos de respuesta a la luz de las plantas

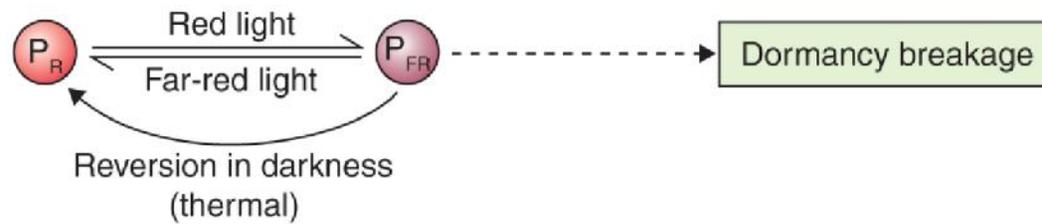
Luces y sombras en las plantas

Jorge Casal fue premiado por demostrar que las plantas “ven” y distinguen si las vecinas son “parientes” a través de receptores de luz, llamados fitocromos. Este conocimiento sienta bases para desarrollar estrategias que impacten en la productividad de cultivos a gran escala.

Por Ignacio Jawtuschenko

Jorge Casal es investigador del Conicet, jefe del laboratorio de Fisiología Molecular de Plantas del Instituto Leloir y trabaja además en el Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas con la Agricultura (Ifeva, UBA-Conicet). En laboratorios que parecen viveros repletos de estanterías con hileras de plantitas en macetas, Casal experimenta buscando descifrar los efectos de la luz y de la sombra en las plantas. Sus investigaciones apuntan a mejorar la productividad agrícola: para eso investiga los mecanismos de respuesta a la luz de las plantas.





