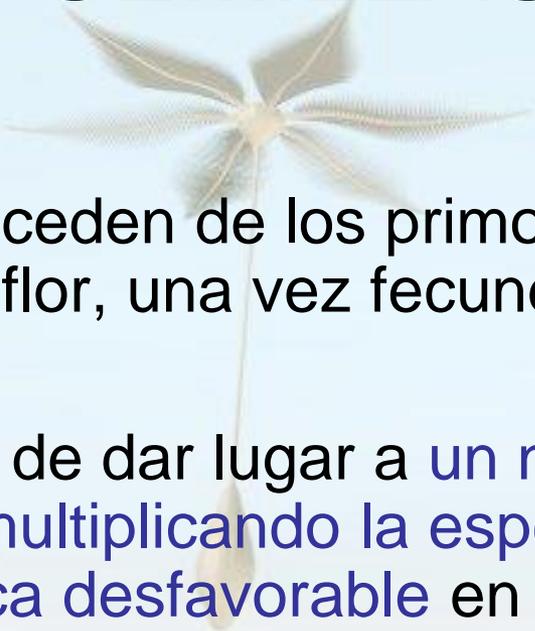


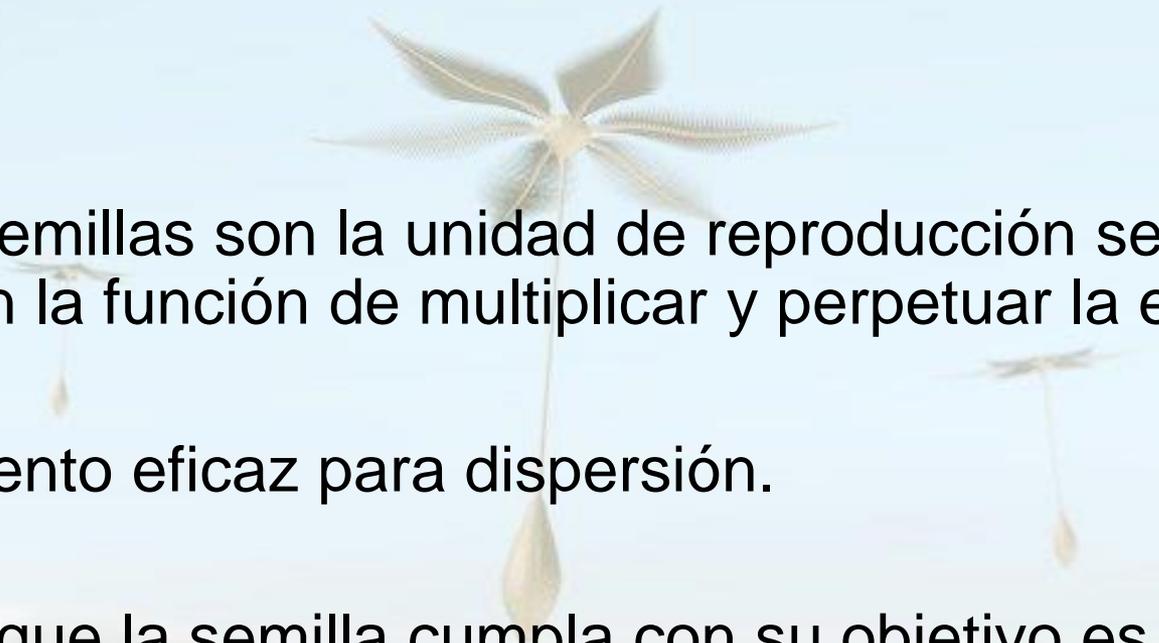
- GERMINACION



# SEMILLAS



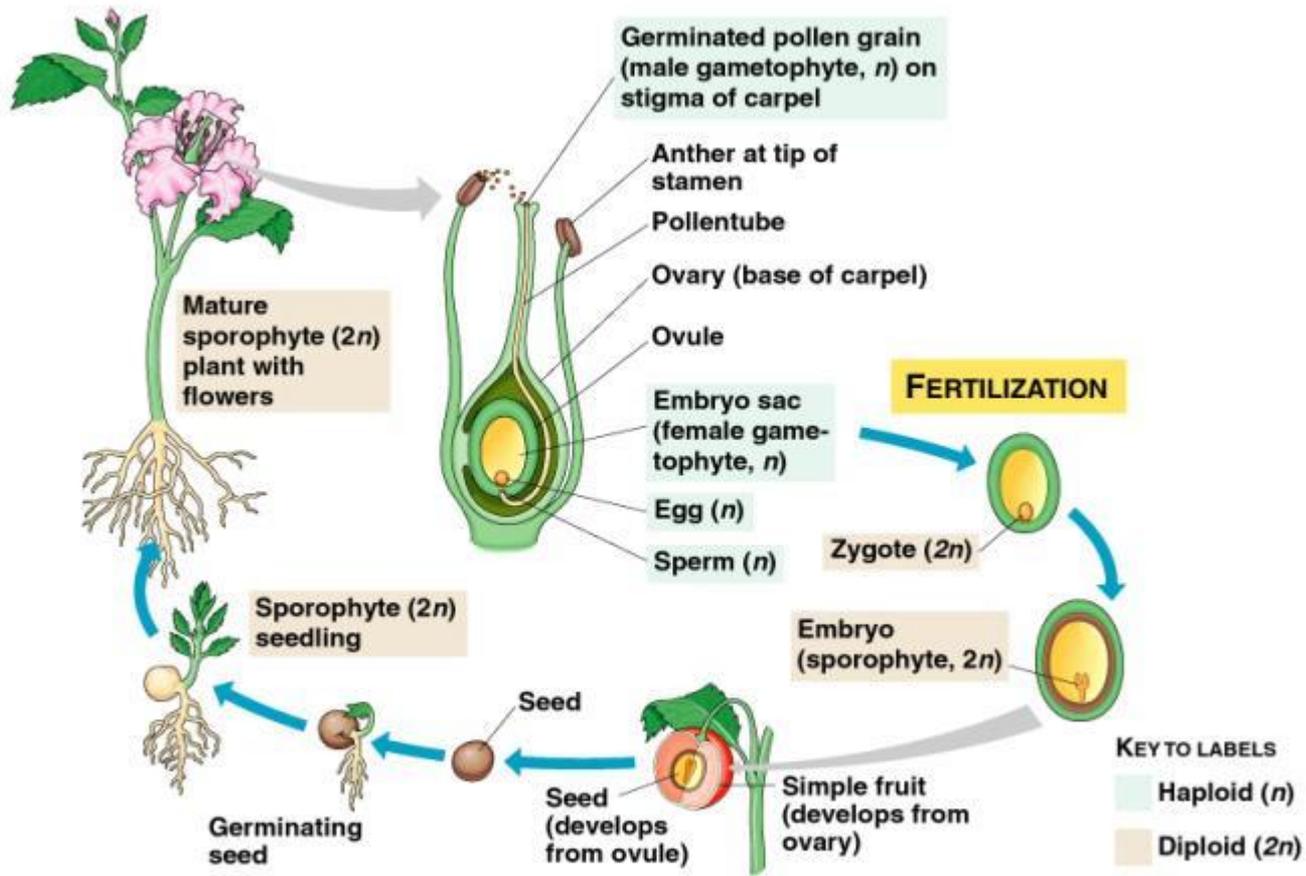
- Las semillas proceden de los primordios o rudimentos seminales de la flor, una vez fecundados y maduros.
- Su función es la de dar lugar a **un nuevo individuo**, **perpetuando** y **multiplicando la especie**, **diseminando** y pasando la **época desfavorable** en estado de semilla.
- La semilla consta esencialmente de un **embrión**, las **reservas**, almacenado en **albumen** o **endospermo** o en el propio embrión, y la **cubierta seminal** que recubre y protege a ambos

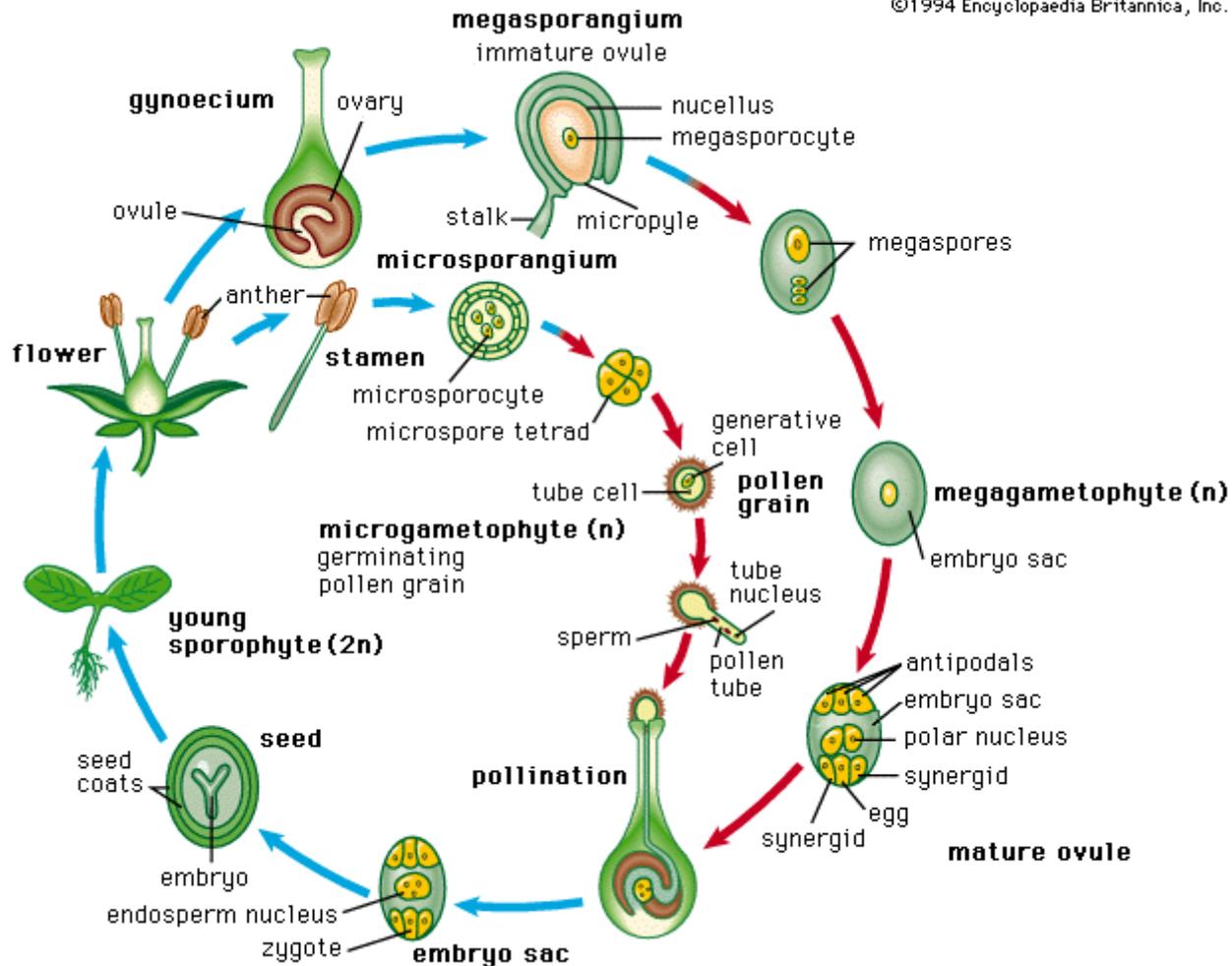
- 
- Las semillas son la unidad de reproducción sexual y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie.
  - Elemento eficaz para dispersión.
  - Para que la semilla cumpla con su objetivo es necesario que el embrión se transforme en una plántula (autotrófa) germinación.
  - Todo ello comprende una serie de procesos metabólicos y morfogénéticos cuyo resultado final es la germinación.

## Proceso de Germinación



- Para que el proceso de germinación, tenga lugar:
  - condiciones ambientales favorables:
    - sustrato húmedo,
    - disponibilidad de oxígeno
    - temperatura adecuada.

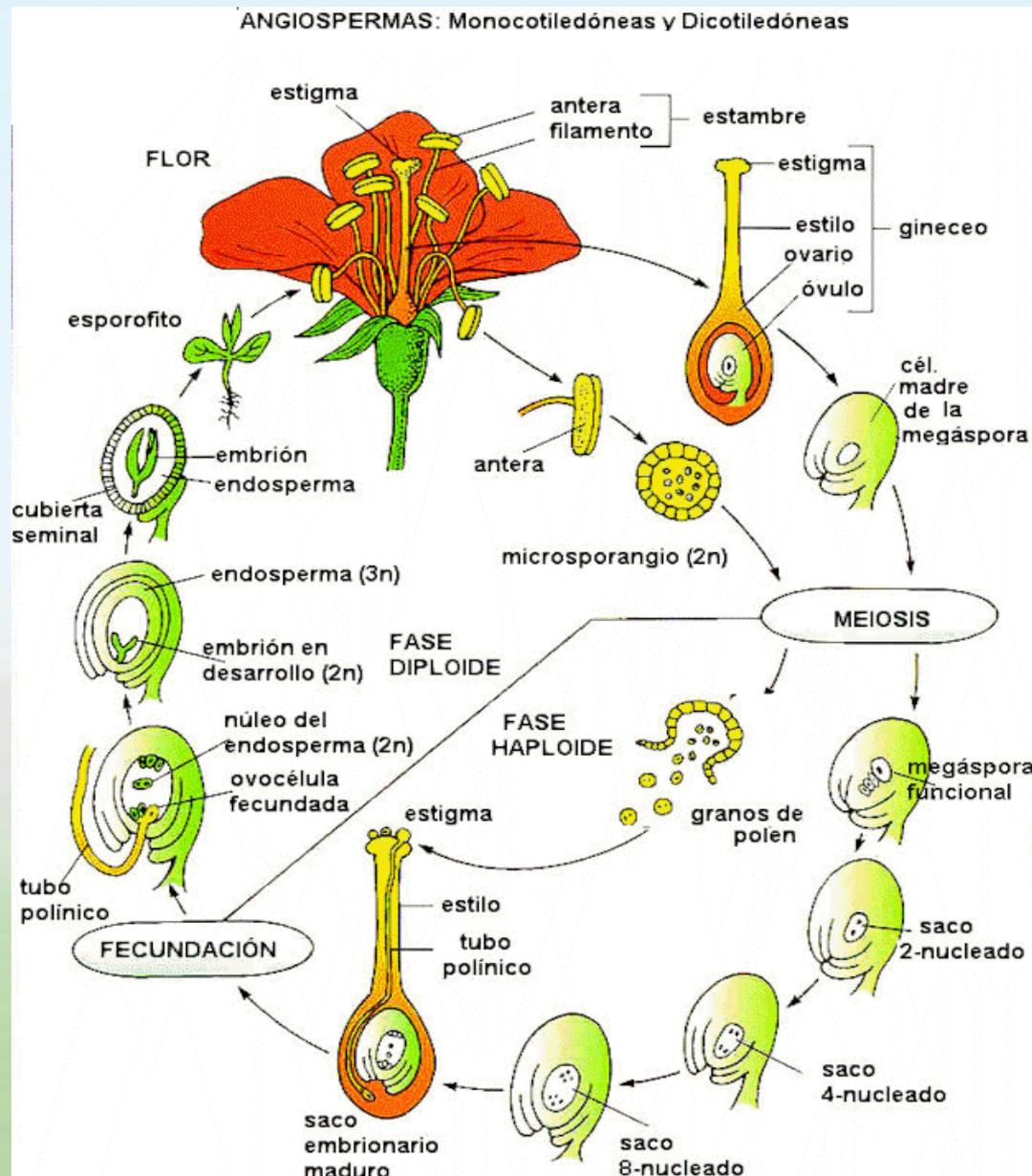




Red indicates haploid stages, blue indicates diploid stages.

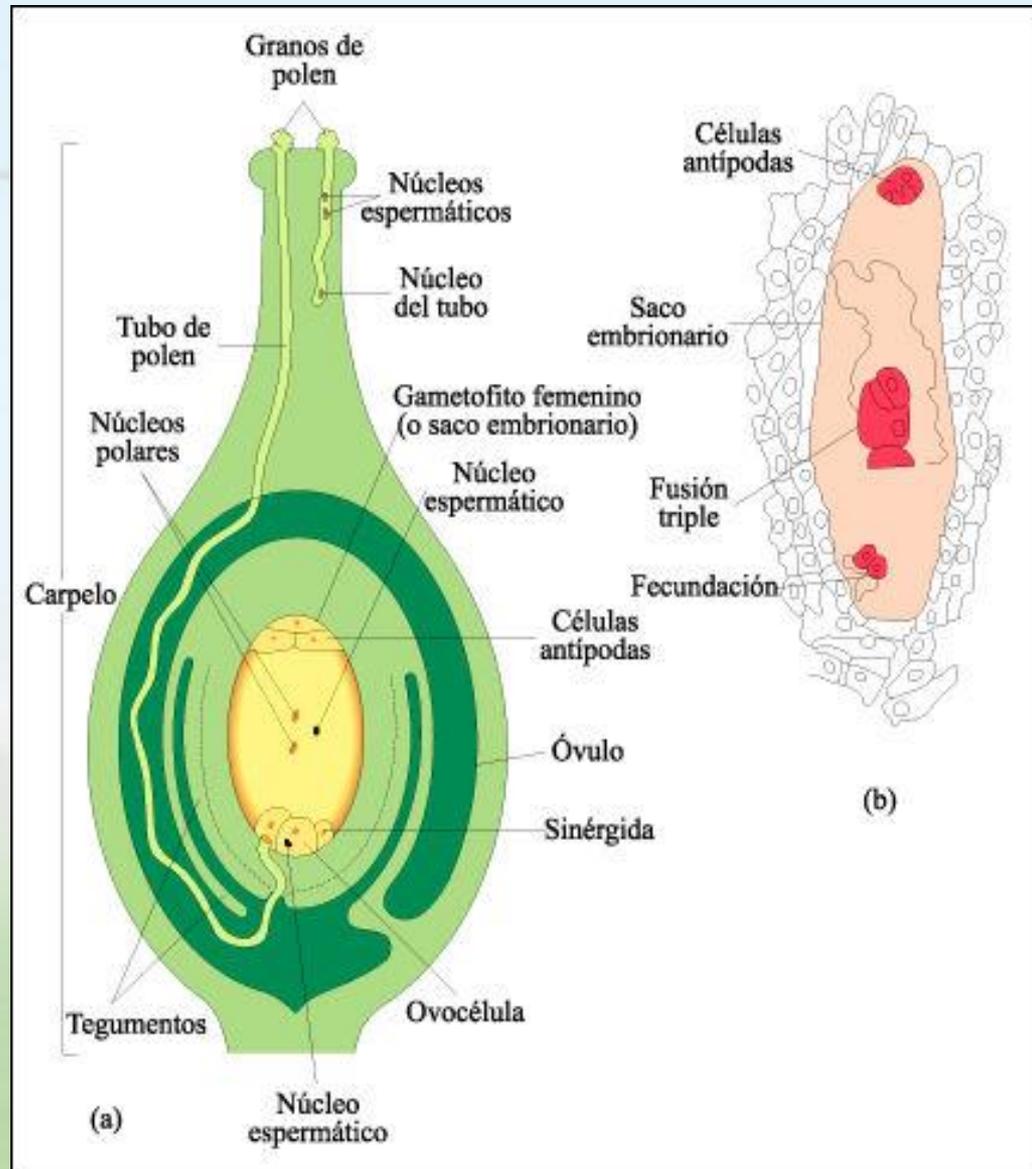
# GERMINACIÓN:

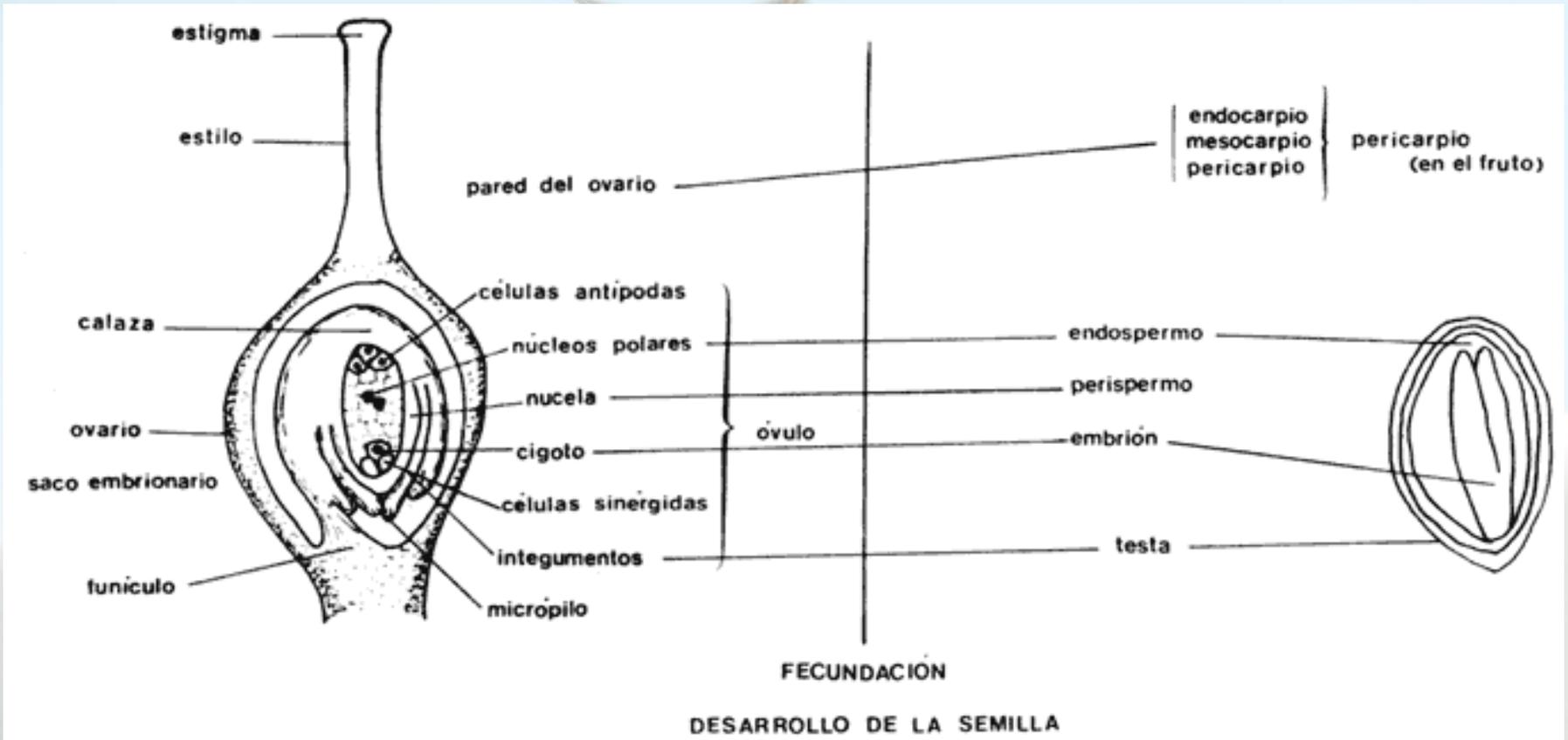
- Fecundación



# GERMINACIÓN

- FECUNDACIÓN

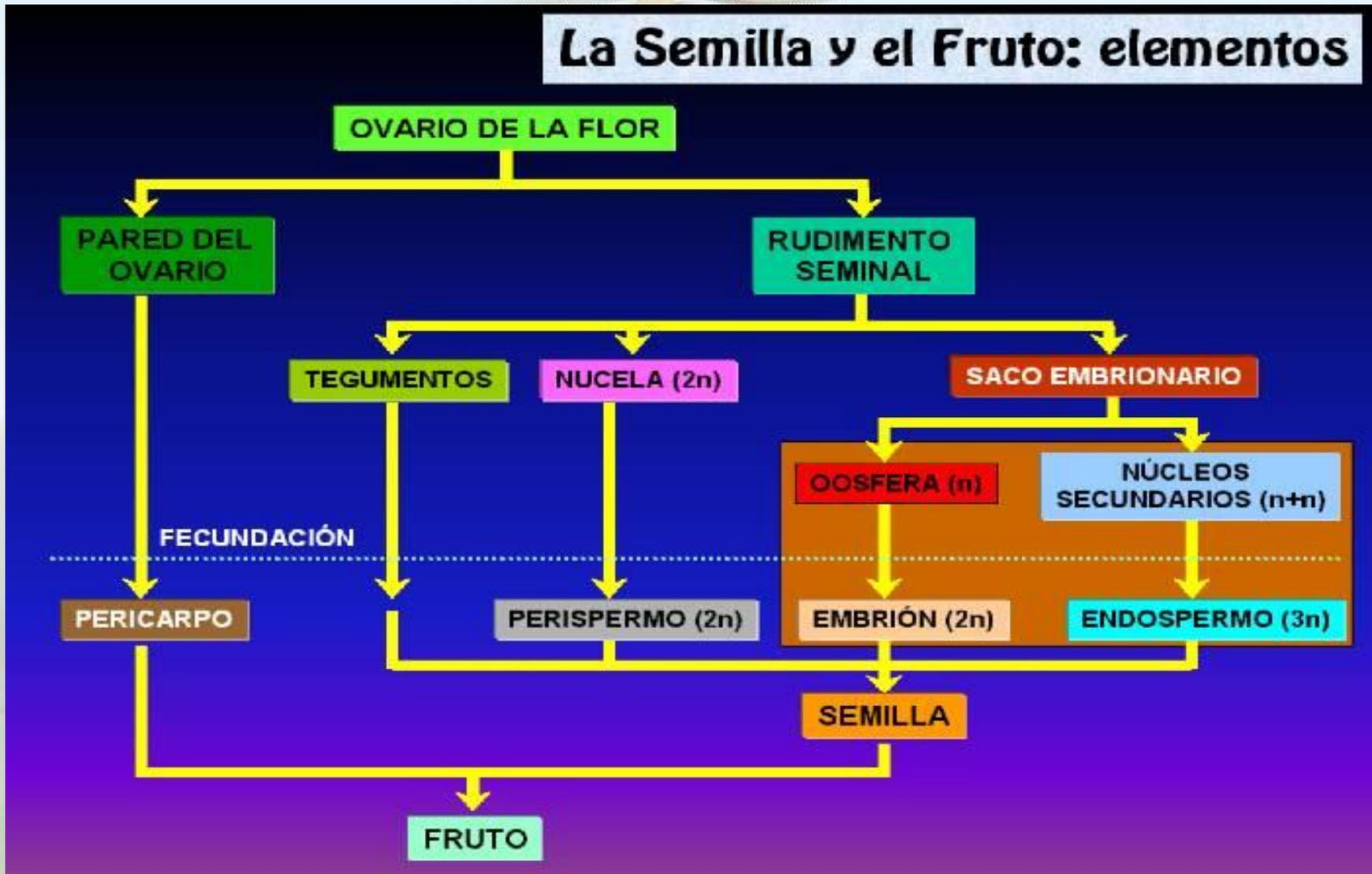




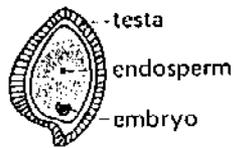
Estructura del ovario de una flor. Se muestran las diferentes capas que lo componen y cómo se transforma después de la fecundación cada estructura en los diversos componentes morfológicos de la semilla.