Estructura del cromóforo

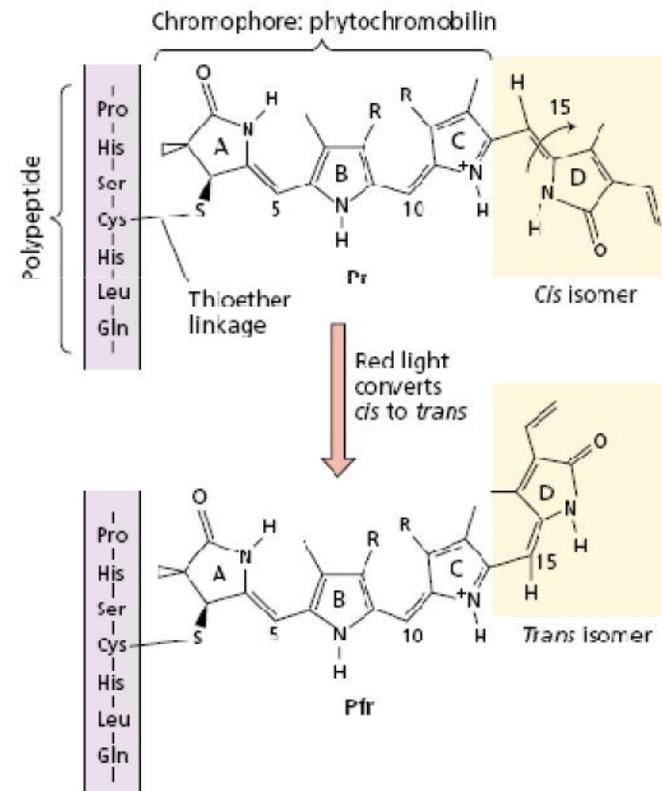
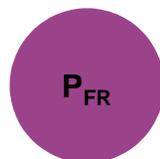
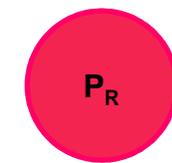
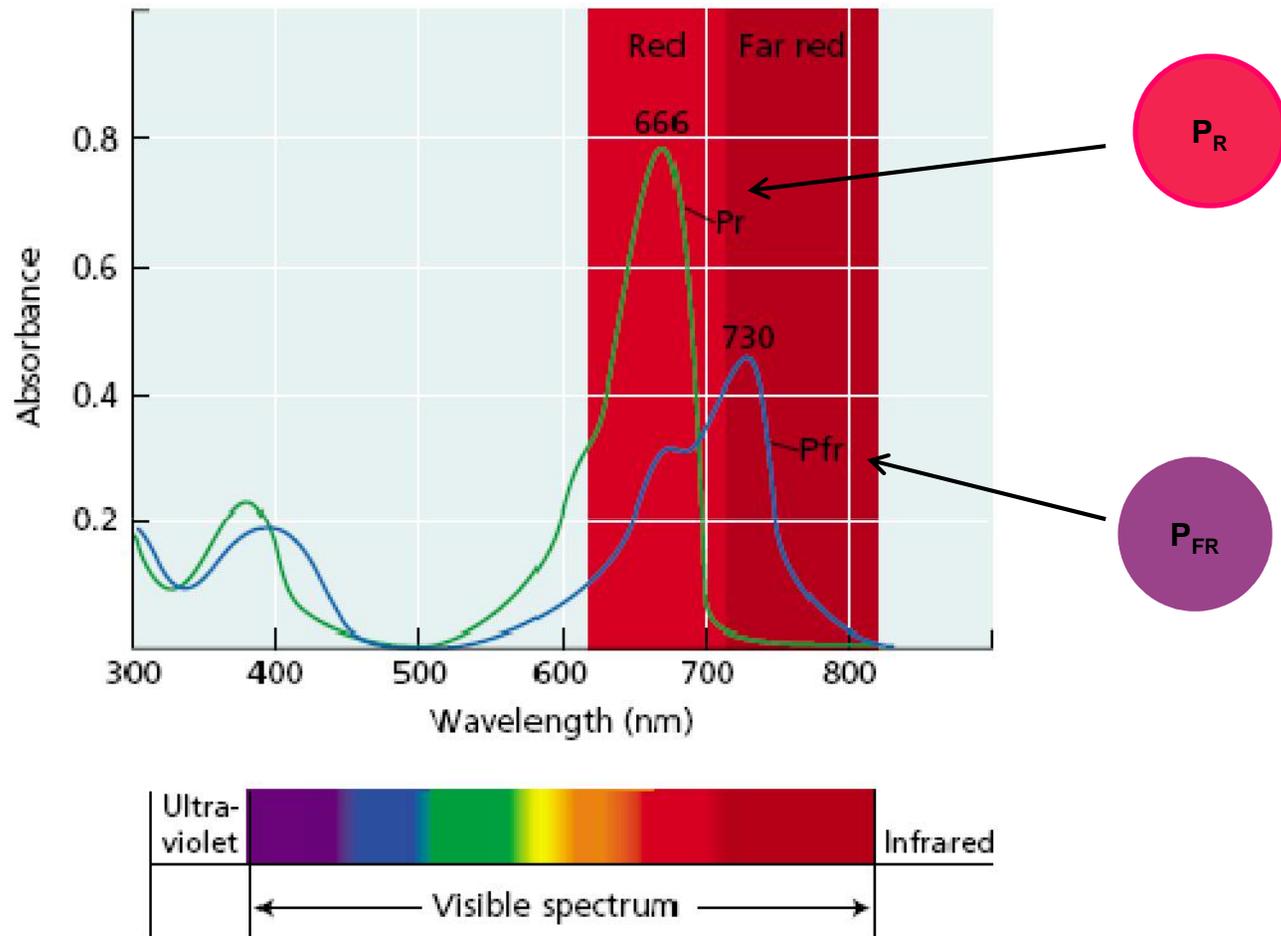
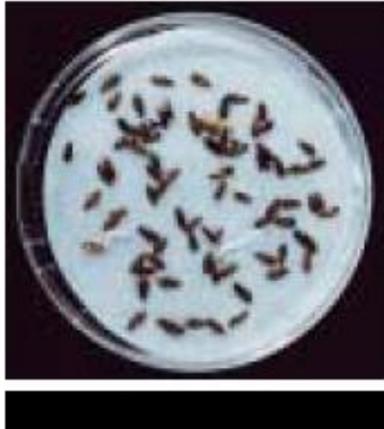


FIGURE 17.4 Structure of the Pr and Pfr forms of the chromophore (phytochromobilin) and the peptide region bound to the chromophore through a thioether linkage. The chromophore undergoes a *cis-trans* isomerization at carbon 15 in response to red and far-red light. (After Andel et al. 1997.)



Espectro de absorción de fitocromos (P_R y P_{FR}) purificados.

Luz roja promueve la germinación



Dark



Red



Red Far-red

Luz rojo lejano inhibe la germinación



Red Far-red Red

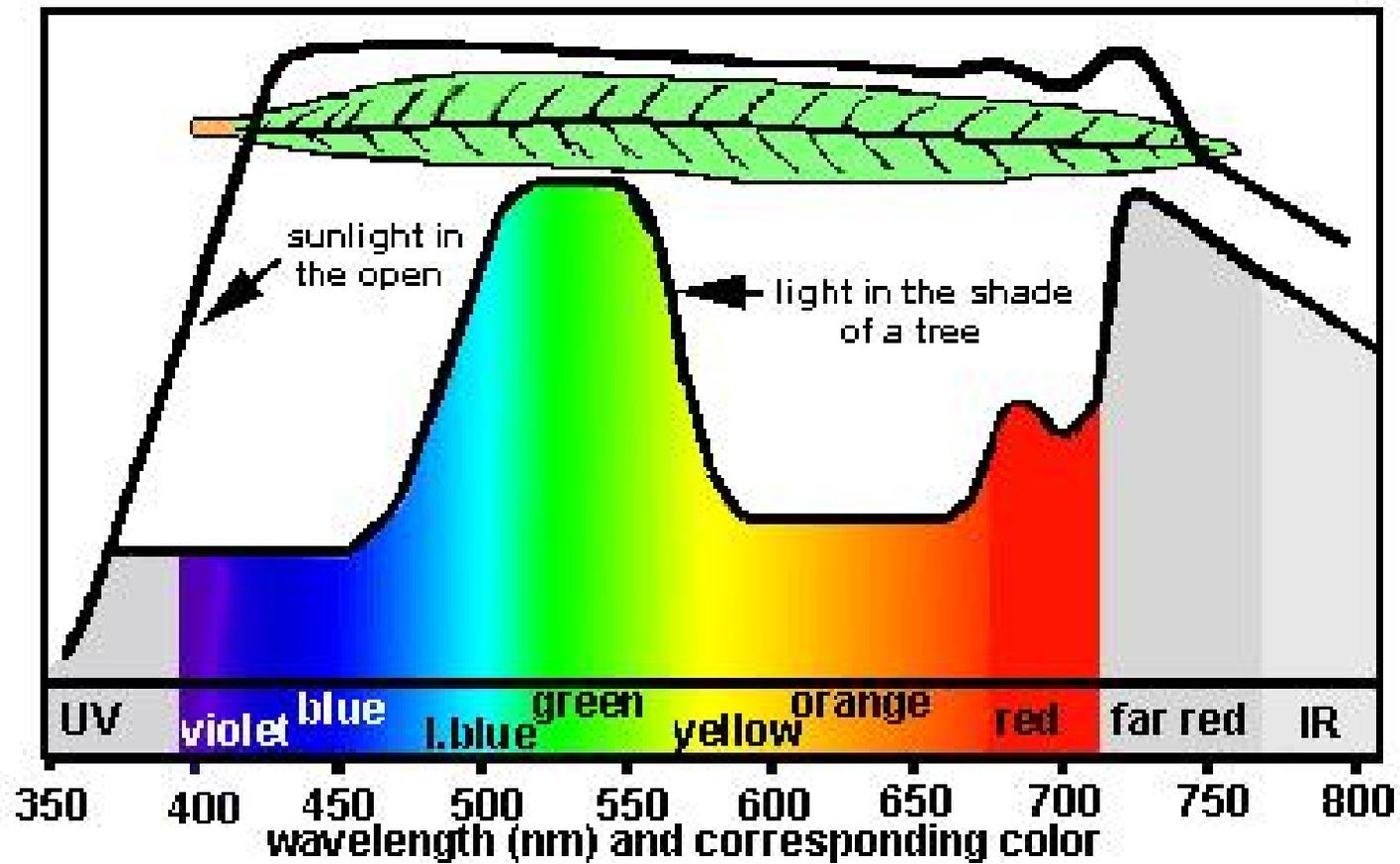