# Origen de los distintos elementos que constituyen la semilla y el fruto.

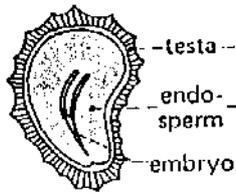
## La Semilla y el Fruto: elementos



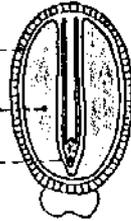
Delphinium



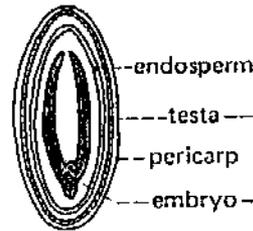
Papaver



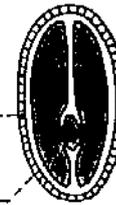
Ricinus communis



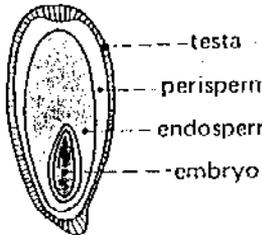
Lactuca



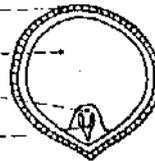
Phaseolus



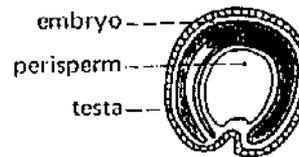
Acorus



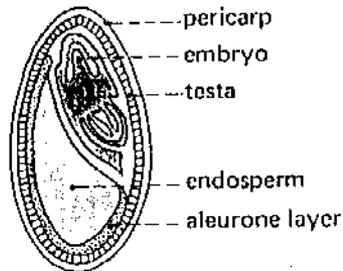
Piper



Beta



Gramineae eg Triticum



Pinus

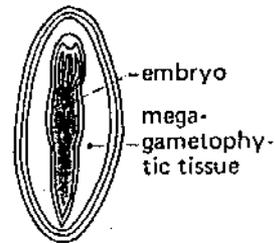
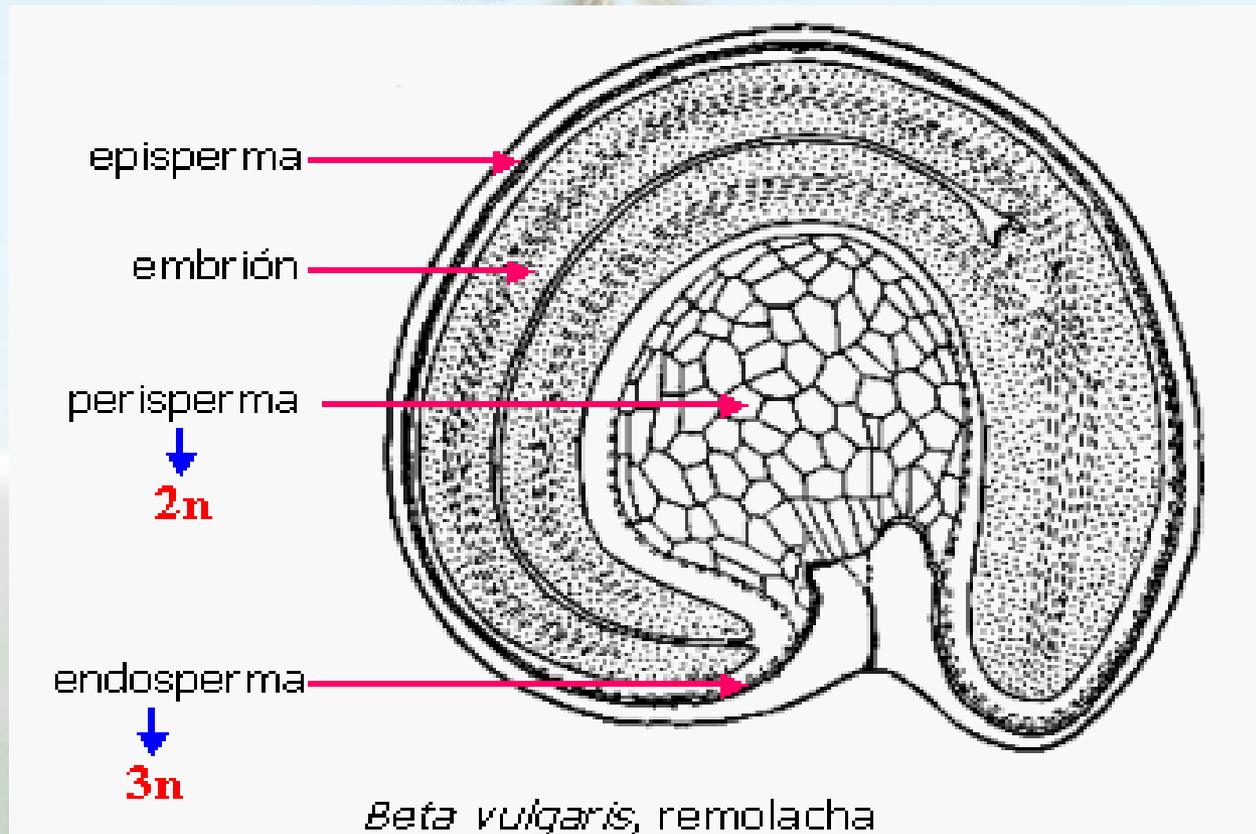


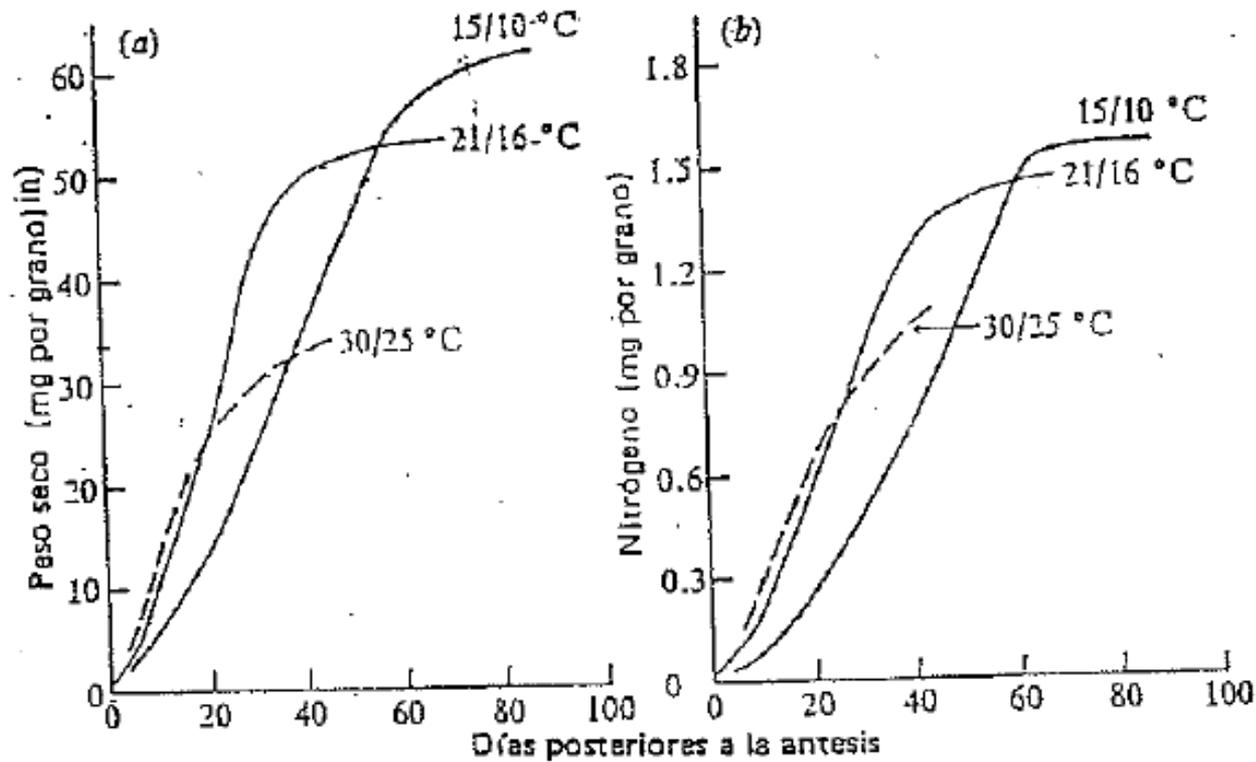
Fig. 2.1. Seed structure. Note the relative proportions of embryo, endosperm and perisperm

# GERMINACIÓN:

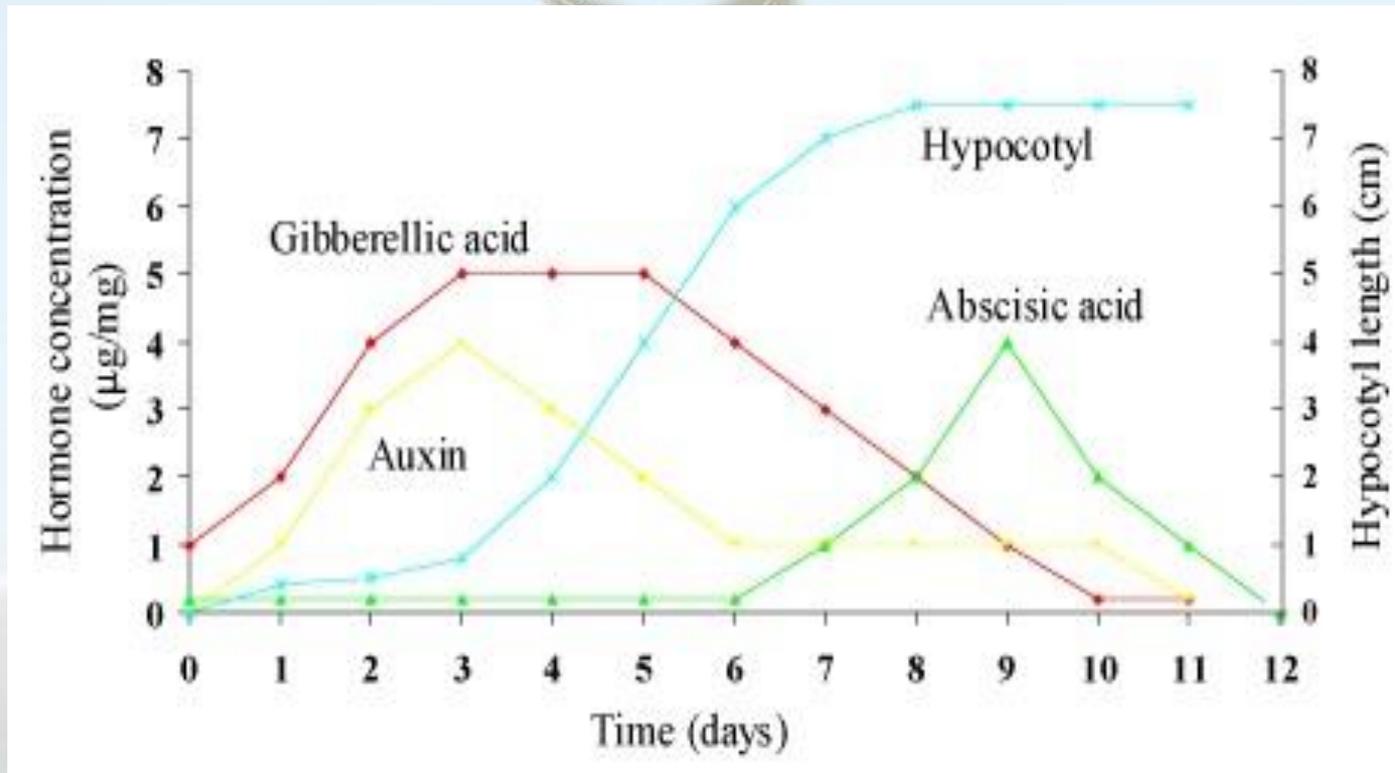
- *Beta vulgaris*



# Llenado de grano por T°C y Longitud del Día



**Figura 3.** Efecto de la temperatura en la acumulación de (a) peso seco y (b) nitrógeno de los granos ubicados en las florecillas basales de las espiguillas del medio en la variedad de trigo "Late Mexico 120" (de Sofield y col., 1974).

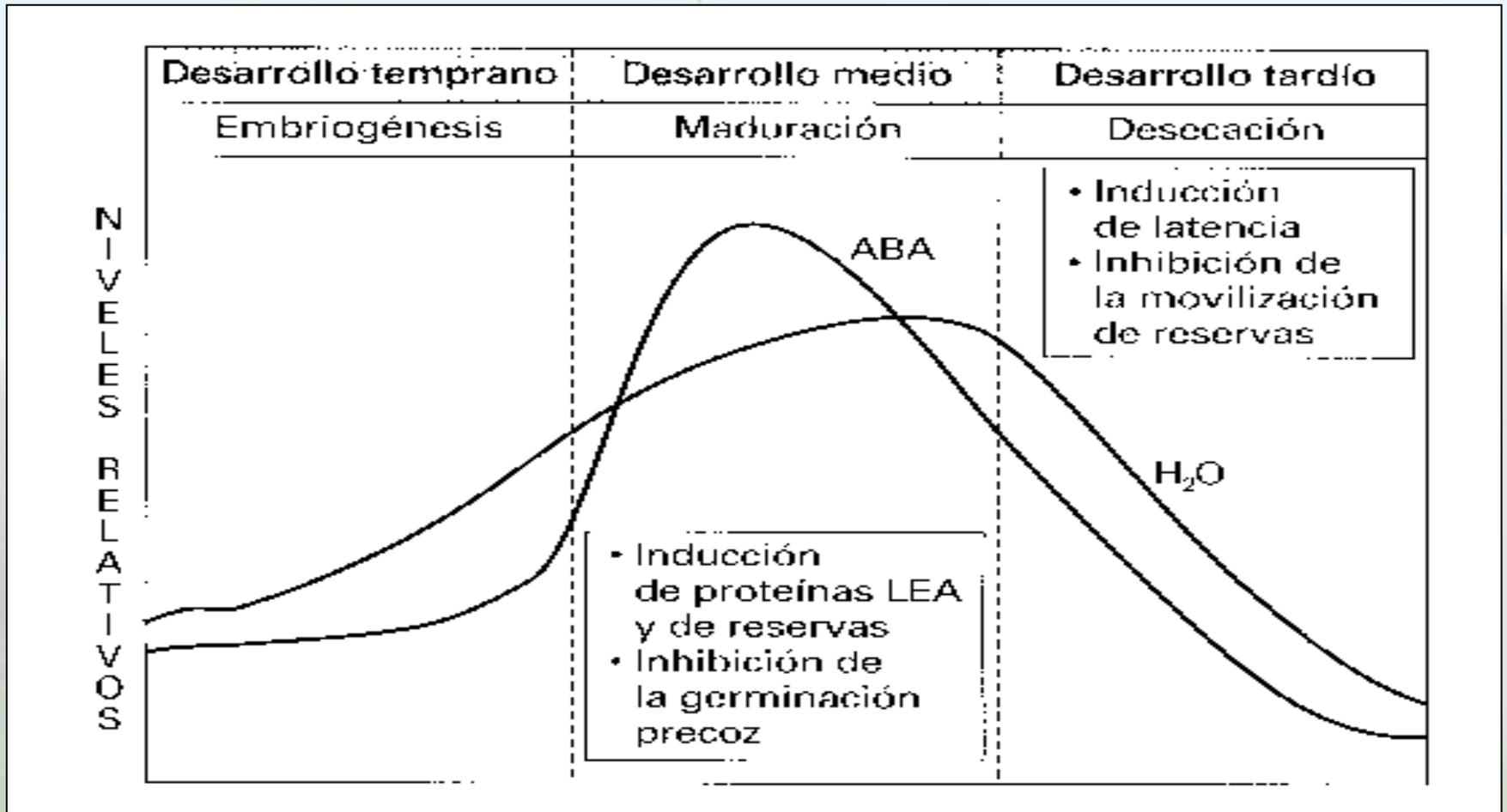


Plant hormones play a role in regulating seed germination. The graph below shows changes in hormone concentrations (left axis) and hypocotyl growth (right axis) over time for mung bean. Which hormone(s) most likely regulates hypocotyl (bean sprout) growth during mung bean germination?

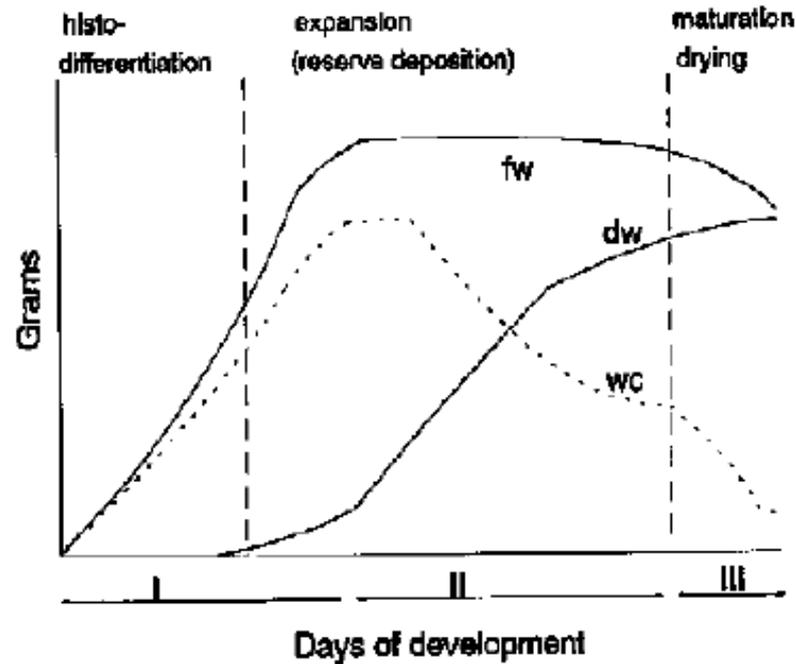
Las mutantes de  
maíz deficientes en  
*ABA* (*vp 14*)  
presentan  
germinación de las  
semillas en la planta  
madre, **viviparismo**.



# Evolución del contenido hídrico y ABA durante el desarrollo de la semilla



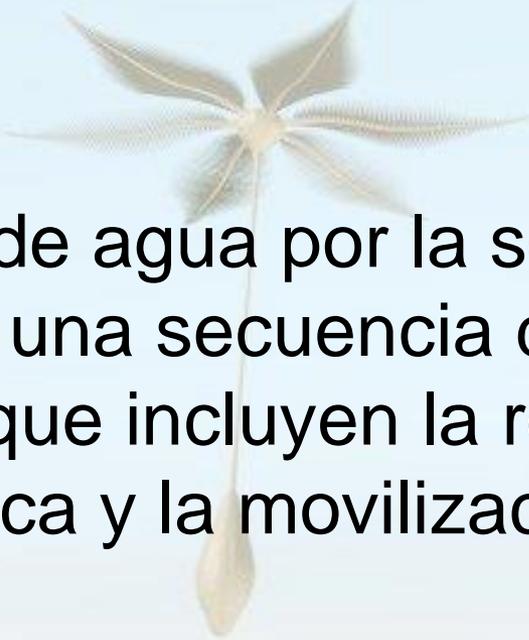
# Formación de la semilla con $\approx 10\%$ de Agua



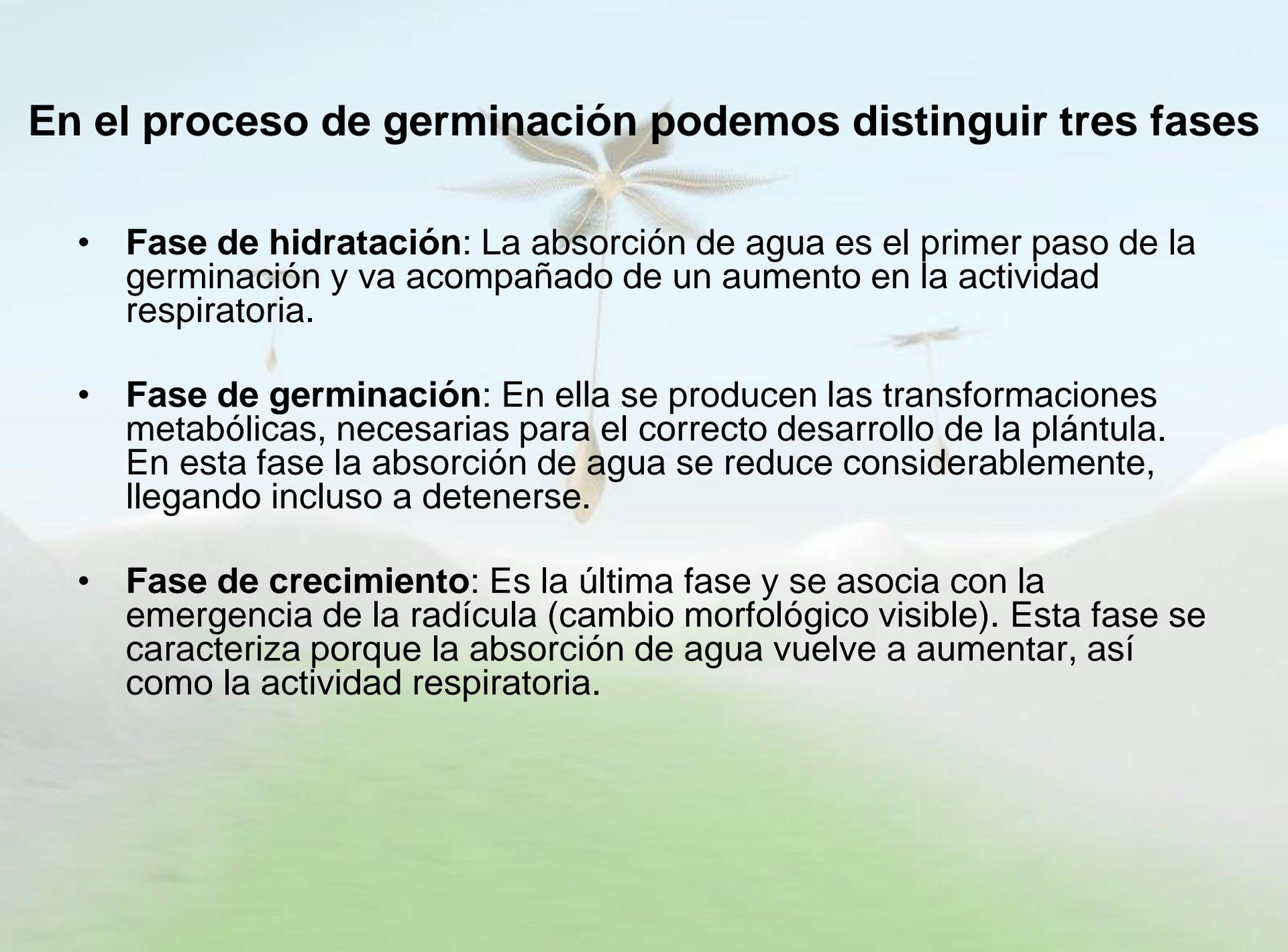
Cambios en el peso fresco (fw), el peso seco (dw) y en el contenido de agua (wc) durante el desarrollo de una semilla. Durante la fase I hay activa división celular, luego en la fase II se acumulan las reservas y hay crecimiento celular. En la fase III la semilla madura y pierde agua.

Silos: al calentarse el aire superficial, asciende tomando el exceso de Humedad que luego deposita en el centro del silo, porque esta mas frio y luego arde, porque prosperan microorganismos.



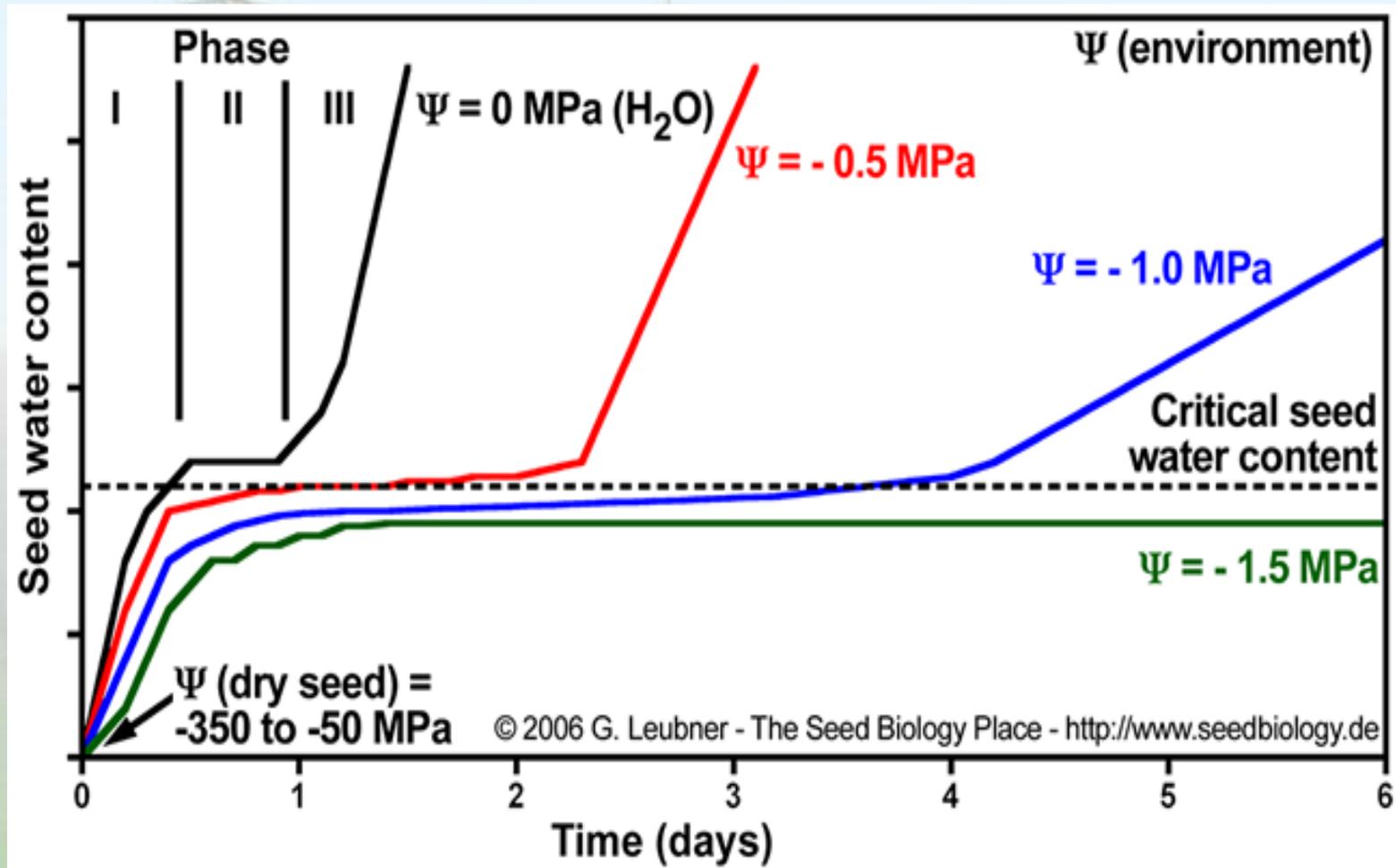
- 
- La absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de cambios metabólicos, que incluyen la respiración, la síntesis proteica y la movilización de reservas.
  - A su vez la división y el alargamiento celular en el embrión provoca la rotura de las cubiertas seminales, que generalmente se produce por la emergencia de la radícula.