Red Far-red Red Far-red

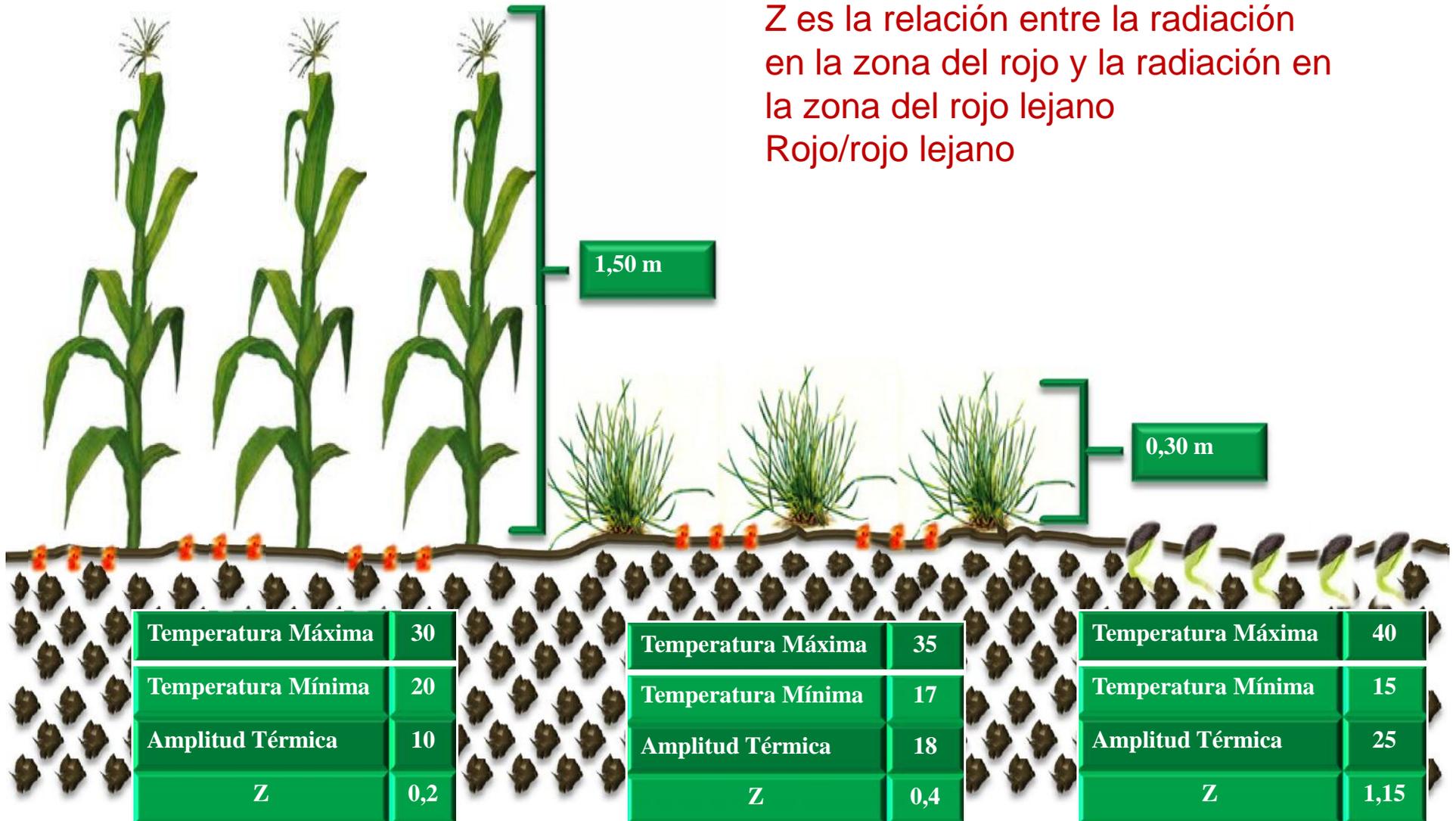
En semillas en imbibición, el efecto depende del último tratamiento recibido

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.)