# En el proceso de germinación podemos distinguir tres fases



- **Fase de hidratación:** La absorción de agua es el primer paso de la germinación y va acompañado de un aumento en la actividad respiratoria.
- **Fase de germinación:** En ella se producen las transformaciones metabólicas, necesarias para el correcto desarrollo de la plántula. En esta fase la absorción de agua se reduce considerablemente, llegando incluso a detenerse.
- **Fase de crecimiento:** Es la última fase y se asocia con la emergencia de la radícula (cambio morfológico visible). Esta fase se caracteriza porque la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad respiratoria.

La Fase I comienza con  $\approx 10\%$  ( $\psi \approx -50$ - $350$  MPa) y la Fase II con  $\approx 40$ - $60\%$  de Humedad ( $\psi \approx -1$  MPa) Al fertilizar se disminuye el  $\psi$ s del suelo y la plantula no puede absorber H<sub>2</sub>O y muere, en el mejor de los casos en soja muere el 7% .



# IMBIBICIÓN

## 1/Resistencia = Conductancia



*La imbibición, al ser un proceso físico ocurre tanto en semillas viables como no viables.*

En condiciones naturales, además de tener en cuenta el contenido de agua en la semilla (el potencial agua de la semilla), hay que considerar la interacción entre la semilla y el sustrato (suelo).

El grado de contacto entre la semilla y el suelo se denomina impedancia (es decir, la conductividad hidráulica entre la semilla y el suelo). Este depende del volumen y forma de la semilla, del tamaño de los microagregados y macroagregados del suelo y de la composición relativa de sus componentes (arena, limo, arcilla, humus).

Por lo tanto el flujo de agua desde el suelo a la semilla está dado por:

$$F = \frac{\Psi_{\text{sema}} - \Psi_{\text{suelo}}}{i_s + I + i_t}$$

Donde:

$F$  = flujo de agua desde el suelo a la semilla

$\Psi_{\text{sema}}$  = potencial agua de la semilla

$\Psi_{\text{suelo}}$  = potencial agua del suelo

$i_s$  = 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 y los espacios aéreos)

# Contacto de la semilla con las partículas del suelo



Al inicio de la imbibición la diferencia de potencial entre el suelo y la semilla es enorme, luego va disminuyendo. El éxito de la germinación dependerá de la velocidad del movimiento del agua desde el suelo hacia la semilla. Cuando una semilla está en el suelo, su velocidad de imbibición y su subsiguiente germinación estará determinada por la impedancia de la matriz del suelo y el grado de contacto de la semilla con el suelo, la que dependerá en gran medida de la granulometría del suelo.

En la tabla se muestra la velocidad de germinación de semillas de arveja en relación a tamaño de las partículas del suelo y de papel de filtro en contacto con las semillas.

Superficie de contacto (mm <sup>2</sup> )	Días de germinación	
	Comienzo	Finalización
0.8	9	21
3	8	14
9	5	10
28	5	9
Papel de filtro	2	3

Fase III: Síntesis y activación de los sistemas enzimáticos. En esta etapa el peso fresco es constante, no hay absorción de agua y en las semillas viables ocurren los principales eventos metabólicos.

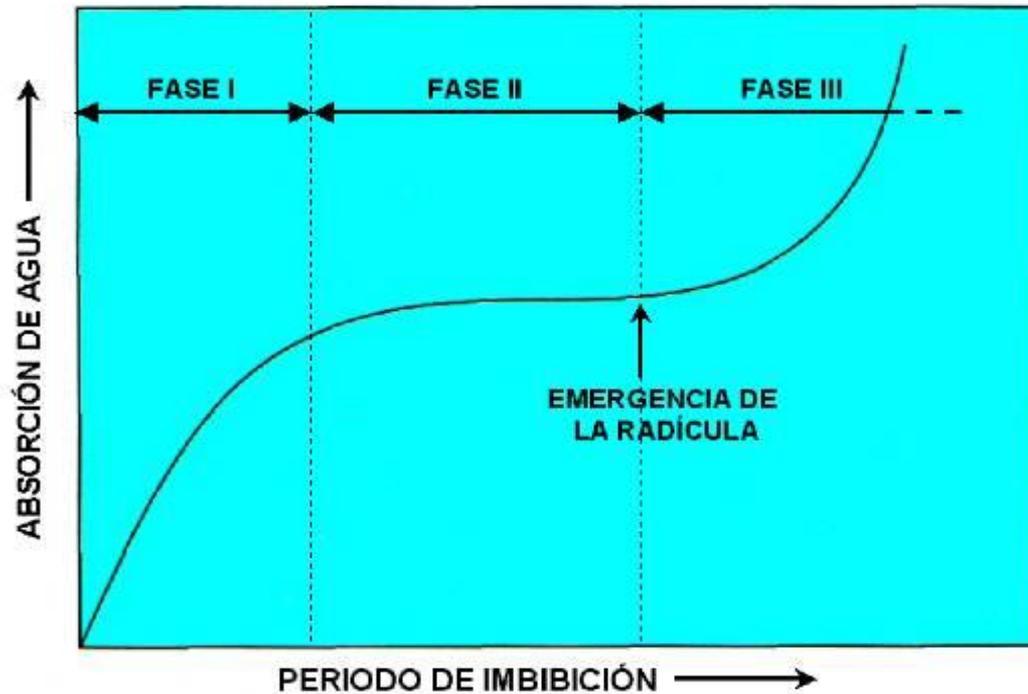
Máquina de precisión, pone la semilla debajo de donde se rompe la capilaridad y compacta la semilla con el suelo

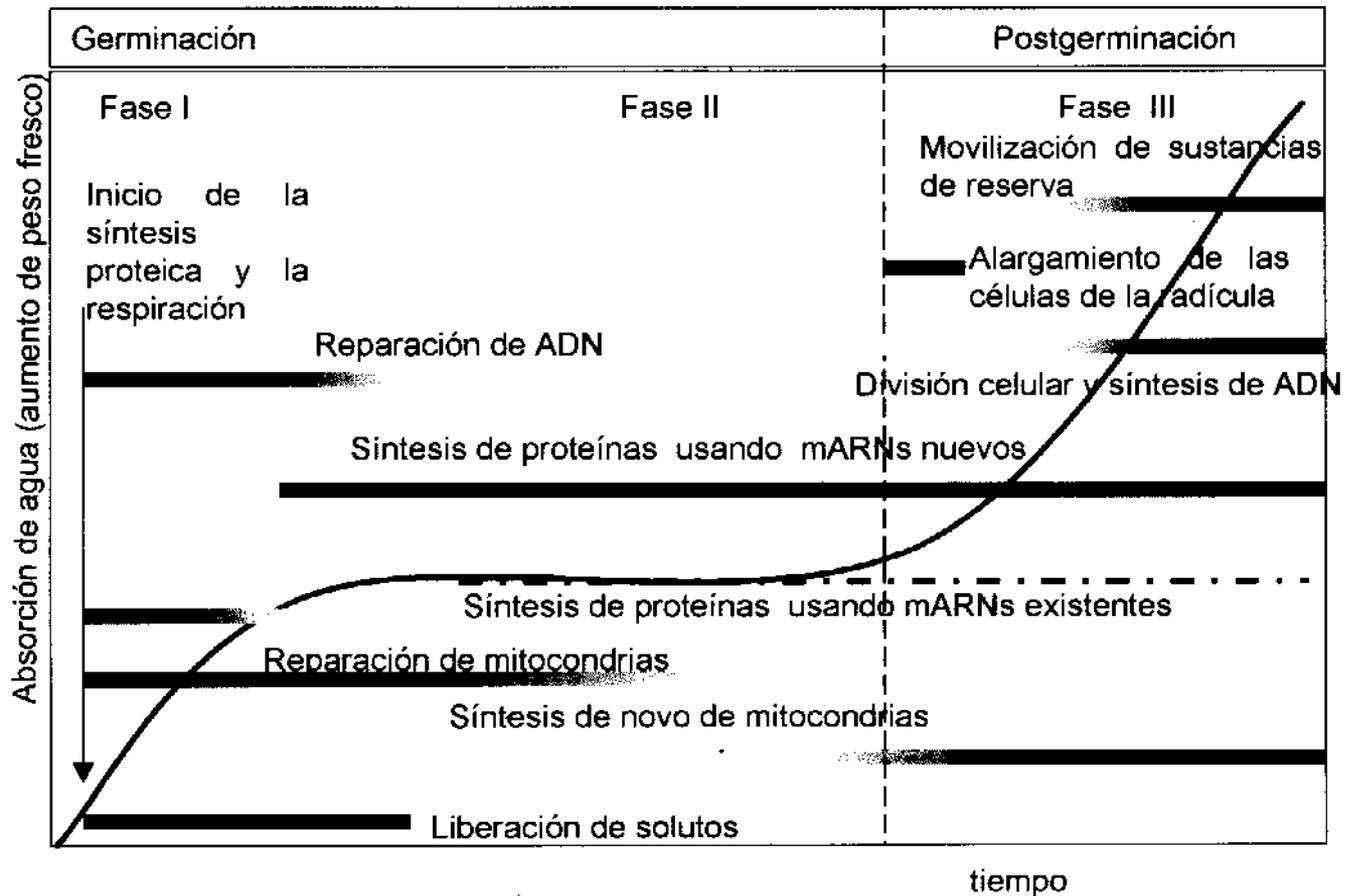


# GERMINACIÓN

- **FASES DE LA GERMINACIÓN**, Esquema de las fases de la imbibición de agua por una semilla, medida mediante el incremento en peso fresco durante el proceso de germinación.

## Fases de la germinación

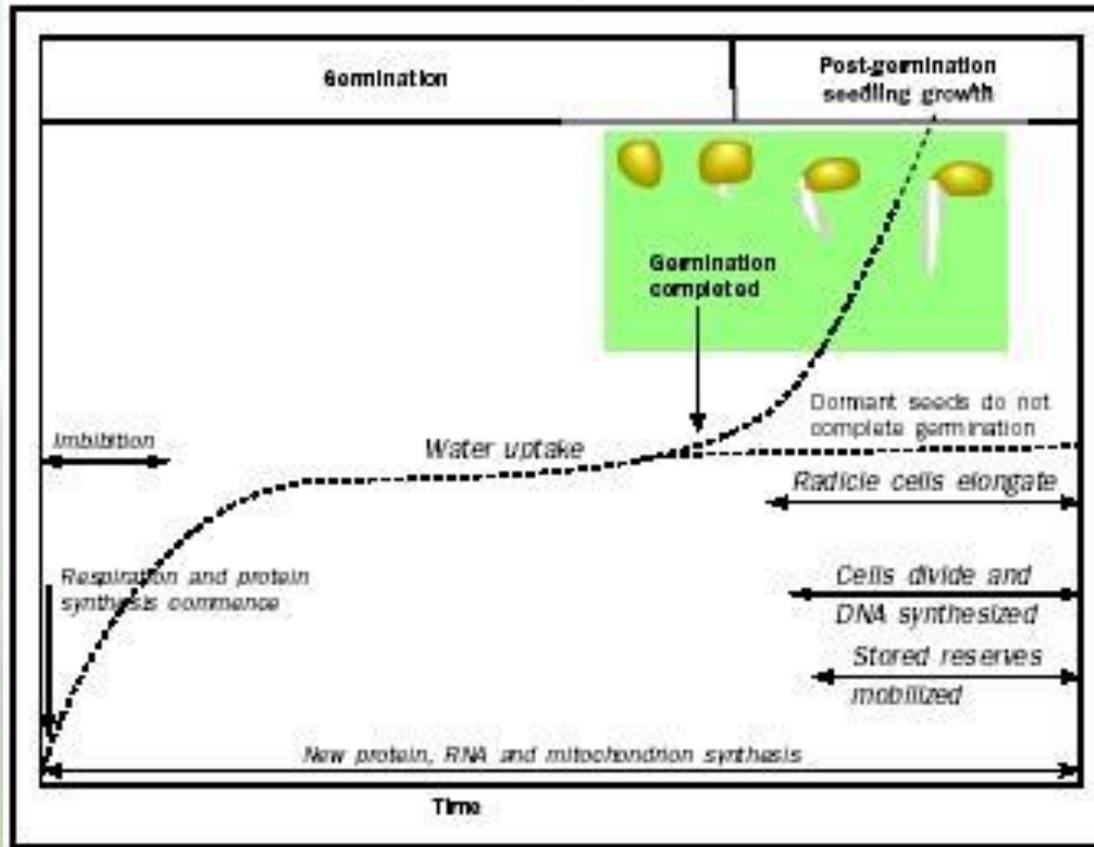




Algunos eventos importantes asociados con la germinación y el crecimiento de postgerminación. Durante la fase I, la semilla absorbe agua (imbibición). La absorción llega a un plateau (fase II). Durante la cual comienza el metabolismo y se produce la reparación completa de los componentes celulares dañados en el proceso de deshidratación-rehidratación. Después de la aparición de la radícula, el peso fresco de la semilla aumenta (fase III) y comienza el crecimiento de la plántula, produciéndose la movilización de las sustancias de reserva.

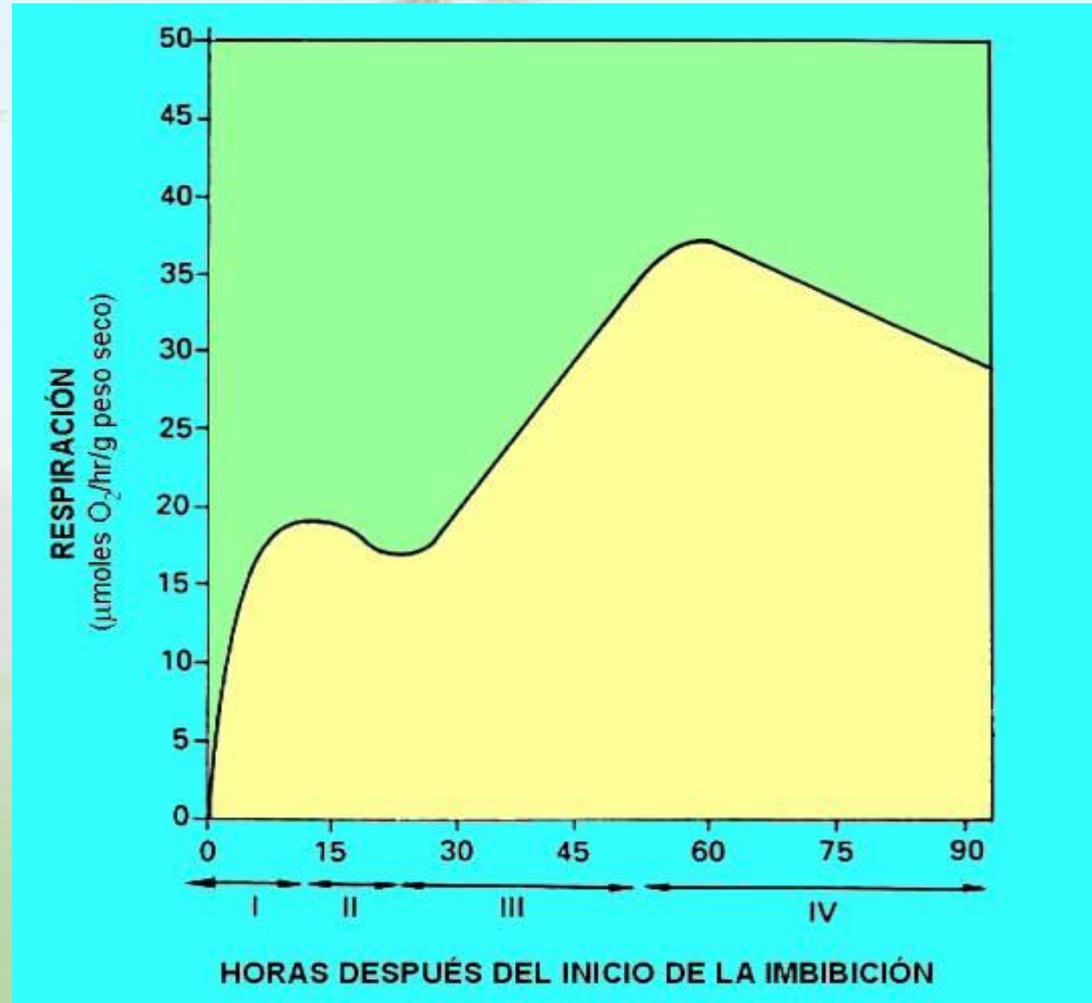
# GERMINACIÓN

- **FASES DE LA GERMINACIÓN**, Esquema de las fases de la imbibición de agua por una semilla, medida mediante el incremento en peso fresco durante el proceso de germinación.

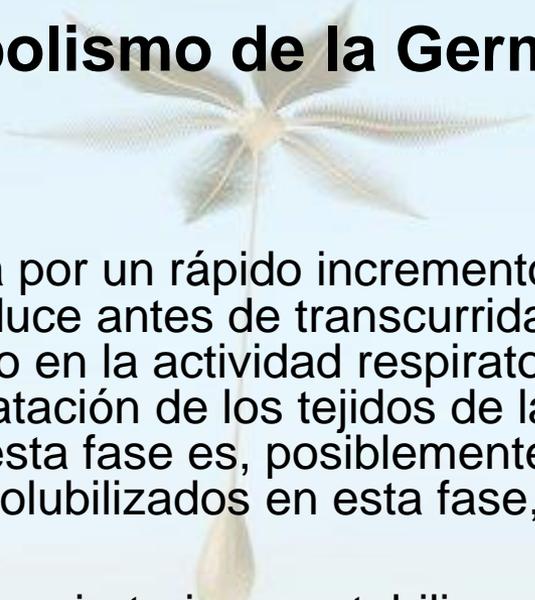


# GERMINACIÓN

- **RESPIRACION.** Evolución de la actividad respiratoria durante la germinación de las semillas de guisante (*Pisum sativum*).



# Metabolismo de la Germinación.



- **Respiración.**
- *Fase I:* Se caracteriza por un rápido incremento en la respiración, que generalmente se produce antes de transcurridas 12h desde el inicio de la imbibición. El aumento en la actividad respiratoria es proporcional al incremento de la hidratación de los tejidos de la semilla. El principal sustrato utilizado en esta fase es, posiblemente, la sacarosa y otros azúcares disponible solubilizados en esta fase, no las reservas.
- *Fase II:* La actividad respiratoria se estabiliza entre las 12 y 24h desde el inicio de la imbibición. Probablemente las cubiertas seminales, que todavía permanecen intactas, limitan la entrada de O<sub>2</sub>. La eliminación de la testa puede acortar o anular esta fase.
- *Fase III:* Se produce un segundo incremento en la actividad respiratoria, que se asocia a la mayor disponibilidad de O<sub>2</sub>, como consecuencia de la ruptura de la testa producida por la emergencia de la radícula.

# Factores que afectan a la germinación.

- **REPOSO**, la semilla no germina por
- **Factores internos** (intrínsecos): propios de la semilla; madurez; viabilidad de las semillas, etc. **Dormición**:
  - Cubiertas Impermeables,  $H_2O$  y  $O_2$
  - Cubierta Duras
  - Embriones Inmaduros
  - Inhibidores propiamente dicho
  - Semillas Fotoblasticas
- **Factores externos** (extrínsecos):  $H_2O$ , temperatura y gases( $O_2$ ). **Quiescencia**



# 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.

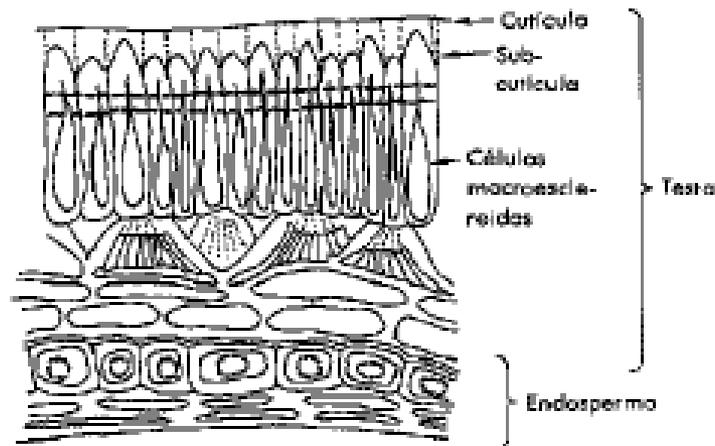
Estas cubiertas pueden impedir el **intercambio gaseoso**.

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

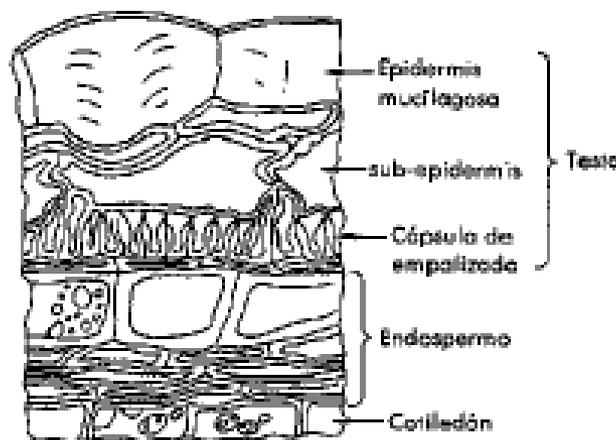
Por ejemplo en las leguminosas, cannaceas, ciruelo.

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

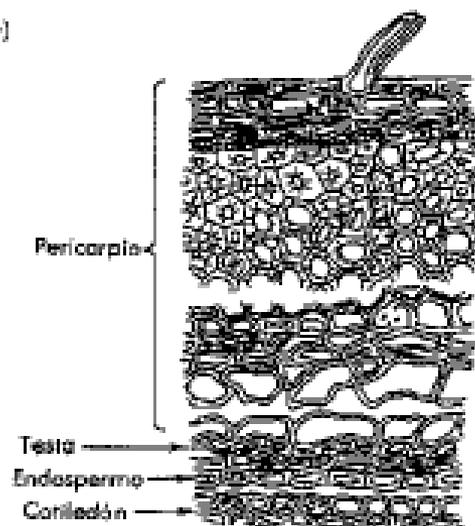
*Escarificación mecánica o química.*



(A. Trébol blanco (Leguminosae))



B. Mostaza Blanca (Cruciferae)



C. Girasol (Compositae)

**Fig. 3-7** Tres tipos de cubiertas de las semillas que influyen en las condiciones de letargo de las mismas. (A) Trébol blanco (*Medicago alba*) LEGUMINOSAE: La capa exterior de células se vuelve dura e impermeable debido a las células macrosclereidas orientadas verticalmente que han sido cubiertas por una capa de cutícula. (B) Mostaza blanca (*Brassica hirta*) CRUCIFERAE: Las cubiertas exteriores de la semilla desarrollan una capa mucilaginosa al remojarlas en agua. (C) Girasol (*Helianthus annuus*) COMPOSITAE: El pericarpio se endurece en una capa fibrosa que coalesce con la cubierta de la semilla. La capa endospermica es delgada y más o menos membranosa, y en algunas especies y cultivares puede funcionar en el control del letargo. Cortesía de Bewley y Black. (3)



## 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 por Inhibidores Eliminación por Estratificación Natural

Los cambios fisiológicos que ocurren durante la estratificación y la postmaduración de embriones en letargo son muy complejos. Sin embargo, se les ha asociado con cambios en las concentraciones de sustancias estimuladoras del crecimiento.

En semillas en letargo de ciruelo (Fig. 6-7), nogal (*Juglans* spp.) (84) durazno (*Prunus persica*) (37, 83) y avellano (*Corylus avellana*) (138) se han encontrado contenidos elevados de sustancias inhibitoras del crecimiento, identificadas usualmente como ácido abscísico (ABA). Estas sustancias se presentan en las concentraciones más elevadas en las cubiertas de semillas recién cosechadas. Invariablemente, la concentración disminuye durante el enfriamiento, como se muestra para ciruelo en la Fig. 6-7, y a veces pueden ser lixiviadas con agua. No obstante, su desaparición no necesariamente coincide con el inicio de la germinación. Por otra parte, la aplicación de ABA a semillas enfriadas listas para germinar, siempre impide la germinación.

Ciertas sustancias estimuladoras del crecimiento, usualmente identificadas como giberelinas, se encuentran a baja concentración en las semillas en letargo de varias especies, como ciruelo (82) y durazno. (85) Los contenidos de giberelina aumentan durante el enfriamiento, (86) como se muestra en la Fig. 6-7 para semillas de ciruelo. (82)

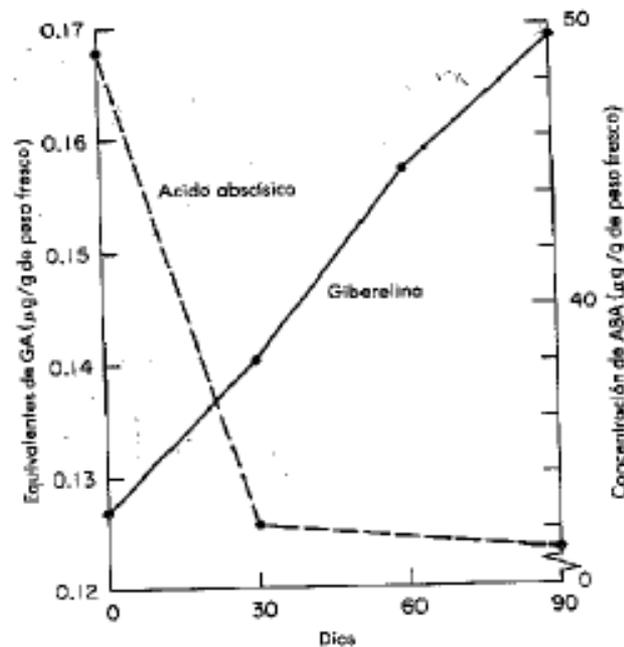


Fig. 6-7 Cambios en los contenidos endógenos de ácido abscísico y de giberelina en semillas de ciruelo durante la estratificación. Reproducido de Lin y Boe. (82)





## 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.*

# Factores que afectan a la germinación.

Especies forestales que requieren ESTRATIFICACION  
(microorganismos que escarifican, lavado de inhibidores y frío)

Ginkgo biloba, requiere 10 semanas a 15-21°C, por dormición por Embrión Inmaduro, luego varios meses a 4 °C.

Fresno, requiere de 2 a 4 meses a 4°C.

Eucalipto, generalmente no tiene dormición, pero algunas especies requieren 2 meses a 4°C.

Abeto, requiere 2 meses.; Celtis , requiere 2 meses.

Olmo, requiere 2 meses.; Arce, requiere entre 2 a 3 meses.

Pinos, algunos requieren 1 mes, otros 2 meses y otros 3 meses.

Nothofagus dombeyi (Coigue) requiere 3 meses, la germinación del 50-65% comienza a los 6-8 días y finaliza a los 12-15 días.

Robles, algunos no requieren, otros requieren hasta 3 meses.

Cedro y Álamo no requieren. Los Sauces tampoco pero la viabilidad de la semillas maduras es de 4 a 6 semanas.

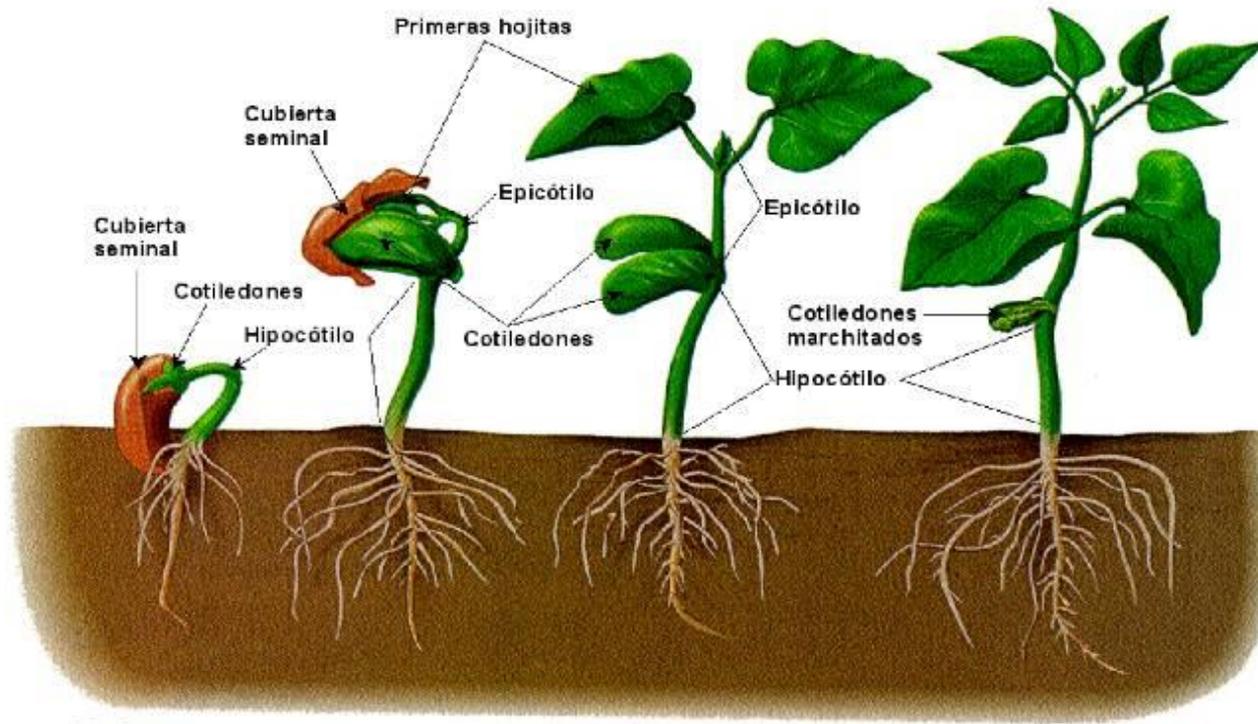
# Tipos de Germinación

## Germinación epigea.

- Los cotiledones emergen del suelo debido de un considerable crecimiento del hipocótilo.
- Posteriormente, en los cotiledones se diferencian cloroplastos, transformándolos en órganos fotosintéticos y, actuando como si fueran hojas.
- Finalmente, comienza el desarrollo del epicótilo.
- Presentan este tipo de germinación las semillas de cebolla, ricino, porotos, lechuga, mostaza blanca, etc.

# Germinación epigea de Leguminosas.

## Germinación epígea

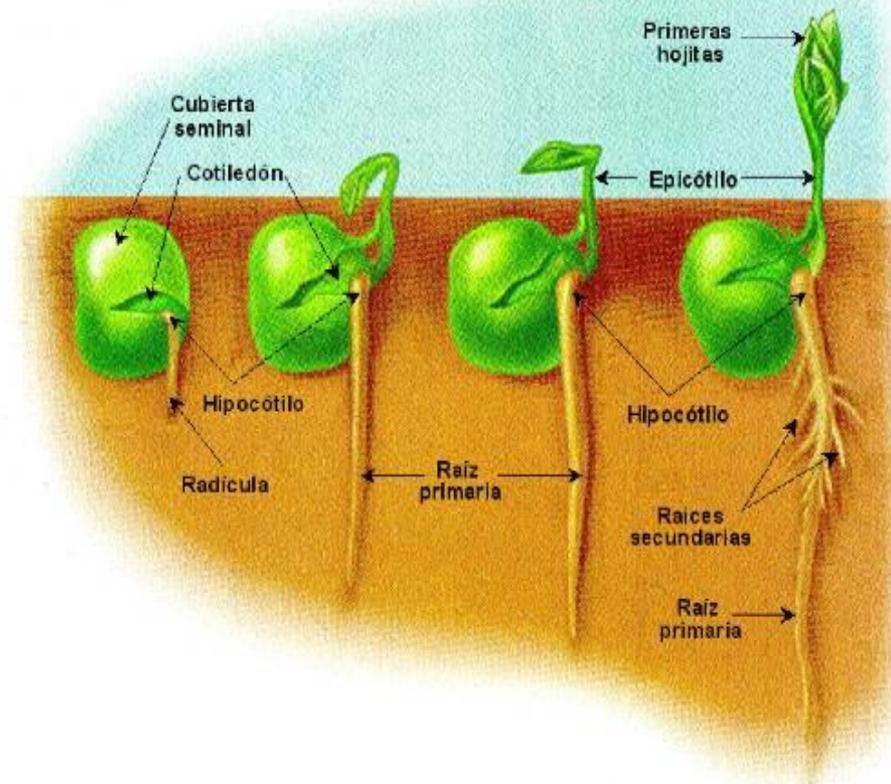


## Germinación hipogea.

- En las plántulas hipogeas, los cotiledones permanecen enterrados; únicamente la plúmula atraviesa el suelo. El hipocótilo es muy corto, prácticamente nulo.
- El epicótilo se alarga, apareciendo las primeras hojas verdaderas, que son, en este caso, los primeros órganos fotosintetizadores de la plántula. Este tipo de germinación lo presentan las semillas de los cereales (trigo, maíz, cebada, etc.), guisante, haba, robles, etc.

# Germinación hipogea de *Pisum sativum*.

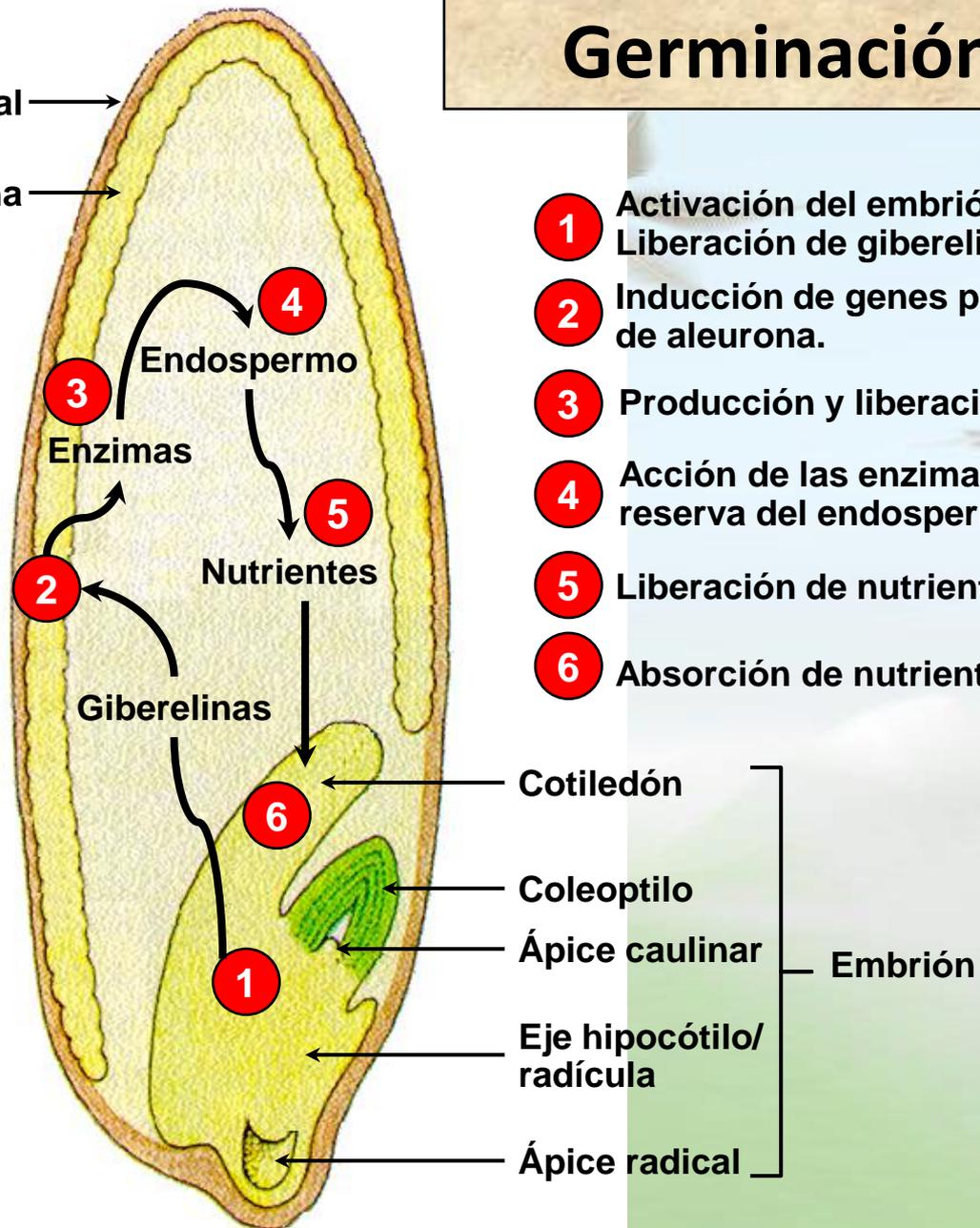
## Germinación hipogea



# Germinación en cereales

Cubierta seminal →

Capa de aleurona →



- 1 Activación del embrión.  
Liberación de giberelinas
- 2 Inducción de genes por las giberelinas en la capa de aleurona.
- 3 Producción y liberación de enzimas hidrolíticos.
- 4 Acción de las enzimas sobre los materiales de reserva del endospermo.
- 5 Liberación de nutrientes (monómeros)
- 6 Absorción de nutrientes por el embrión.

Cotiledón

Coleoptilo

Ápice caulinar

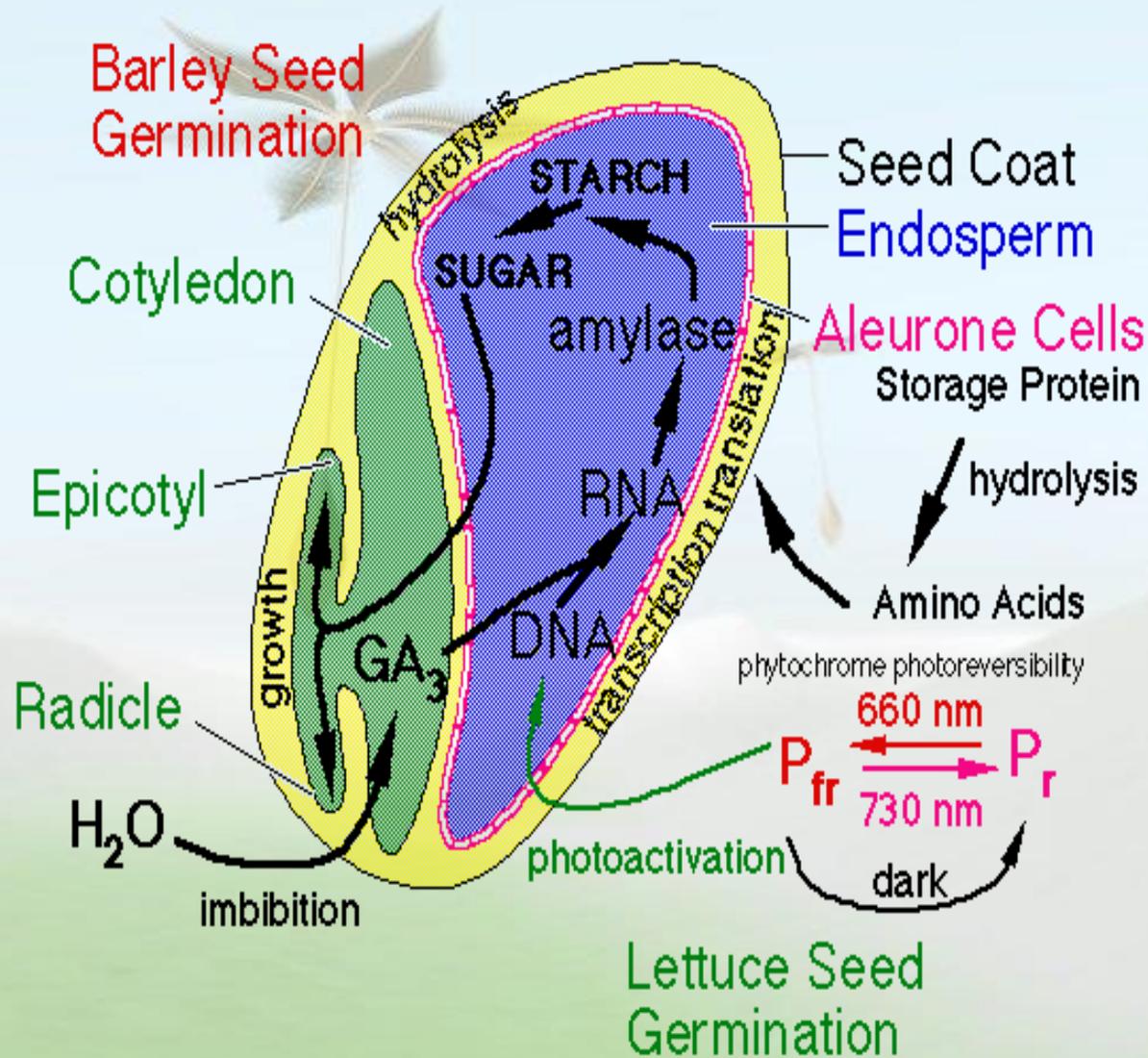
Eje hipocótilo/  
radícula

Ápice radical

Embrión

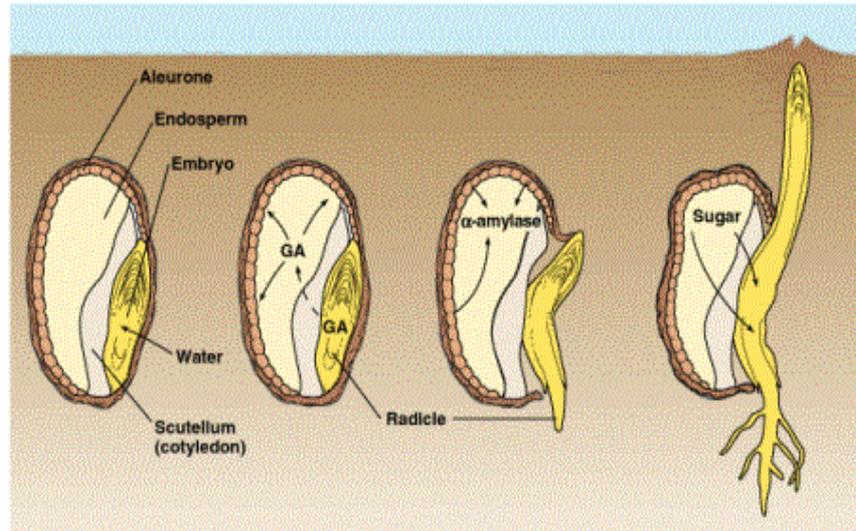
# GERMINACIÓN

- CEREALES



# GERMINACIÓN

## Role of Gibberellin in Seed Germination



© 1999 Addison Wesley Longman, Inc.

1. **Water uptake induces GA synthesis by embryo**
2. **GA stimulates  $\alpha$ -amylase production by aleurone**
3. **Amylase breaks down starch reserves in endosperm**
4. **Sugars fuel growth of embryo**

# Reposo = Quiescencia y/o Dormición

- Semillas de muchas especies son incapaces de germinar, incluso cuando se encuentran en condiciones favorables. Esto es debido a que las semillas se encuentran en estado de dormición.
- Por ello, mientras no se den las condiciones adecuadas para la germinación, la semilla se mantendrá en reposo durante un tiempo variable, dependiendo de la especie, hasta que llegado un momento, pierda su capacidad de germinar.
- Variando con la especie, va perdiendo el
- Poder germinativo (%), la Energía Germinativa (horas, días). tiempo en que germinan la mitad de las semillas Germinadas
- Emergencia (%); Energía (días).
- Vigor de Plántula (tiempo a 3 hojas Expandidas)

# Poder Germinativo (%), Energía Germinativa (horas, días) pagina 142

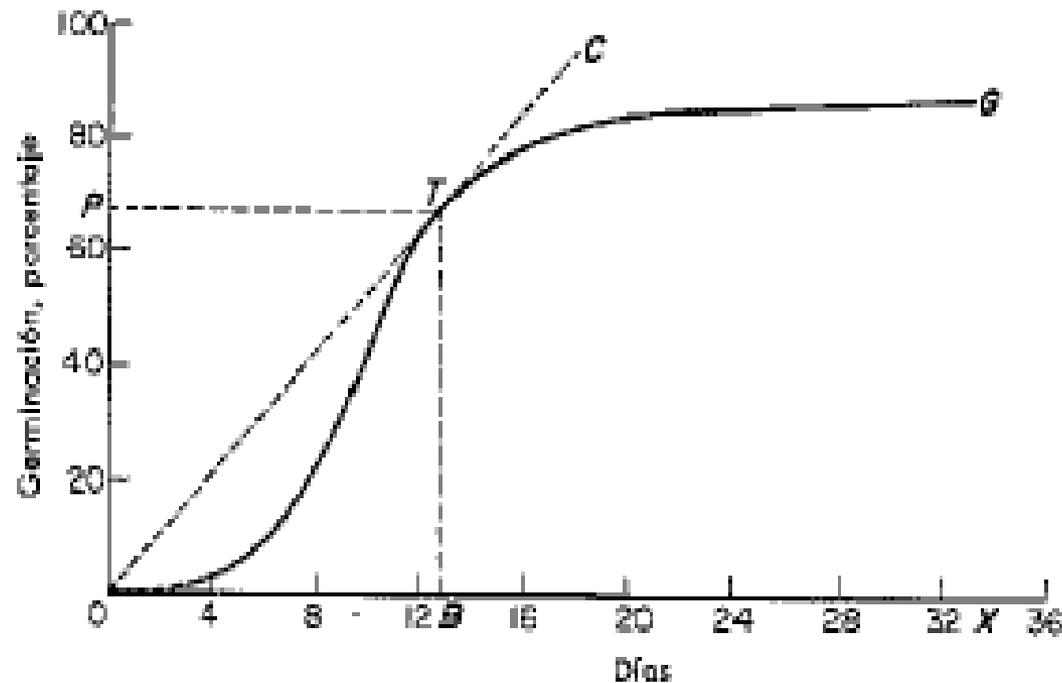
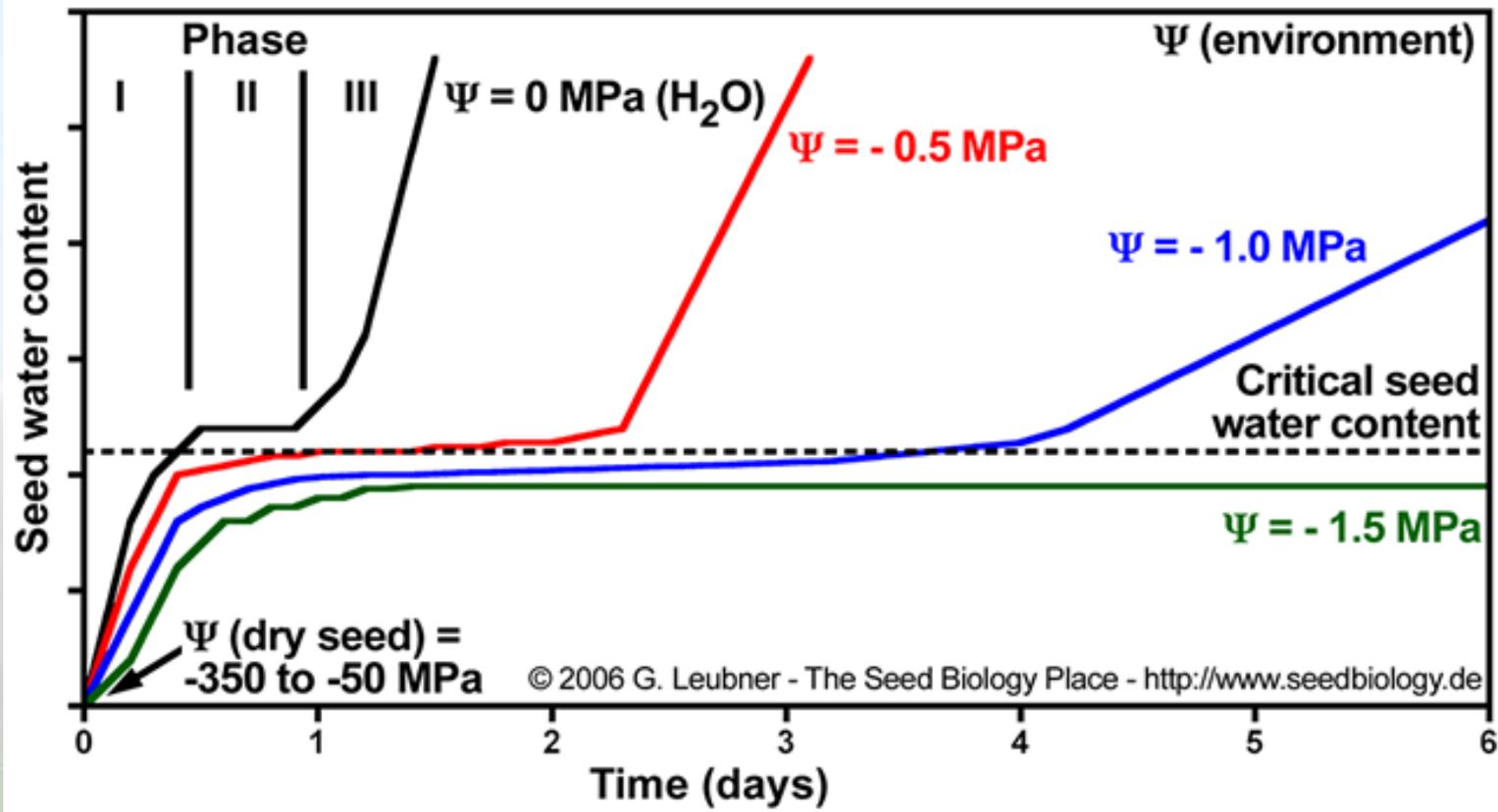
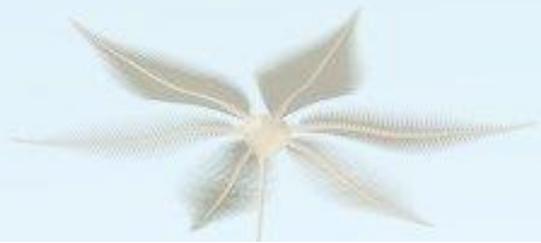
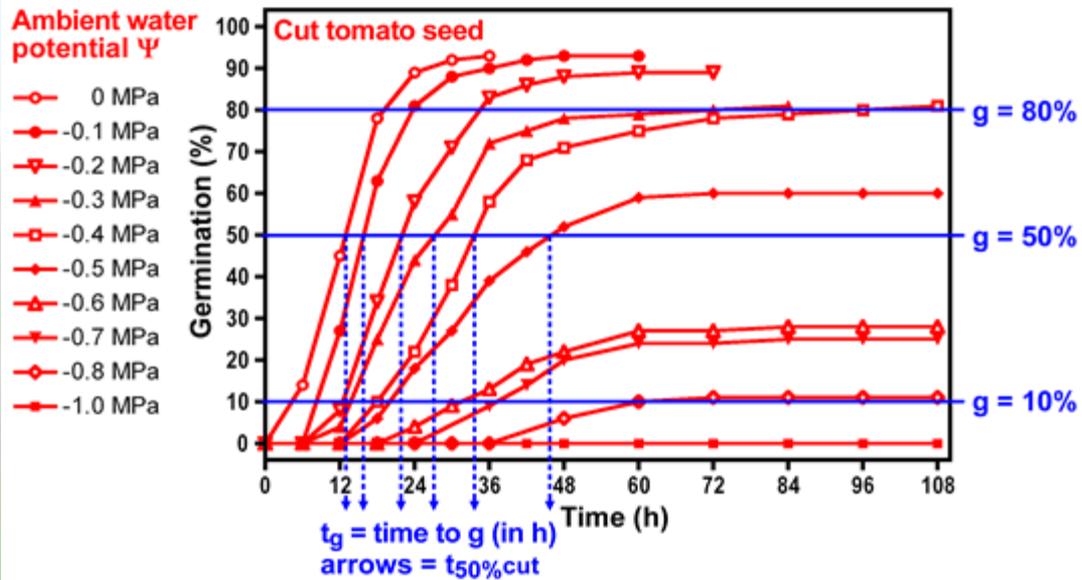
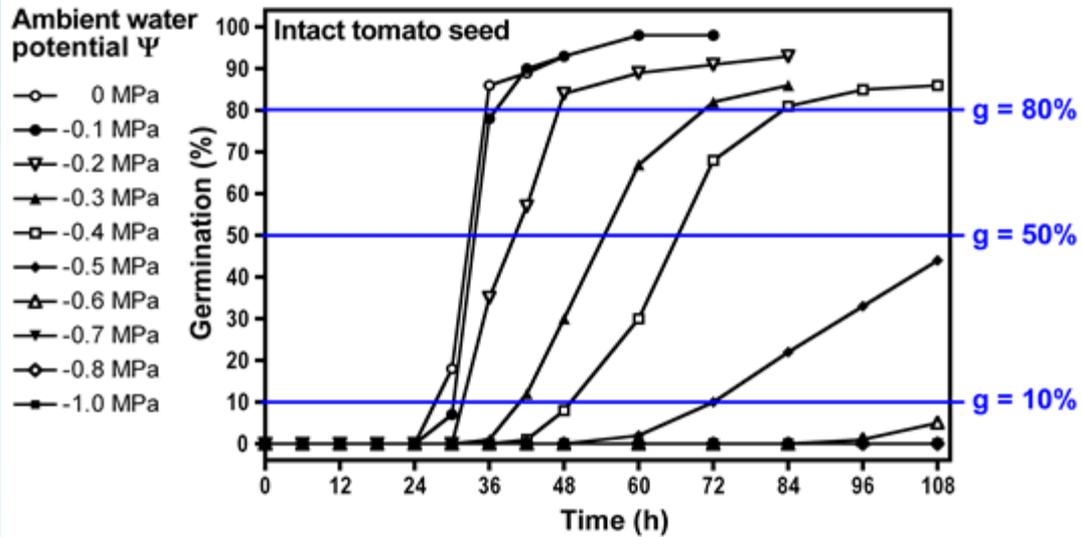