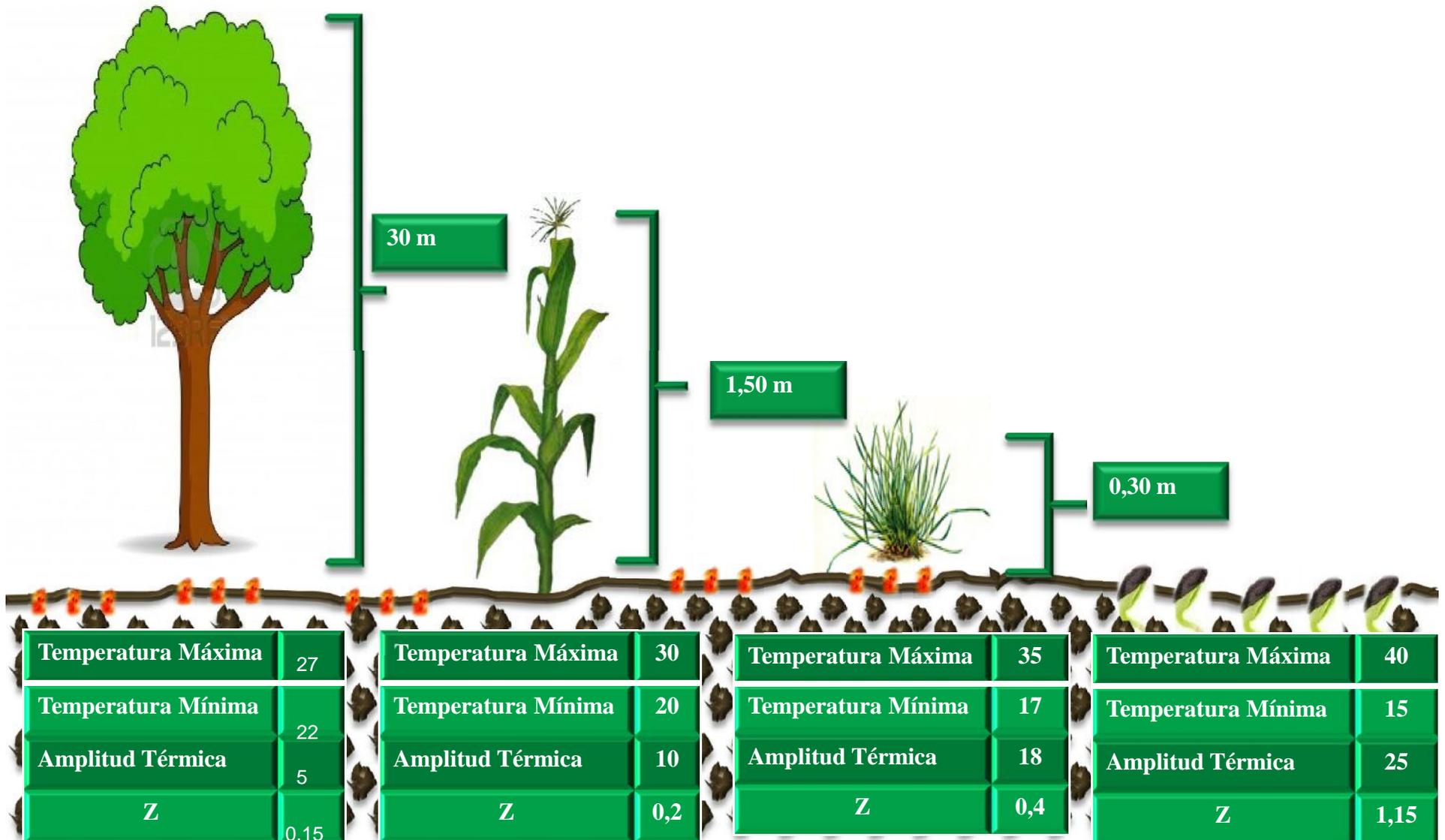
Calidad de la luz



Variación de la amplitud térmica y de la relación rojo/rojo largo (Z) a nivel del suelo en distintos ecosistemas



Variación de la amplitud térmica y de la relación rojo/rojo largo (Z) a nivel del suelo en distintos ecosistemas



Promoción de Rye Grass (*Lolium multiflorum*)

- Forrajera invernal, las semillas forman parte del banco de semillas del suelo (500-1000 semillas/planta).
- El forraje natural del primavera-verano mantiene el z bajo y no germina.
- Es necesario la eliminación de las demás especies de la comunidad (herbicidas, desmalezado mecánico o pastoreo)