Fig. 6-4 Curva de germinación típica de una muestra de semillas en germinación. Después de una demora inicial, el número de semillas que germinan aumenta, luego disminuye. Esa curva se puede usar para medir el valor de germinación. Reproducido de Czobator. (32)

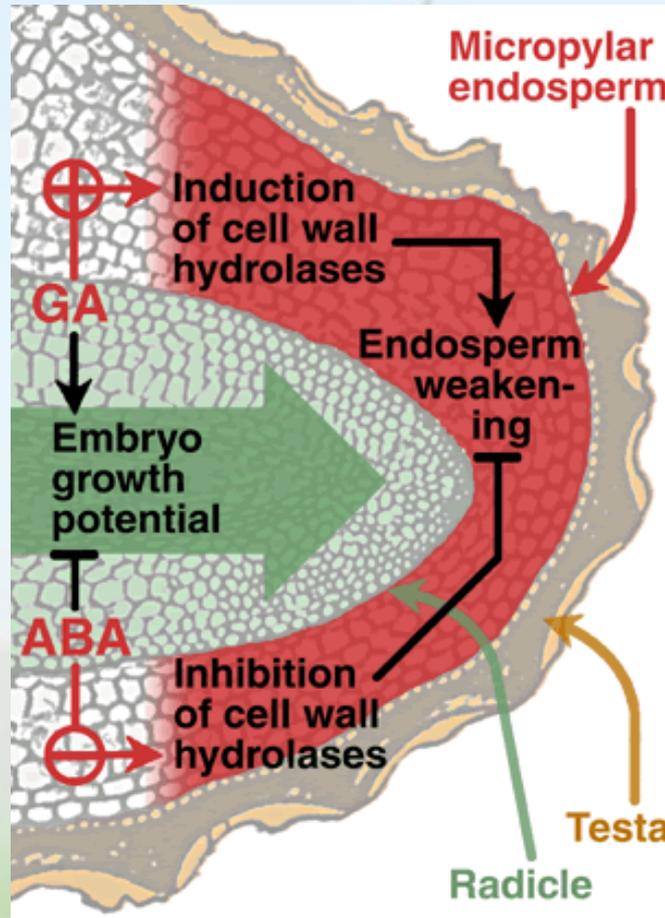
## Causas por las que las semillas no germinan

<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

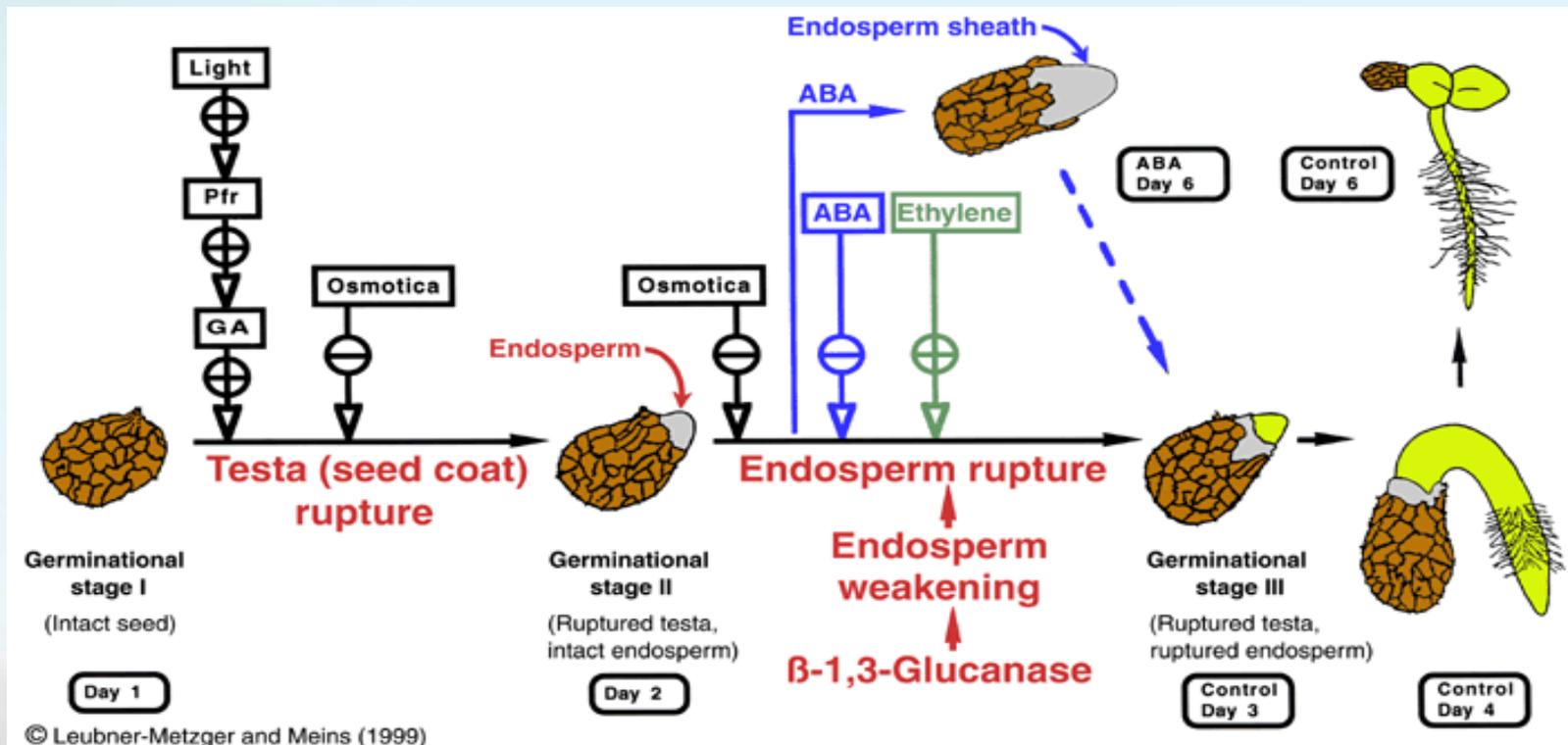




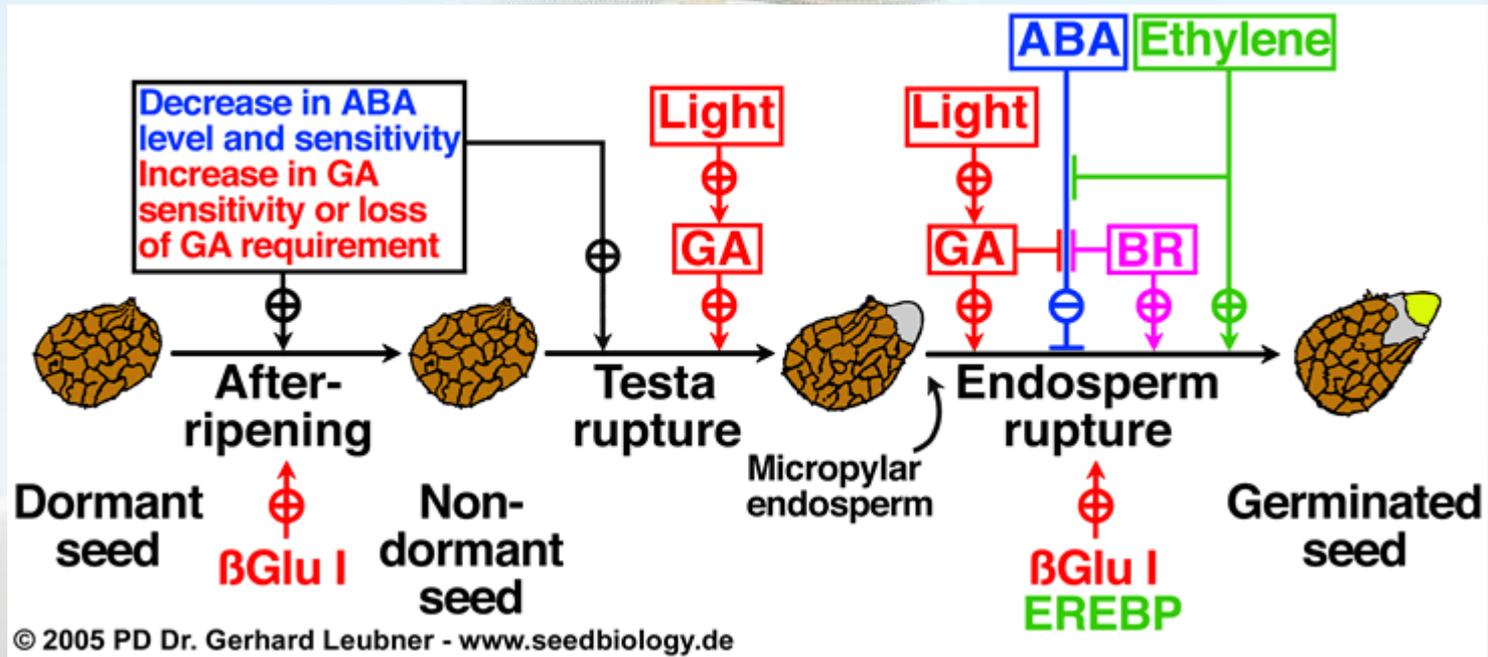
© 2007 G. Leubner - The Seed Biology Place - <http://www.seedbiology.de>  
 Hydrotime analysis of intact (top) and cut (surgical removal of micropylar cap; bottom) tomato seeds (line P). Data taken from Liptay and Schopfer, *Plant Physiology* 73: 935-938 (1983)



The model shows the micropylar endosperm and the radicle tip of a tobacco seed.



Working model for tobacco seed germination. Rupture of the testa and rupture of the endosperm are separate events in *Nicotiana tabacum*. Class I  $\beta$ -1,3-glucanase ( $\beta$ GLU I) accumulates just prior to endosperm rupture and is proposed to promote radicle protrusion by weakening of the endosperm. Plant hormones and environmental factors alter the germination process and in strict correlation with this either promote (+) or inhibit (-)  $\beta$ GLU I induction. GA = gibberellin(s); ABA = abscisic acid; Pfr = Phytochrome. The model summarizes results from Leubner-Metzger et al. (1995, 1996, 1998).



Summary of the hormonal regulation of tobacco seed dormancy release, seed germination and  $\beta$ Glu I expression. Note that tobacco seed germination is a two-step process with testa rupture followed by endosperm rupture.

## Madurez de las semillas.

- Decimos que una semilla es madura cuando ha alcanzado su completo desarrollo tanto desde el punto de vista morfológico como fisiológico.
- La madurez morfológica se consigue cuando las distintas estructuras de la semilla han completado su desarrollo, dándose por finalizada cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo.
- La madurez fisiológica se alcanza al mismo tiempo que la morfológica, como en la mayoría de las especies cultivadas; o bien puede haber una diferencia de semanas, meses y hasta años entre ambas.
- La madurez fisiológica se suele alcanzar sobre la misma planta, sin embargo, existen algunas especies que diseminan sus semillas antes de que se alcance, *Ginkgo biloba* o de muchas orquídeas, que presentan embriones muy rudimentarios, apenas diferenciados.

# Factores que afectan a la germinación.

- **REPOSO**, la semilla no germina por
- **Factores internos** (intrínsecos): propios de la semilla; madurez; viabilidad de las semillas, etc. **Dormición**:
  - Cubiertas Impermeables,  $H_2O$  y  $O_2$
  - Cubierta Duras
  - Embriones Inmaduros
  - Inhibidores propiamente dicho
  - Semillas Fotoblasticas
- **Factores externos** (extrínsecos):  $H_2O$ , temperatura y gases( $O_2$ ). **Quiescencia**

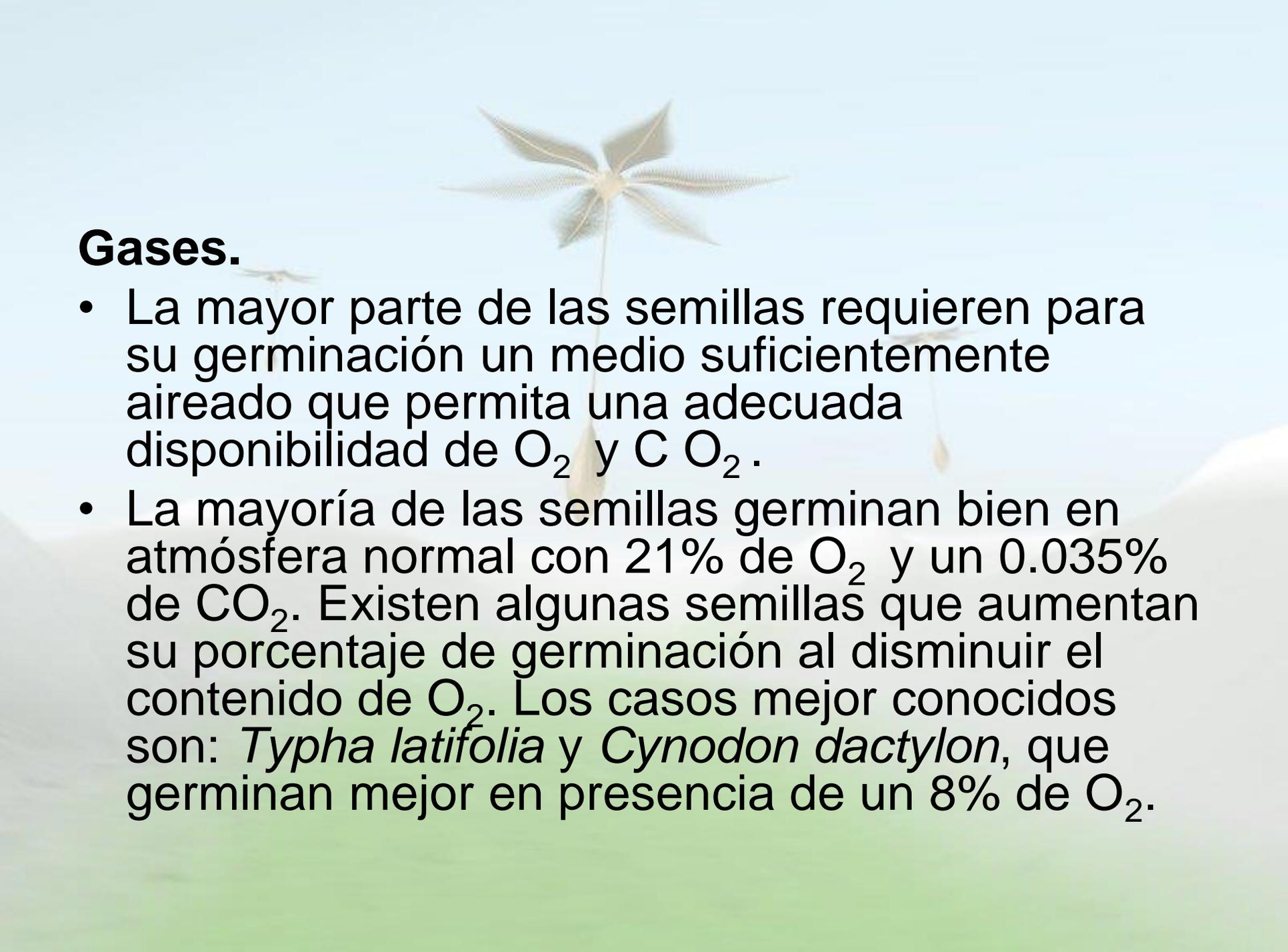
# Factores externos.

## Humedad.

- La absorción de agua es el primer paso en la germinación; porque es necesaria la rehidratación de sus tejidos.
- La entrada de agua en el interior de la semilla se debe a una diferencia de potencial hídrico entre la semilla y el medio que le rodea.

## Temperatura.

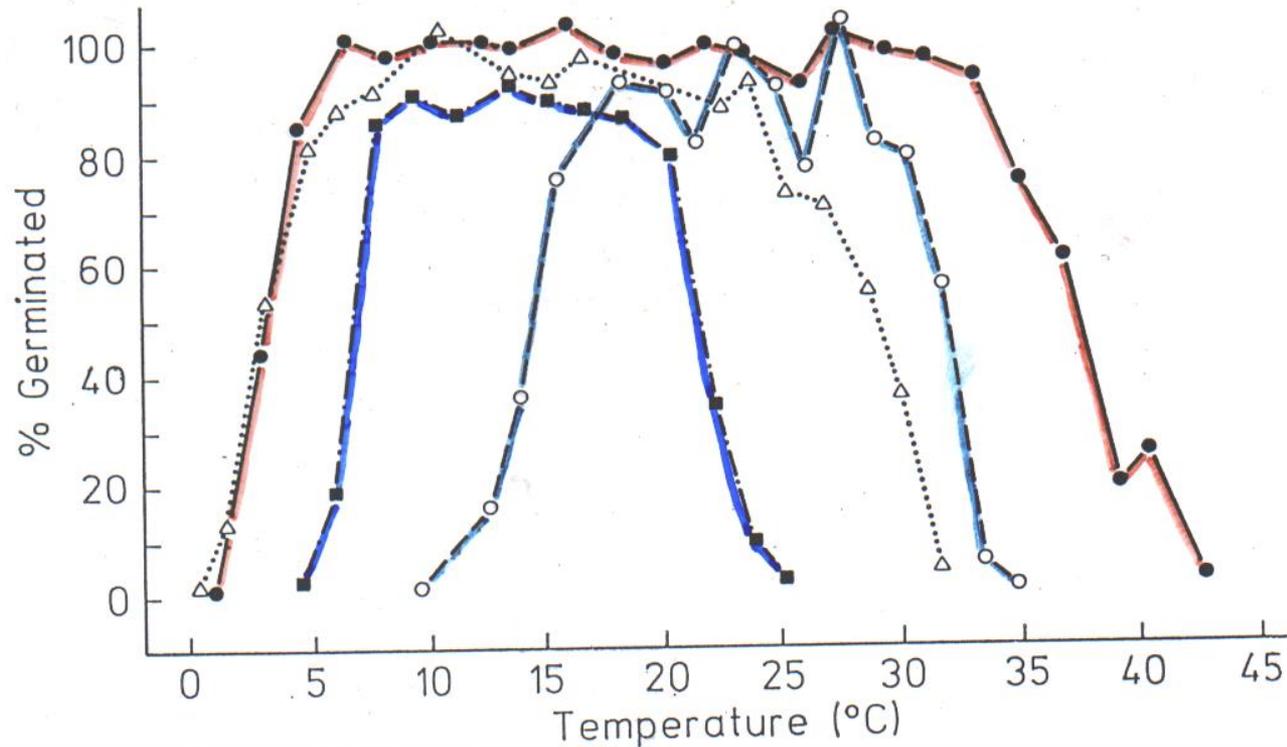
- Las temperaturas compatibles con la germinación varían mucho de unas especies a otras.
  - Las semillas de especies tropicales suelen germinar mejor a temperaturas elevadas, superiores a 25 °C.
  - Las máximas temperaturas están entre 40 °C y 50 °C (*Cucumis sativus*, pepino, 48 °C).
  - Sin embargo, las semillas de las especies de las zonas frías germinan mejor a temperaturas bajas, entre 5 °C y 15 °C. Ejemplo de ello son *Fagus sylvatica* (haya), *Trifolium repens* (trébol), y las especies alpinas, que pueden germinar a 0 °C.
  - En la región mediterránea, las temperaturas más adecuadas para la germinación son entre 15 °C y 20 °C.
  - La alternancia de las temperaturas entre el día-noche actúan positivamente sobre las etapas de la germinación. Por lo que el óptimo térmico de la fase de germinación y el de la fase de crecimiento no tienen por que coincidir. Así, unas temperaturas estimularían la fase de germinación y otras la fase de crecimiento.



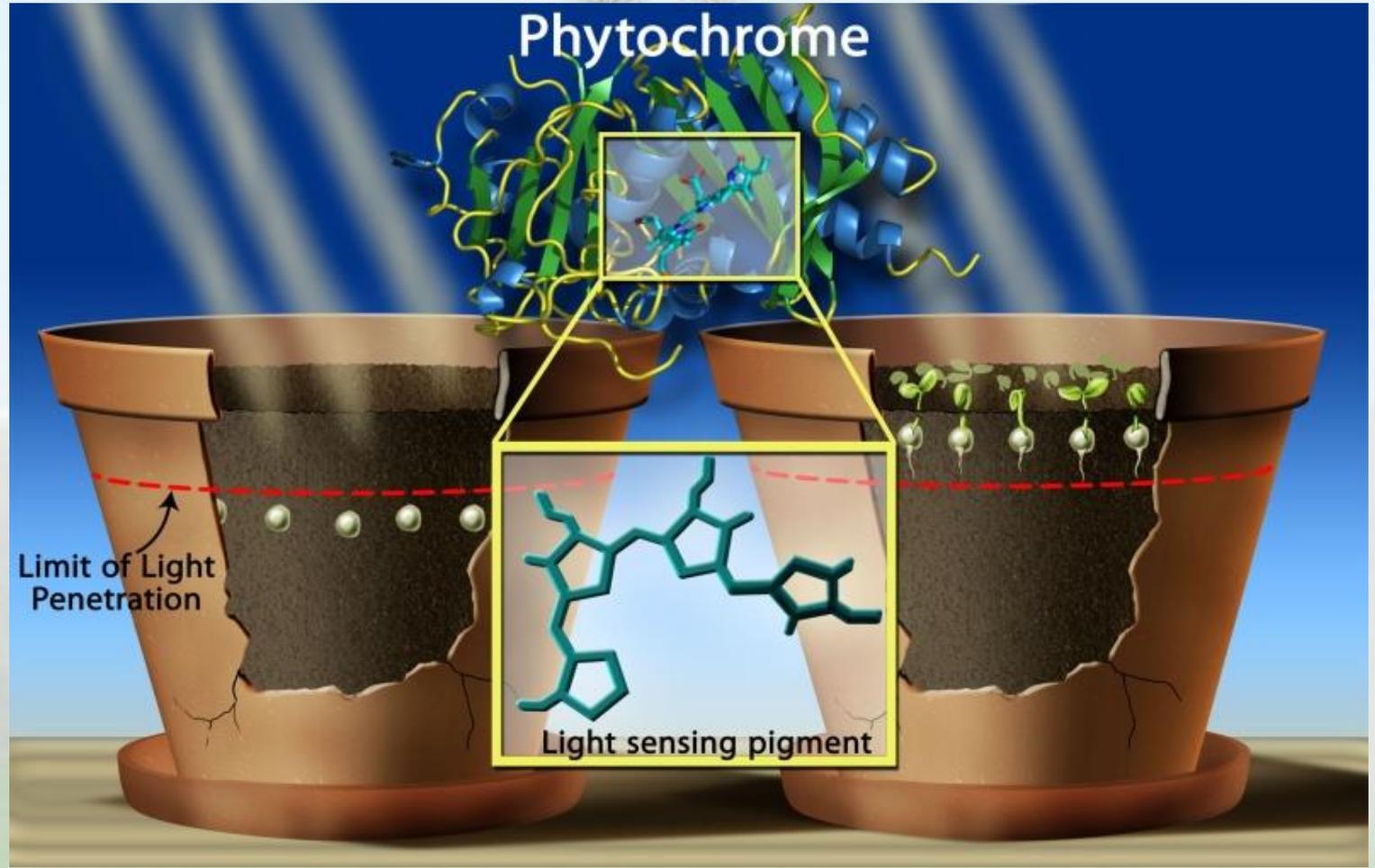
## Gases.

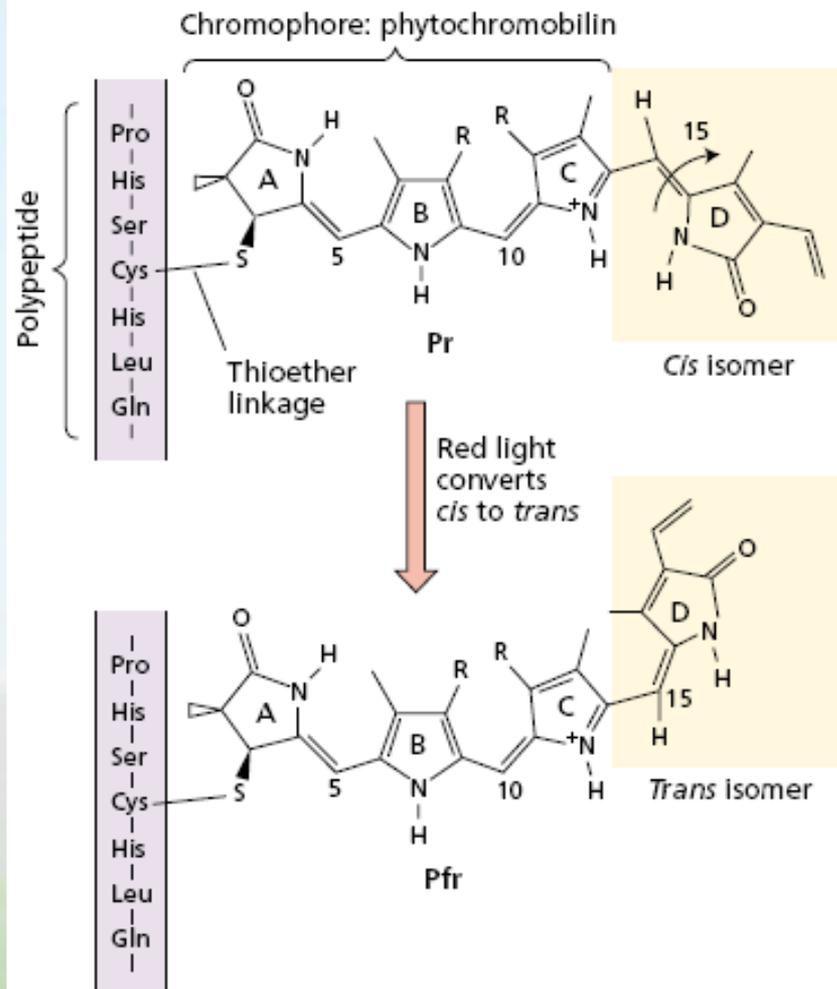
- La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de  $O_2$  y  $CO_2$ .
- La mayoría de las semillas germinan bien en atmósfera normal con 21% de  $O_2$  y un 0.035% de  $CO_2$ . Existen algunas semillas que aumentan su porcentaje de germinación al disminuir el contenido de  $O_2$ . Los casos mejor conocidos son: *Typha latifolia* y *Cynodon dactylon*, que germinan mejor en presencia de un 8% de  $O_2$ .

Fig. 6.19. Germination temperature curves for four species. Seeds were held on a thermo-gradient bar until germination was completed. —●—: *Gypsophila perfoliata*; ---○---: *Lychnis flos-cuculi*; ...△...: *Silene gallica*; -·-·-■-·-·-: *Allium porrum*. After Thompson, 1973 [15]

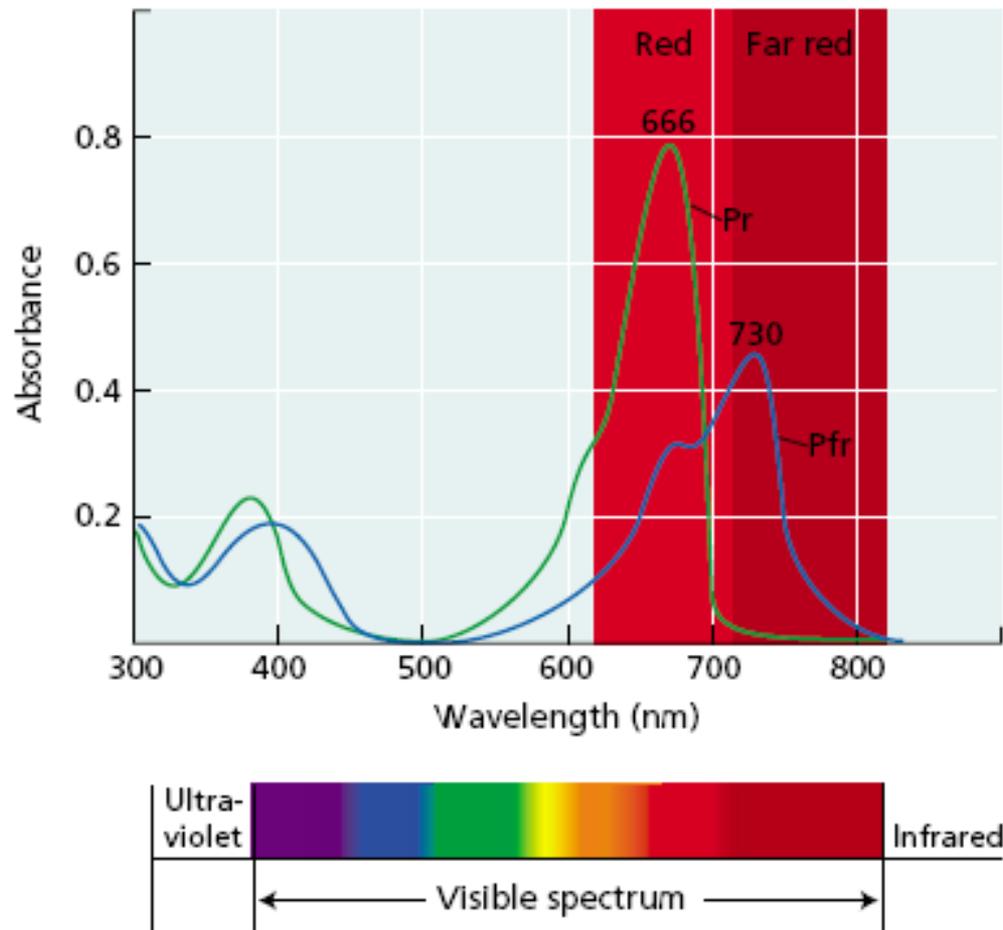


# Factor de Dormición: Semillas Fotoblásticas





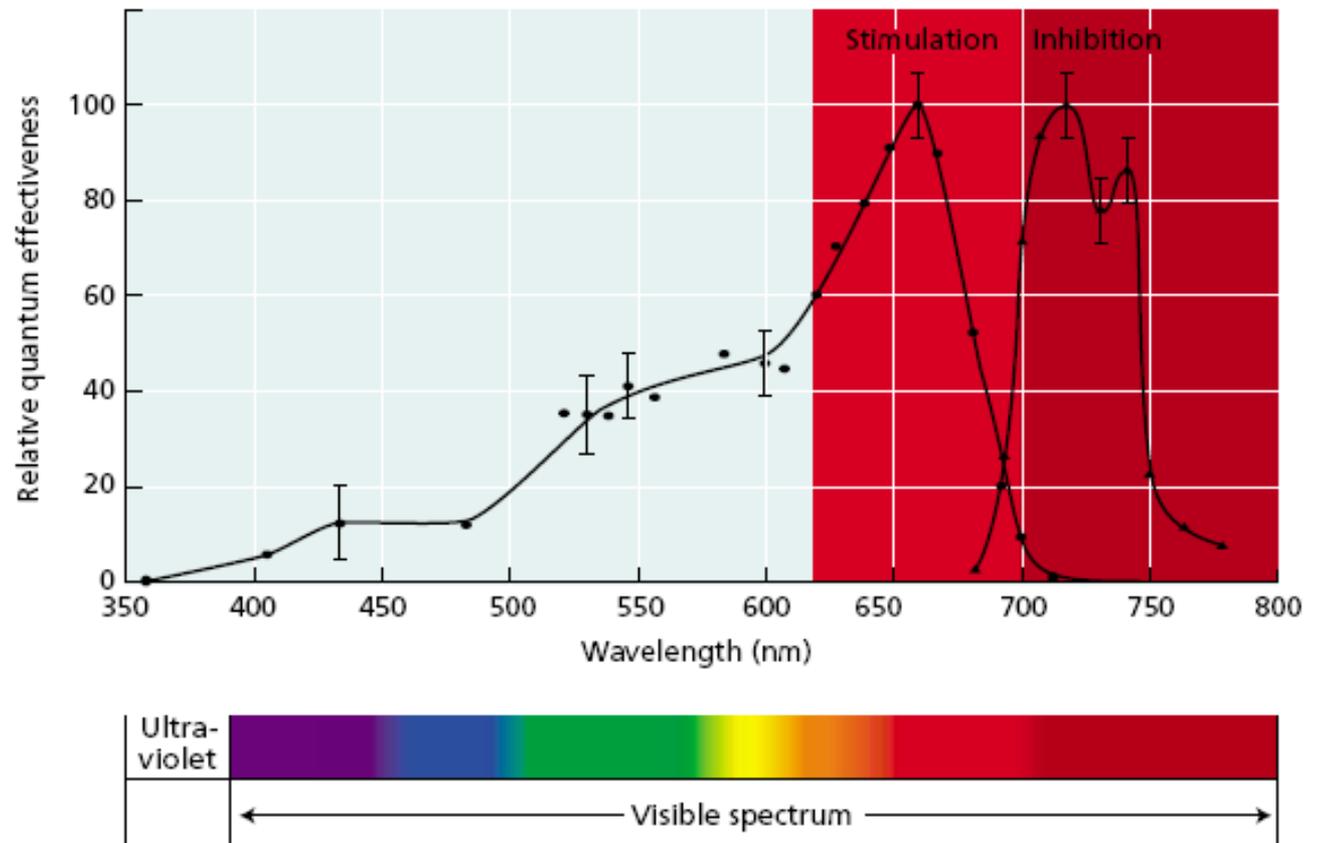
**FIGURE 17.4** Structure of the Pr and Pfr forms of the chromophore (phytochromobilin) and the peptide region bound to the chromophore through a thioether linkage. The chromophore undergoes a *cis-trans* isomerization at carbon 15 in response to red and far-red light. (After Andel et al. 1997.)



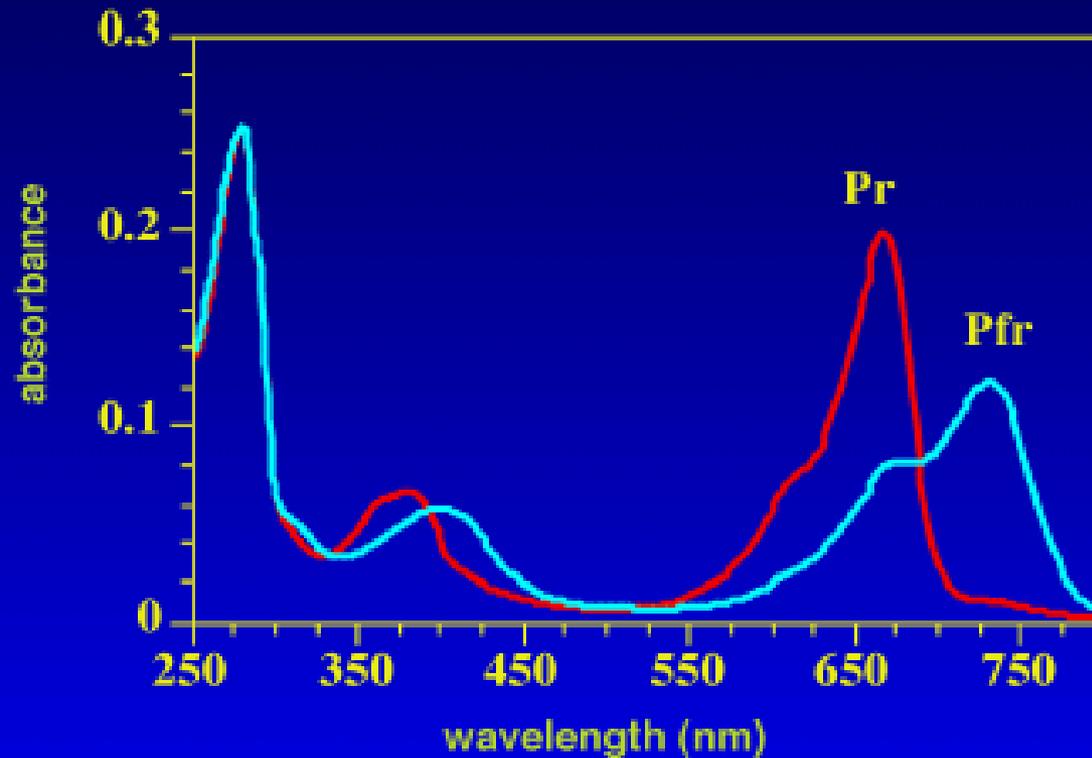
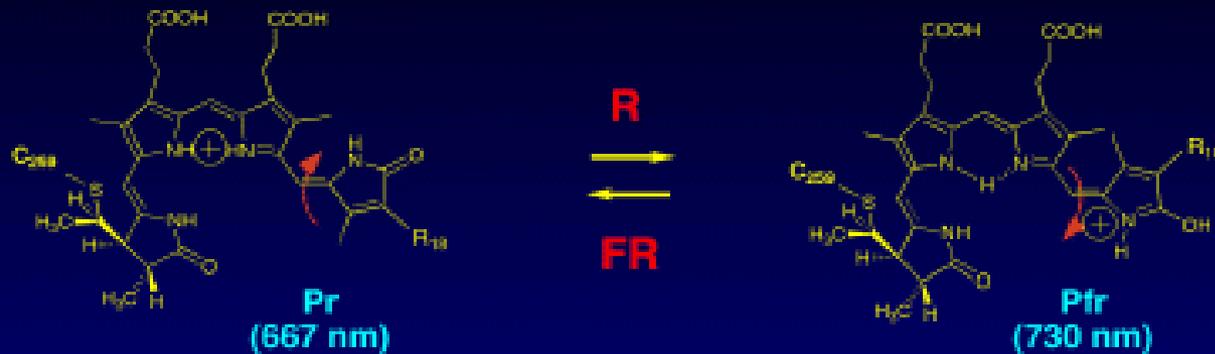
**FIGURE 17.3** Absorption spectra of purified oat phytochrome in the Pr (green line) and Pfr (blue line) forms overlap. (After Vierstra and Quail 1983.)



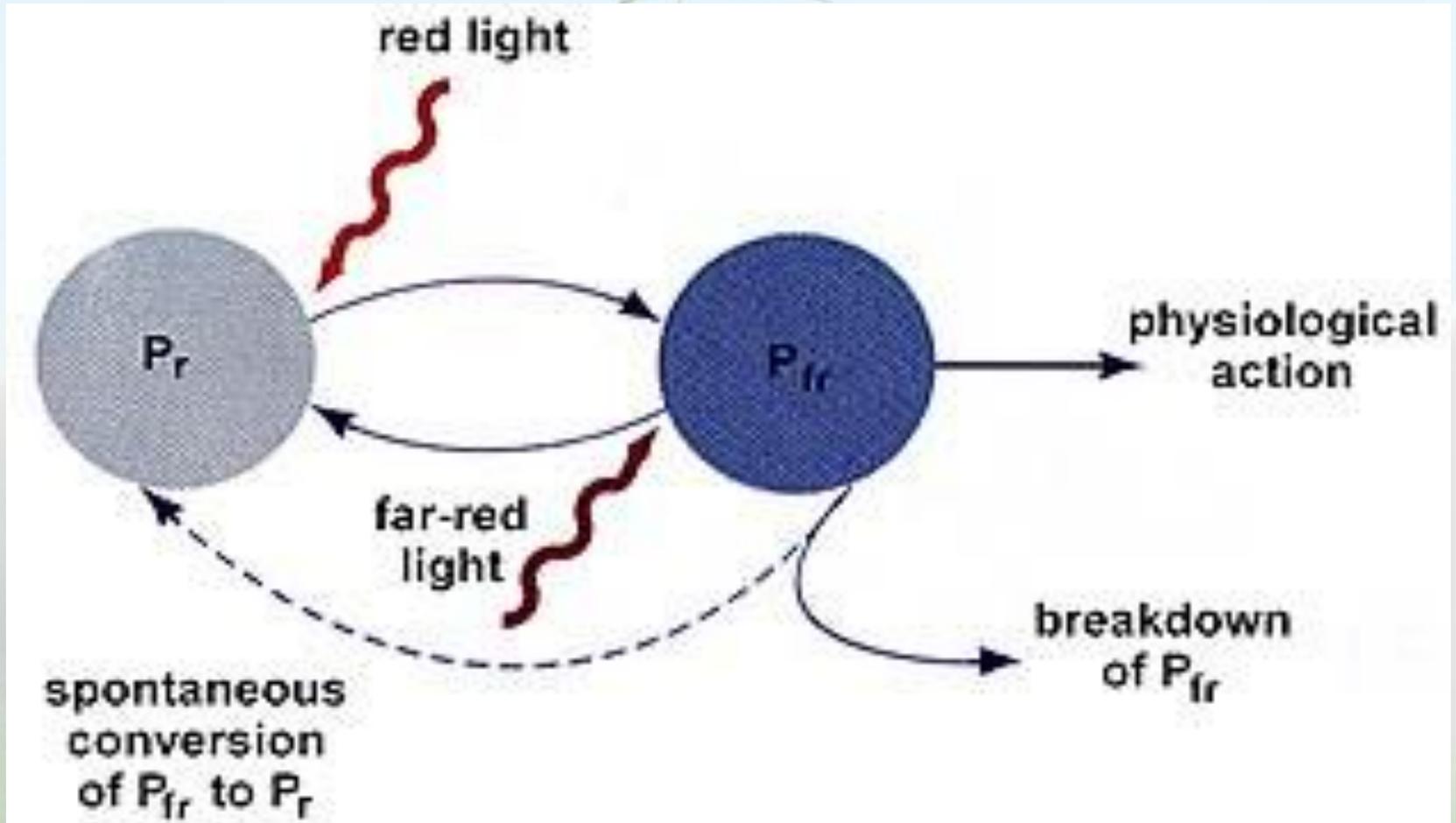
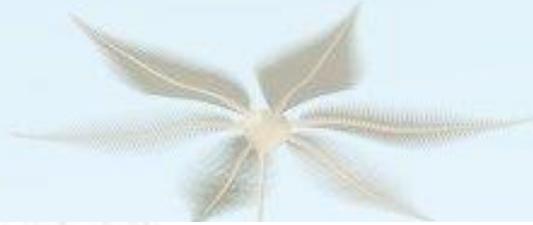
**FIGURE 17.8** LFR action spectra for the photoreversible stimulation and inhibition of seed germination in *Arabidopsis*. (After Shropshire et al. 1961.)

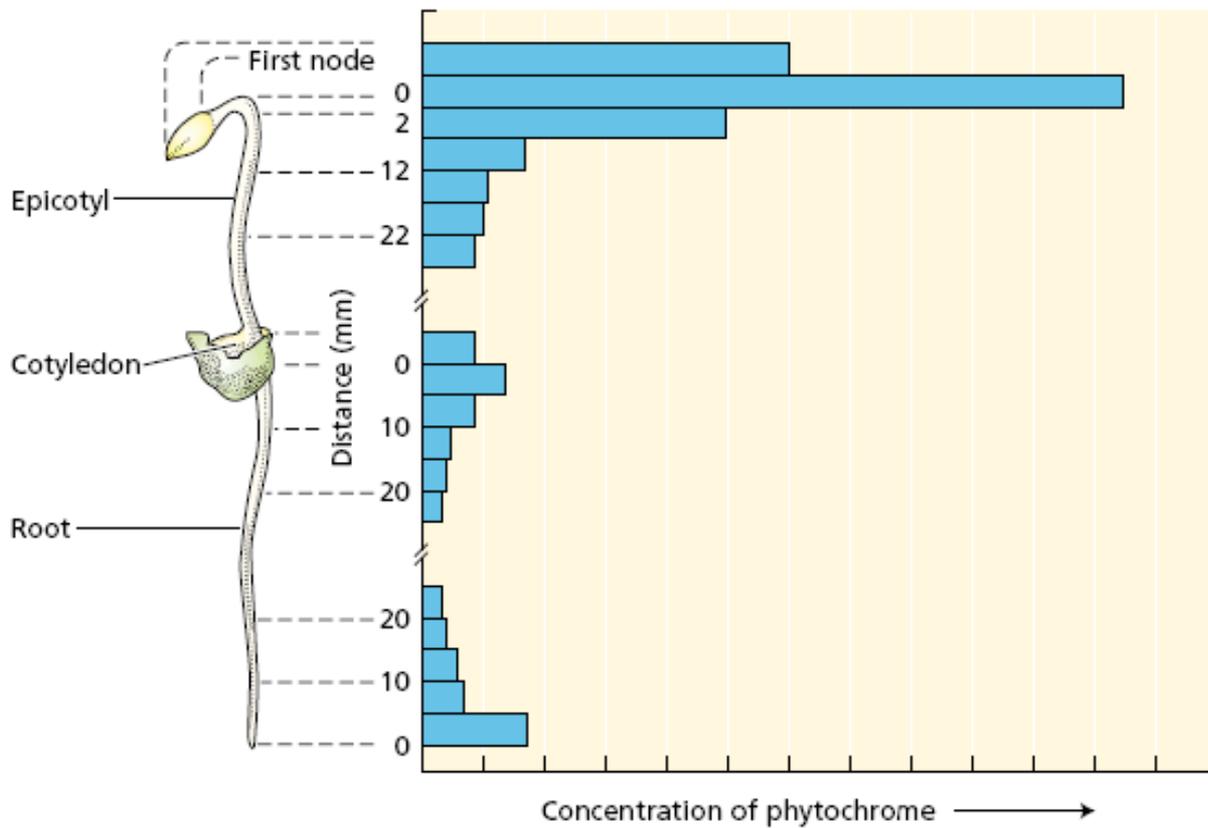


# Espectros de absorción de Pr y Pfr

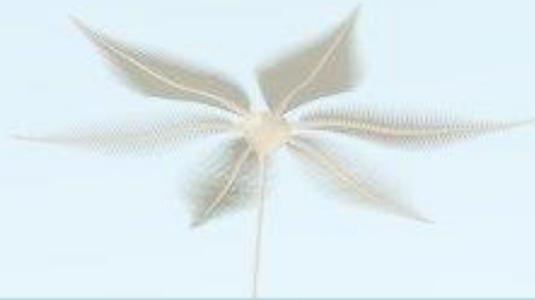


# Conversión del Fitocromo



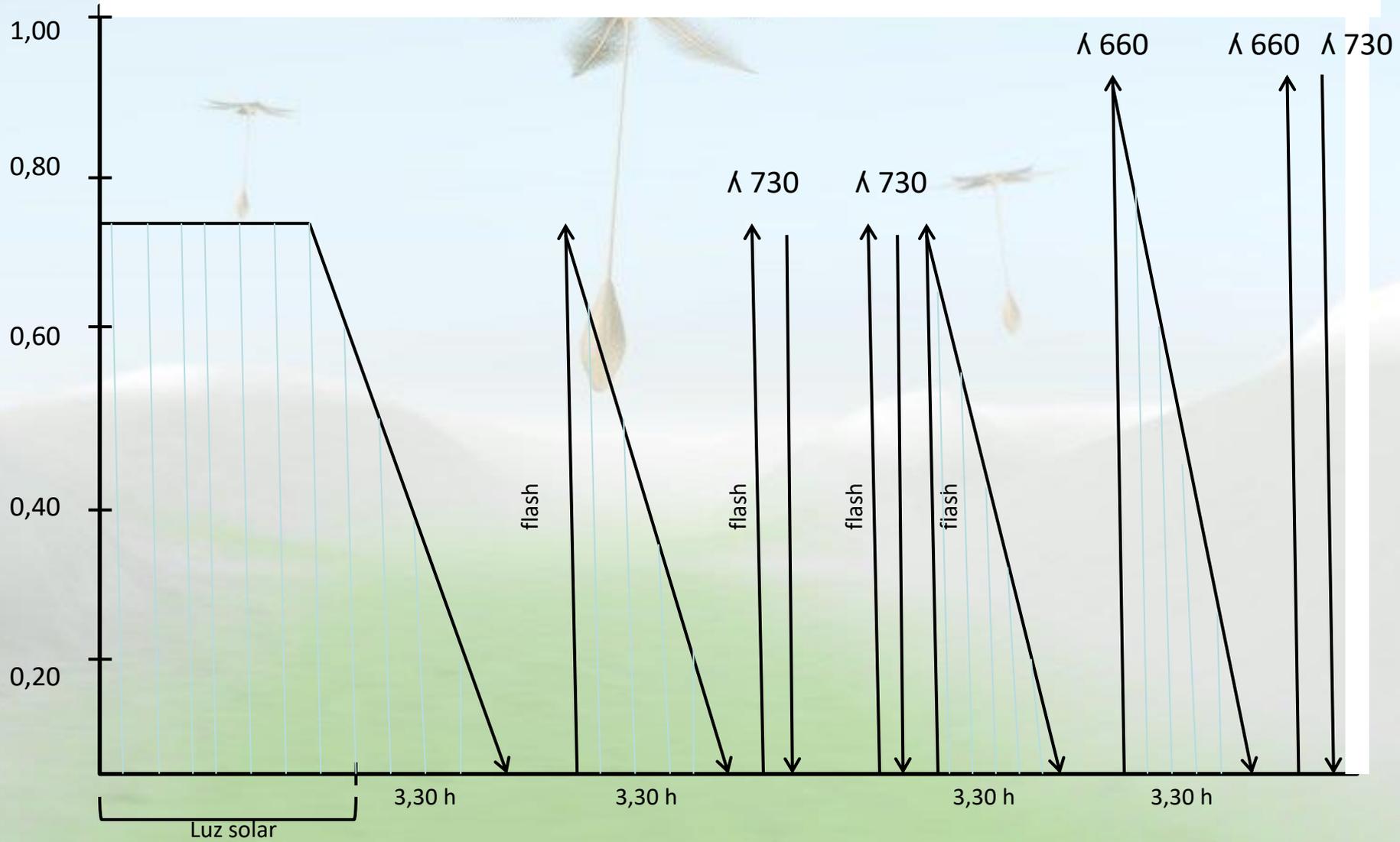


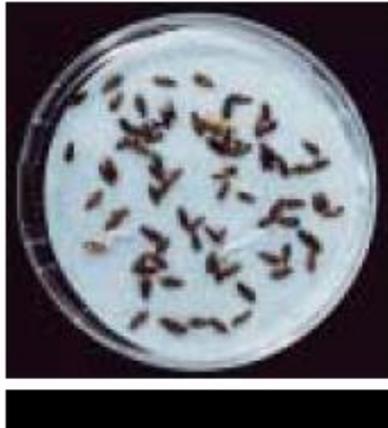
**FIGURE 17.6** Phytochrome is most heavily concentrated in the regions where dramatic developmental changes are occurring: the apical meristems of the epicotyl and root. Shown here is the distribution of phytochrome in an etiolated pea seedling, as measured spectrophotometrically. (From Kendrick and Frankland 1983.)



<b>Luz</b>	<b>Relación PrI/Ptotal</b>	<b>Germinación (%)</b>
Luz solar	~ 0,70	~ 95
Oscuridad	0	~ 2
Monocromática $\lambda$ 660	~ 0,86	~ 95
Monocromática $\lambda$ 730	~ 0,03	~ 2

Relación  
PrI/Ptotal





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.)



17.1 Corn (A and B) and kidney bean (C and D) seedlings grown either in light or dark

(A) Light-grown corn



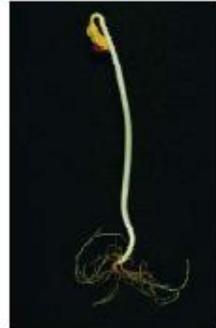
(B) Dark-grown corn



(C) Light-grown bean



(D) Dark-grown bean



# Fotomorfogénesis



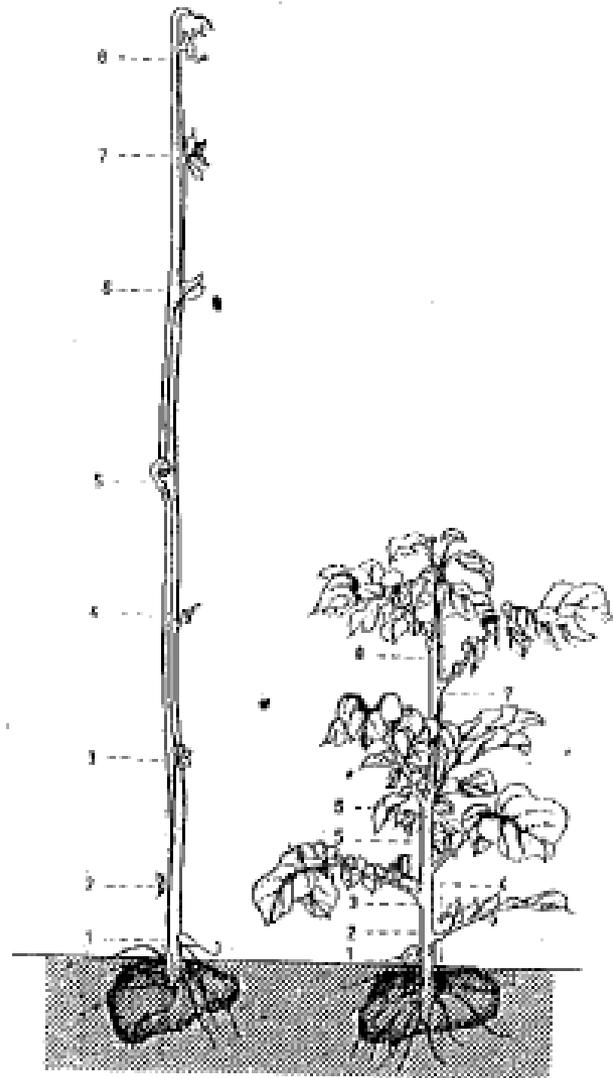


Fig. 19.50. Both potato plants (*Solanum tuberosum*) are genetically identical. *Left*: An etiolated plant grown in darkness; *right*: the normal light-grown plant. (After Pfeffer 1914.) *Neomorphogenesis (etiolation)* is characteristic of the development of plants in light-deficient conditions; the alternative development in light is called *photomorphogenesis*.

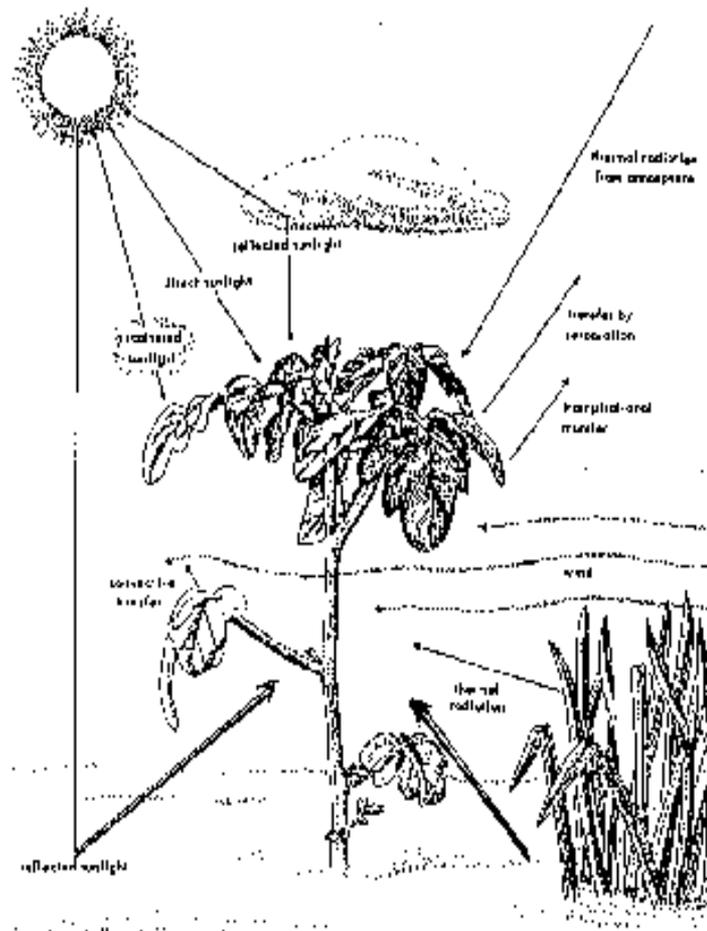
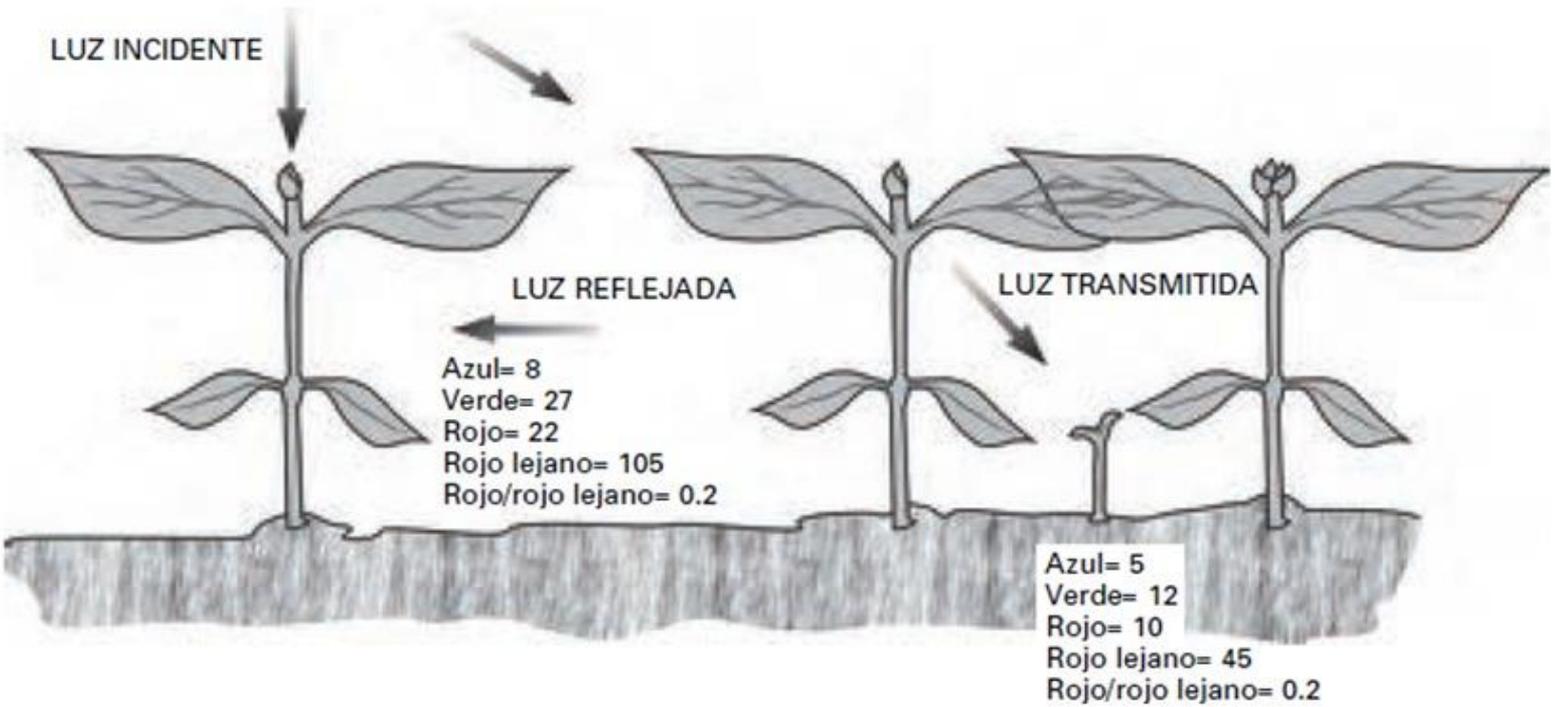


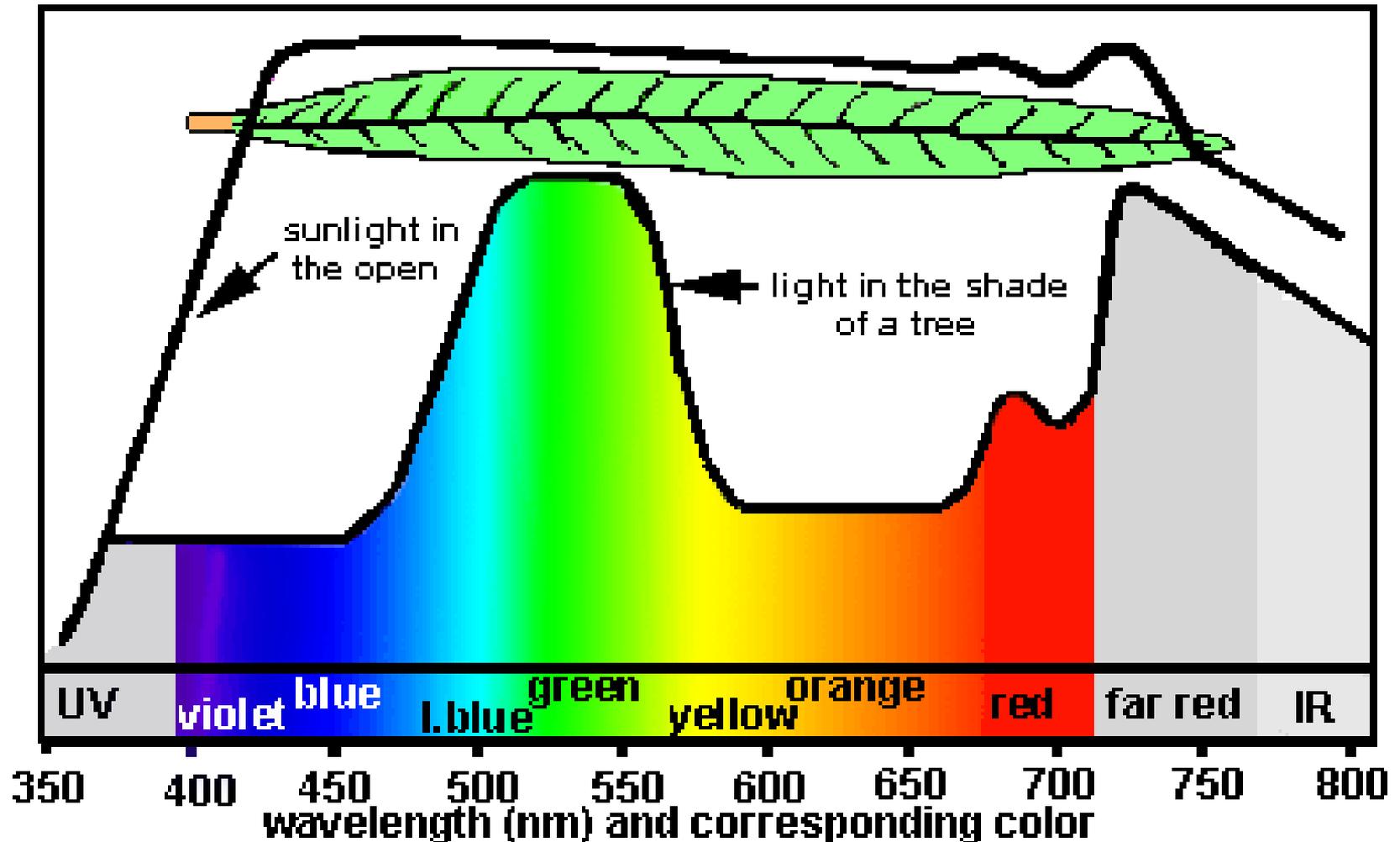
Fig. 17.6. Energy flow between a plant and the environment. From Odum (1965).

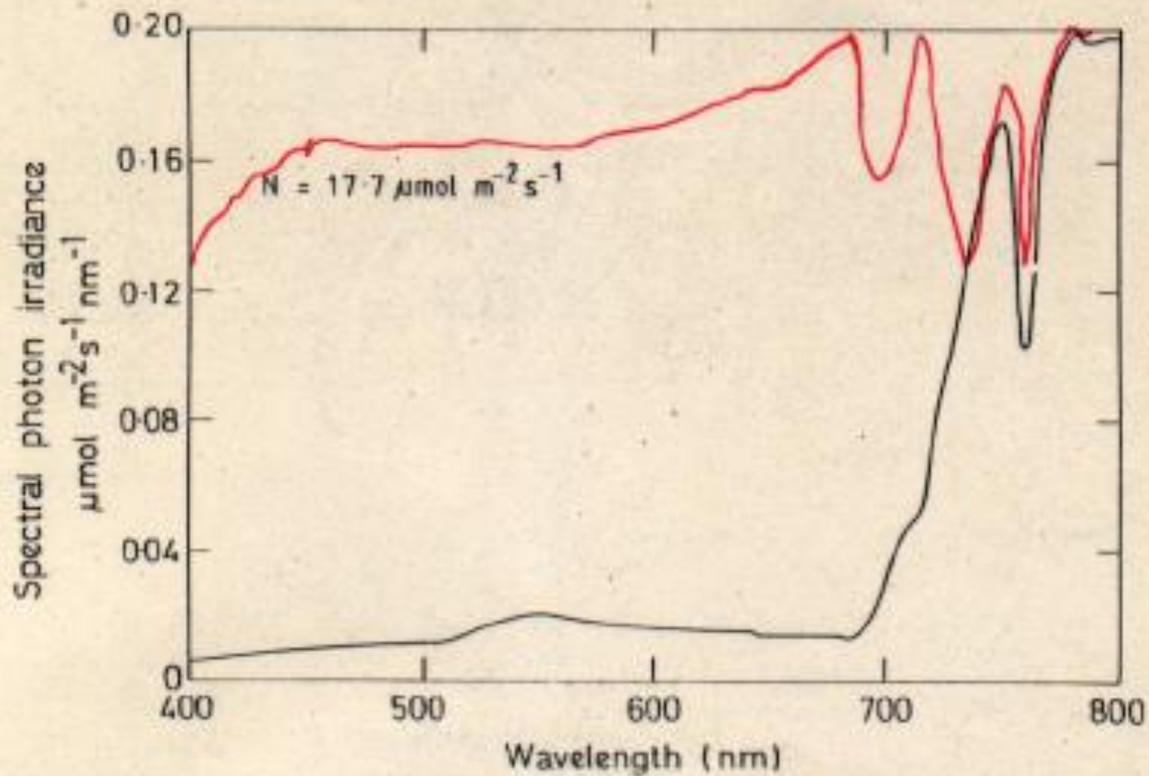


Azul= 230  
Verde= 350  
Rojo= 380  
Rojo lejano= 350  
Rojo/rojo lejano= 1.1



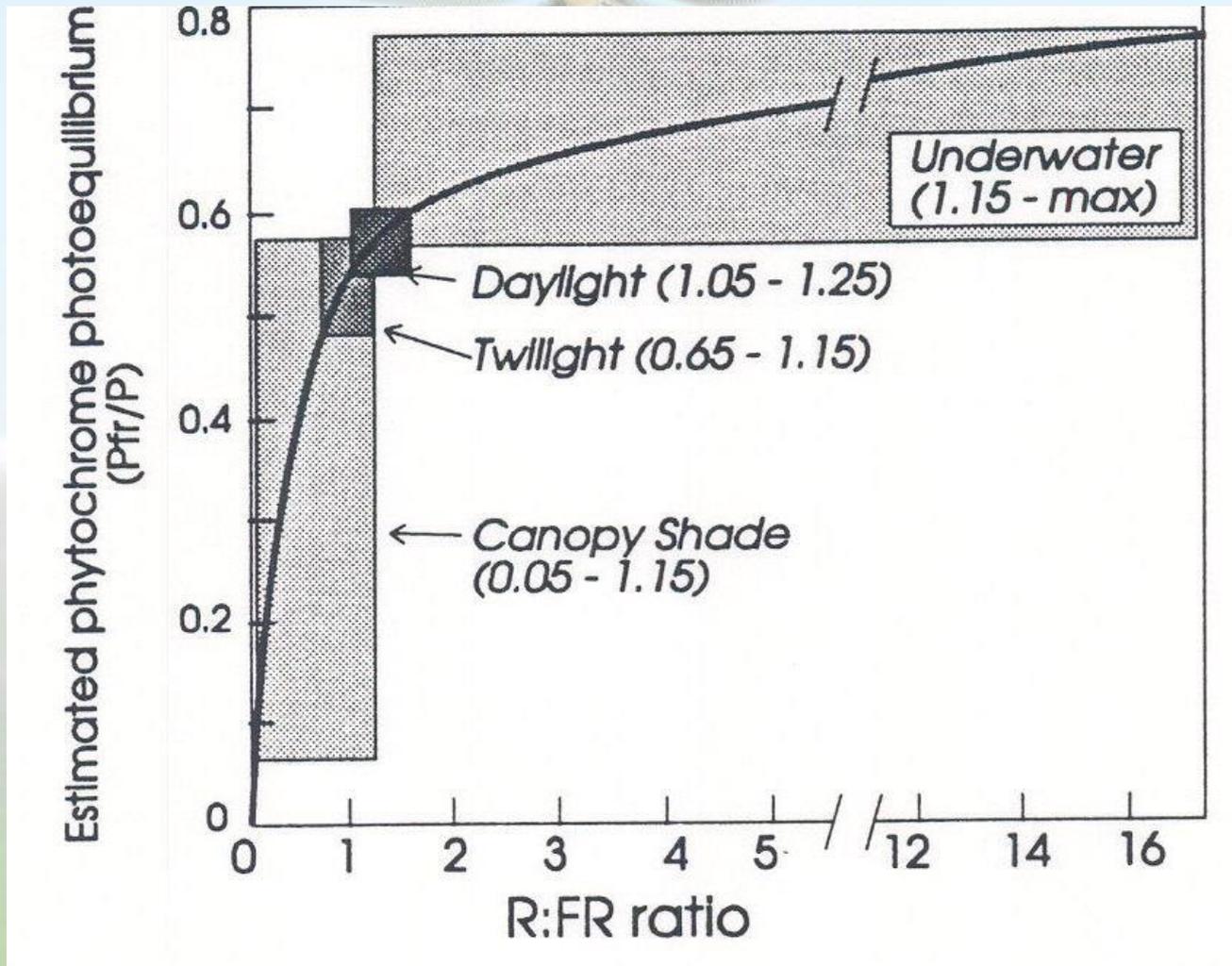
# Light Quality

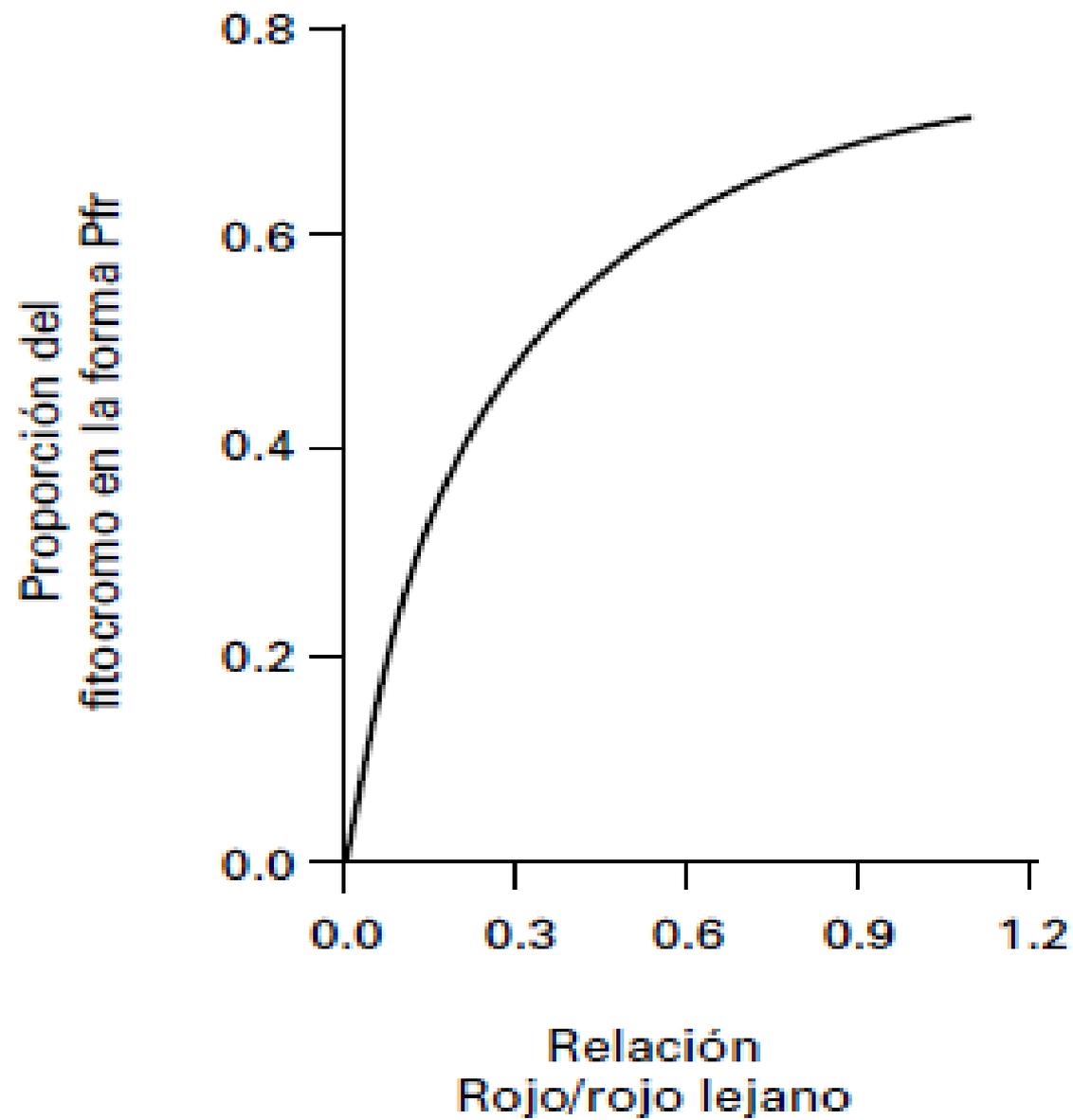


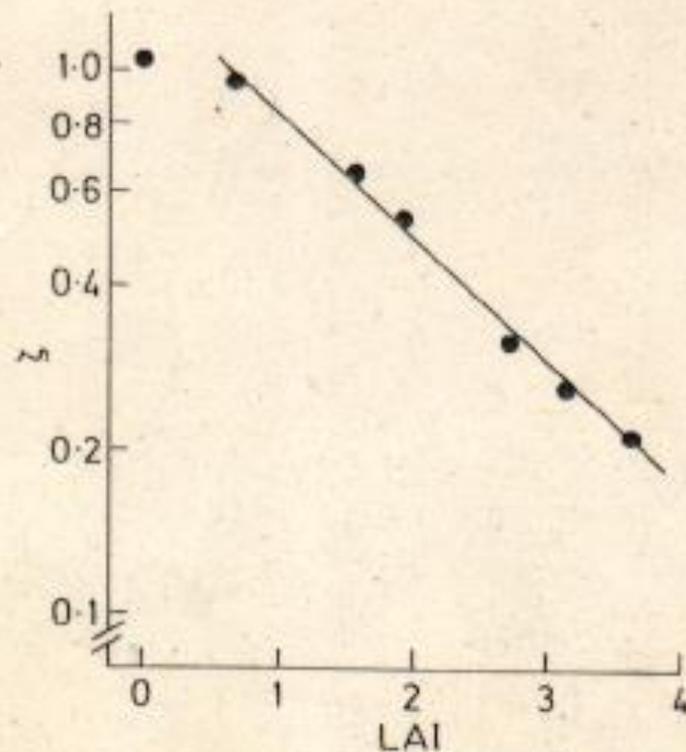


*Figure 6.* The spectral photon distribution under a leafy canopy. Taken on the same day as the daylight scan in Fig. 1, this plot shows spectral distribution under a dense patch of ivy leaves, near to the ground surface. Note that the total irradiance ( $N$ ) is reduced by a factor of *ca.* 100 by the leaves, but also that the spectral distribution is very markedly altered (*cf.* Fig. 1).

# PrI / Ptotal y Irradiancia Relación R/RL Equilibrio fotoestacionario







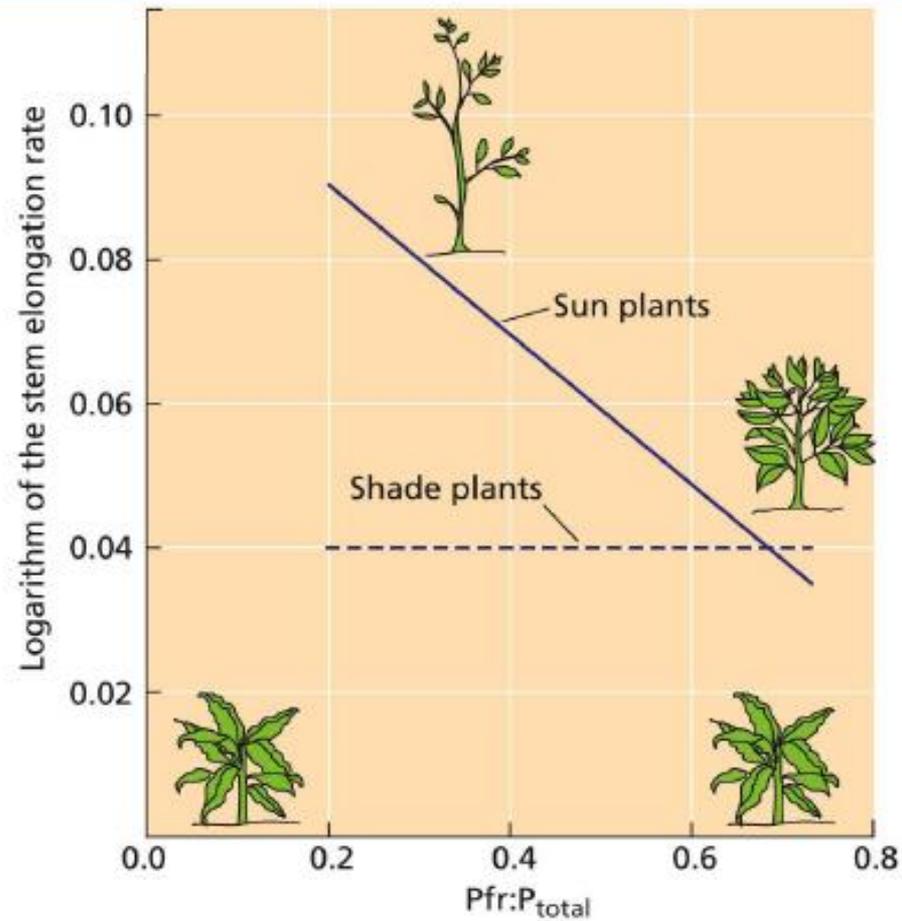
*Figure 7.* Leaf area index and red (R): far-red (FR) photon ratio. Data from Geoffrey Holmes showing that R:FR ( $\zeta$  on this graph) is log-linearly related to leaf area index (LAI). Data replotted from Fig. 6 in Holmes and Smith (1977) *Photochem. Photobiol.* **25**, 539-545.

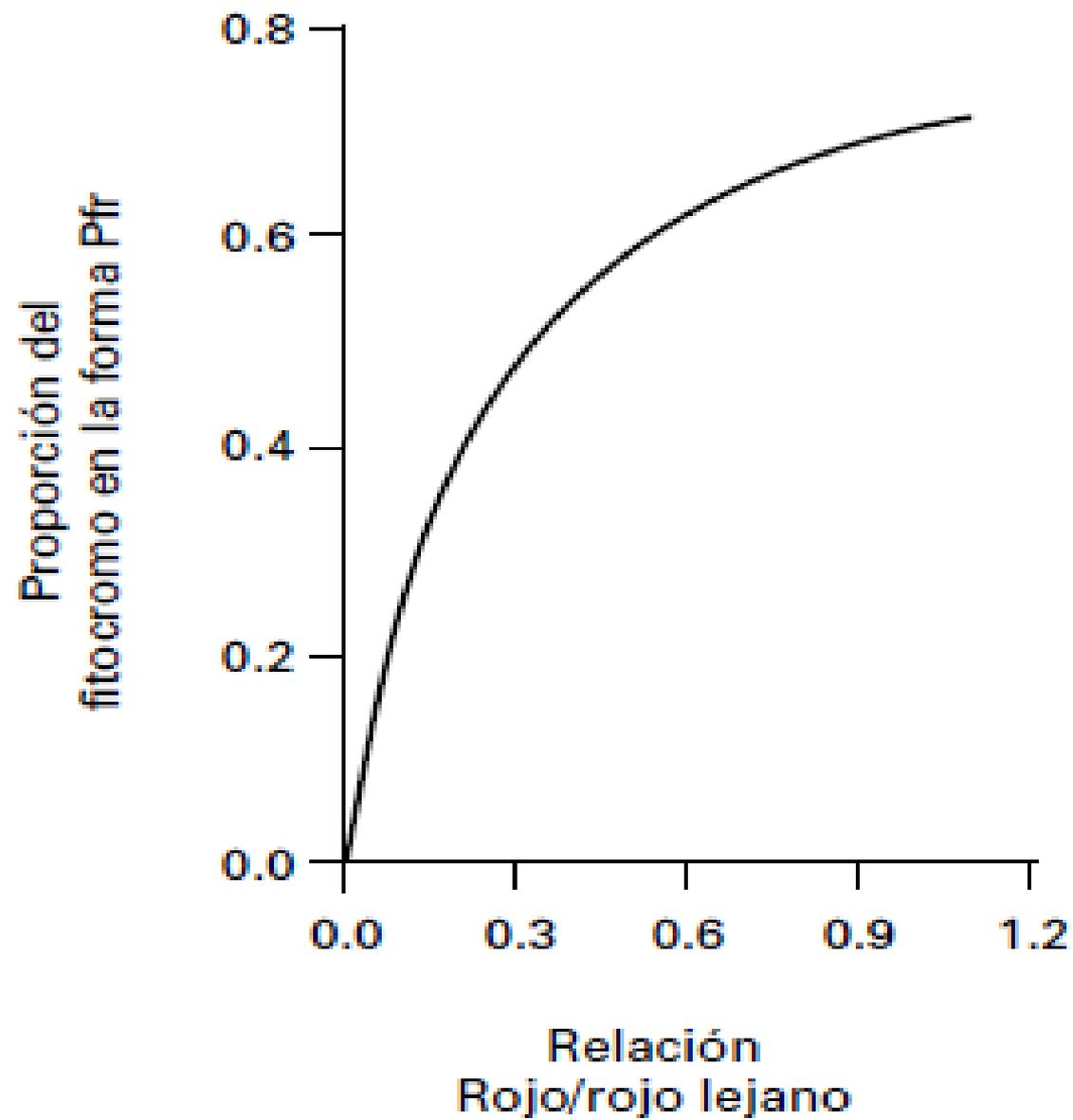


# Photomorphogenesis

- Internode Elongation
  - **Shade Adapted** (Shade Tolerant)
    - No Response
  - **Shade Avoidance** (Shade Sensitive)
    - Low Red : Far-Red Ratio
    - Canopy Shade
    - Rapid Elongation
    - Escape Shade

## 17.20 Role of phytochrome in shade perception in sun plants versus shade plants







## The "shade-avoidance" response

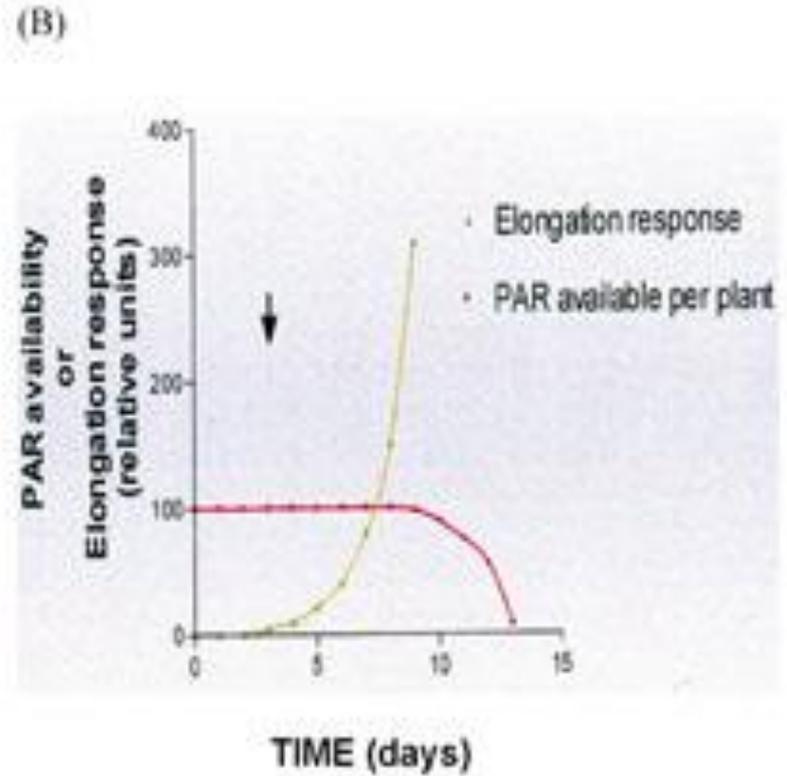


W

W+FR

Wild-type

# Fitocromo y “shade avoidance”



# MACOLLAJE

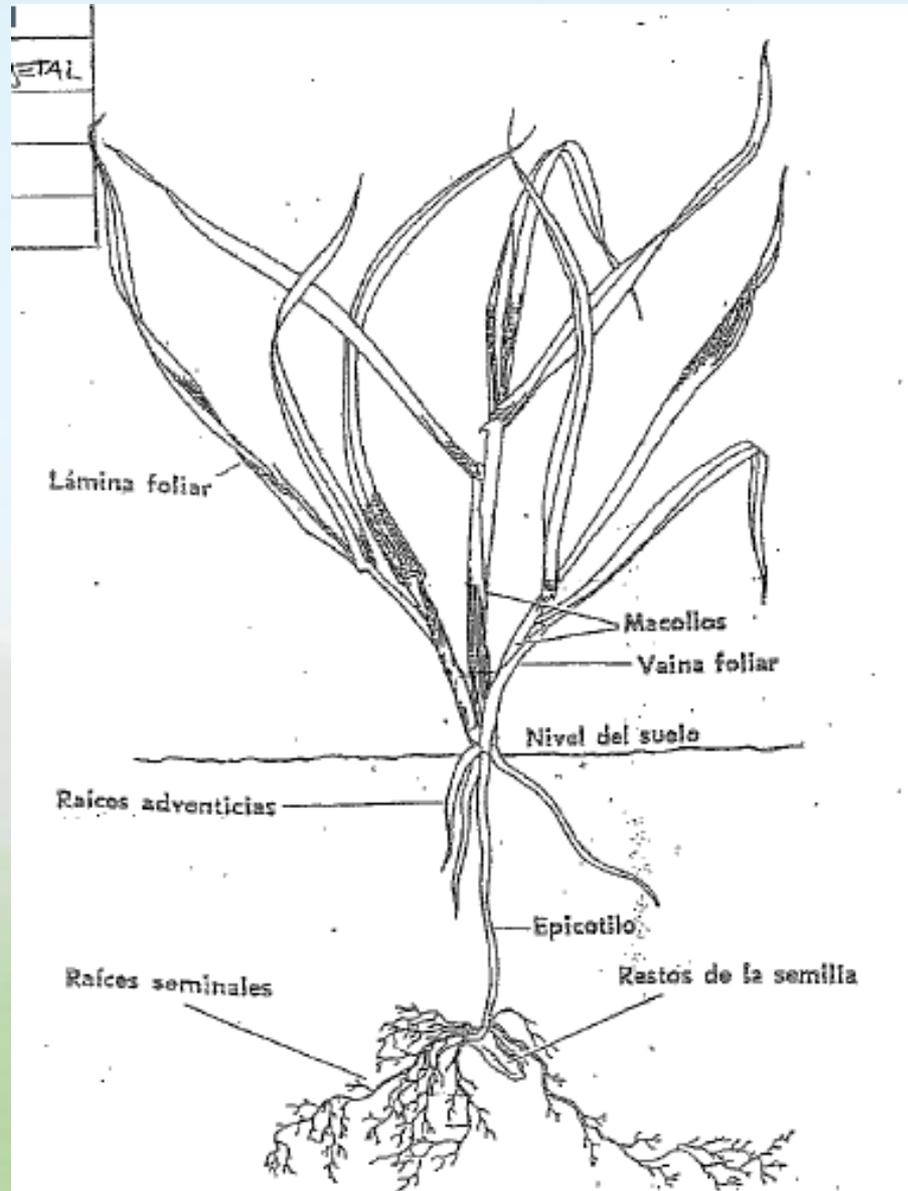
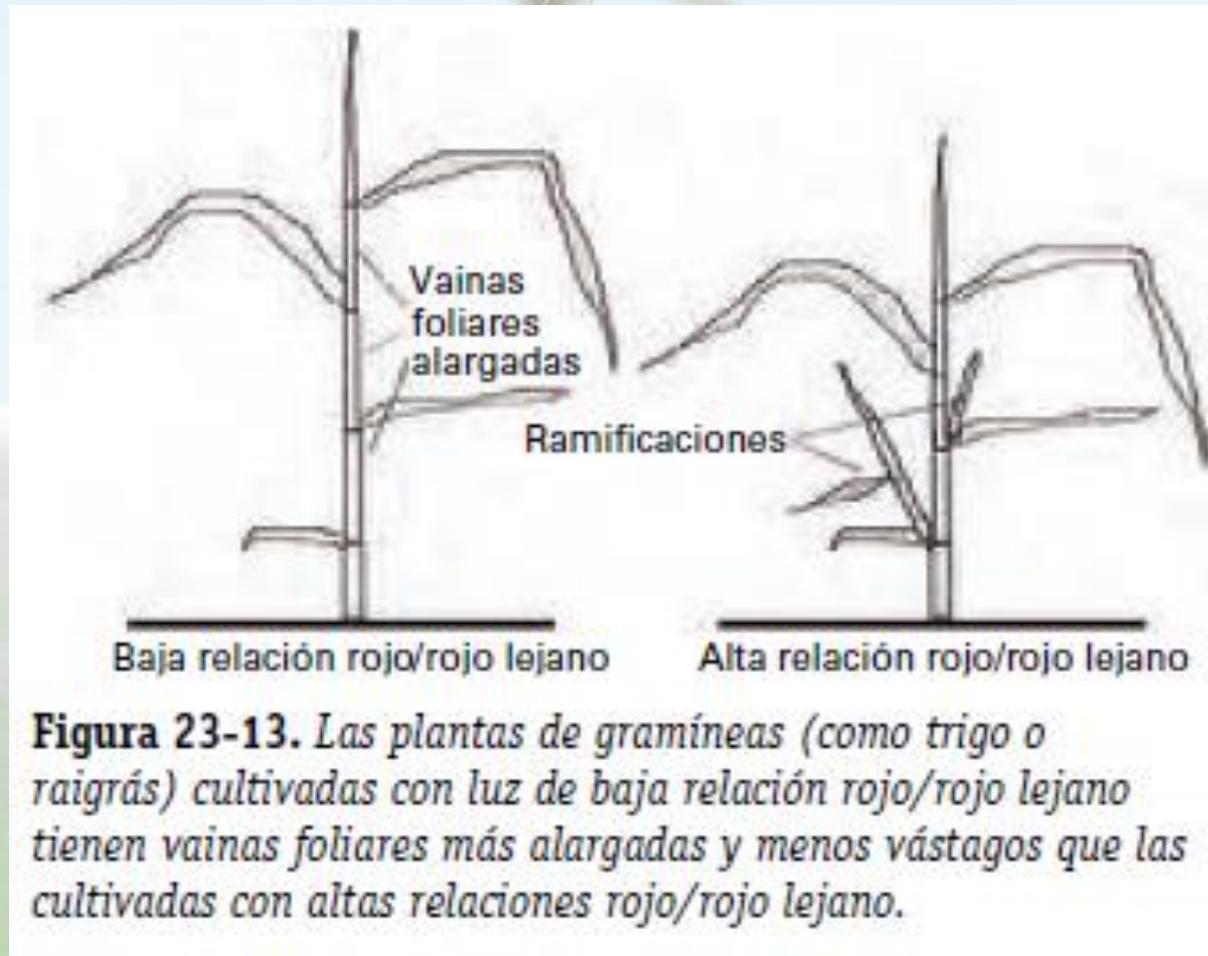


Fig 2.4. Planta joven de gramíneas cuya base ha sido elevada a nivel del suelo por alargamiento del epicotilo. Las raíces seminales y adventicias se ven con claridad. (Thomas y Davies, 1964).

# La relación R/RL controla el crecimiento foliar y el macollaje

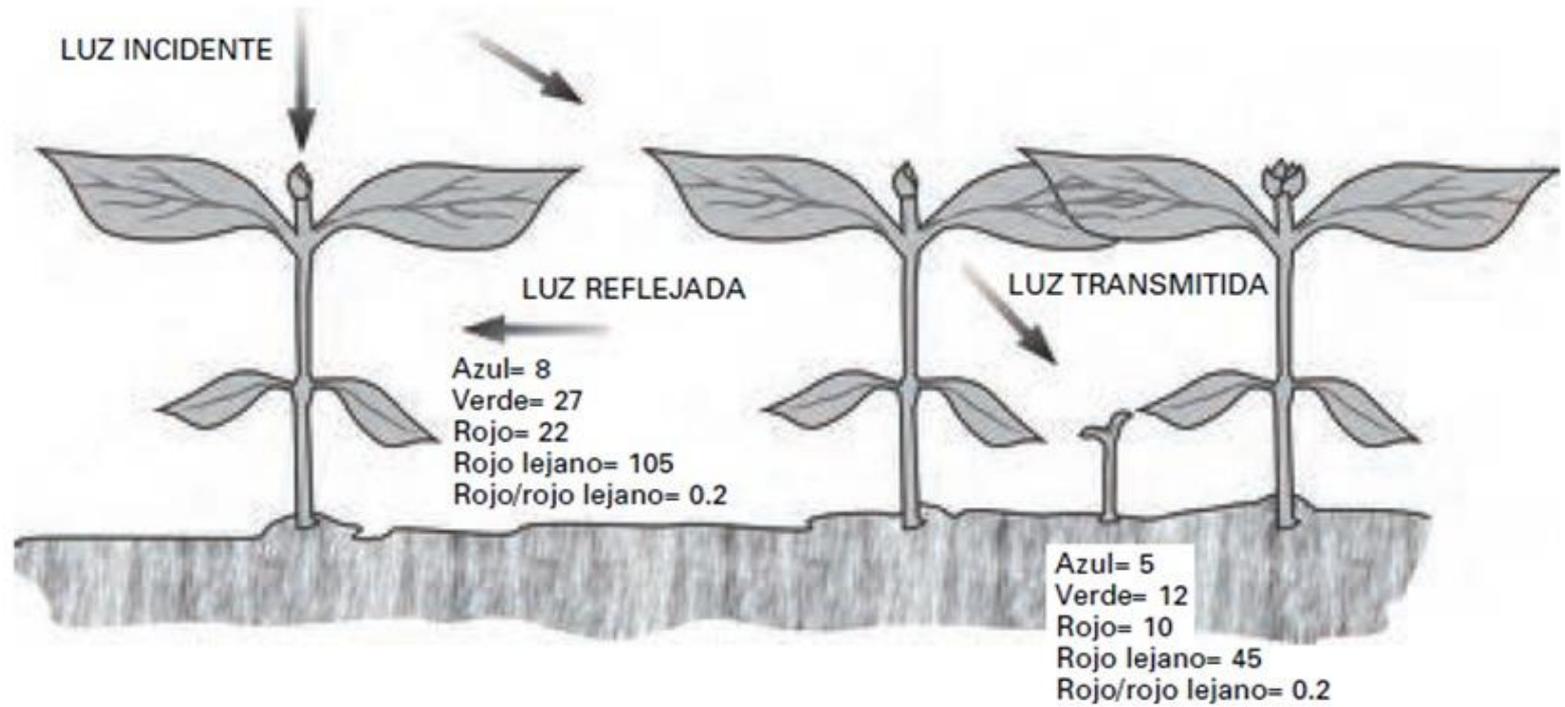


# RAMIFICACIÓN





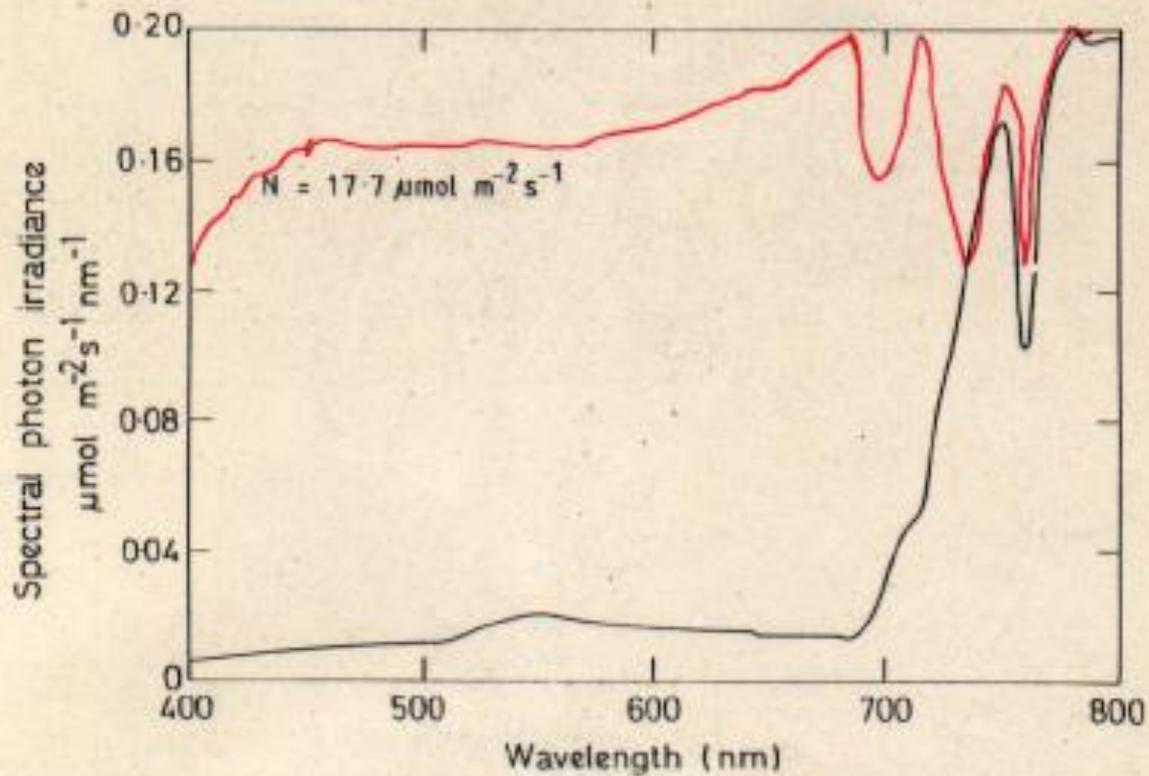
Azul= 230  
Verde= 350  
Rojo= 380  
Rojo lejano= 350  
Rojo/rojo lejano= 1.1



# Respuesta a muy bajos flujos de luz

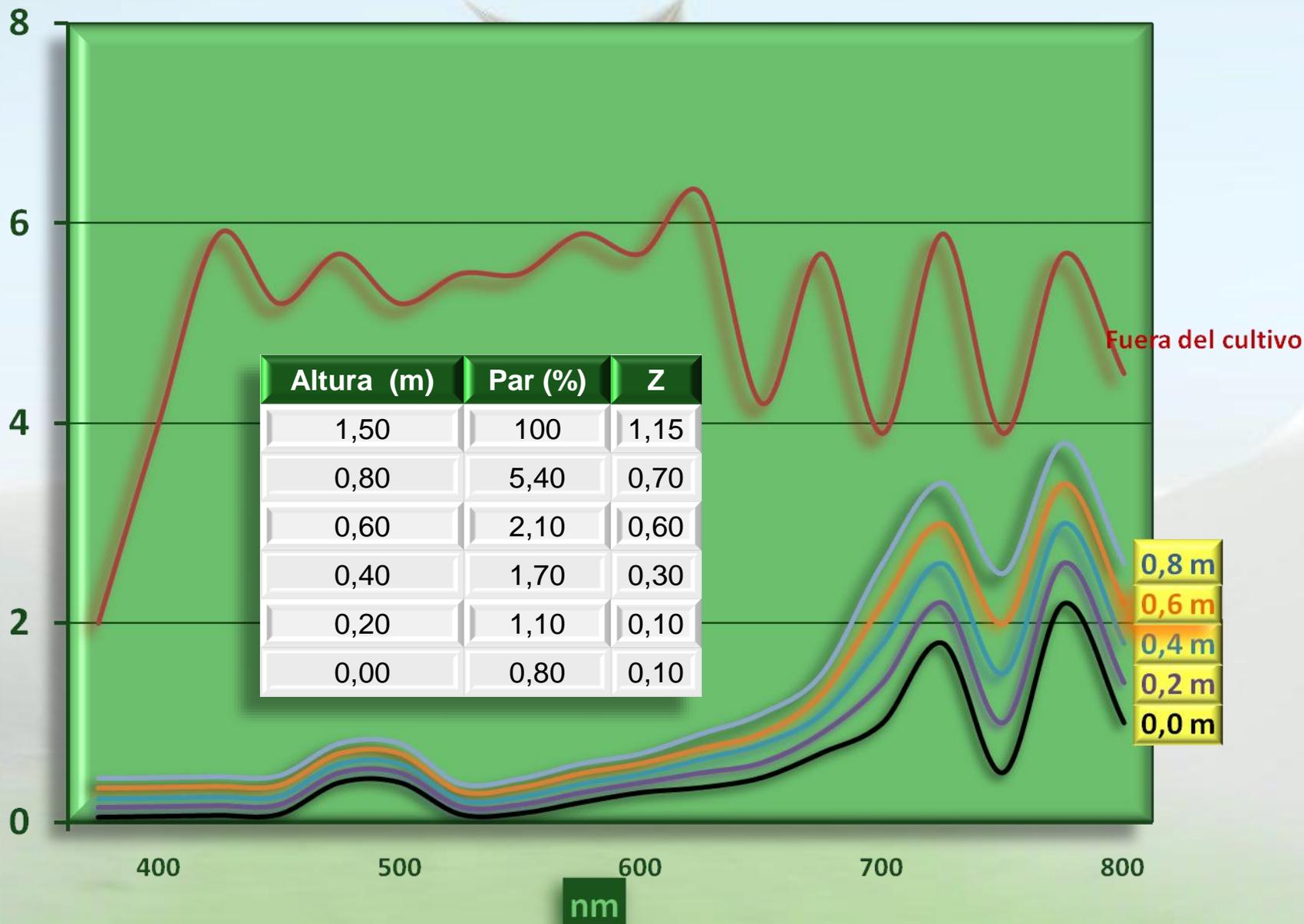


Scopel, Ballaré y Sanchez, 2002



*Figure 6.* The spectral photon distribution under a leafy canopy. Taken on the same day as the daylight scan in Fig. 1, this plot shows spectral distribution under a dense patch of ivy leaves, near to the ground surface. Note that the total irradiance ( $N$ ) is reduced by a factor of *ca.* 100 by the leaves, but also that the spectral distribution is very markedly altered (*cf.* Fig. 1).

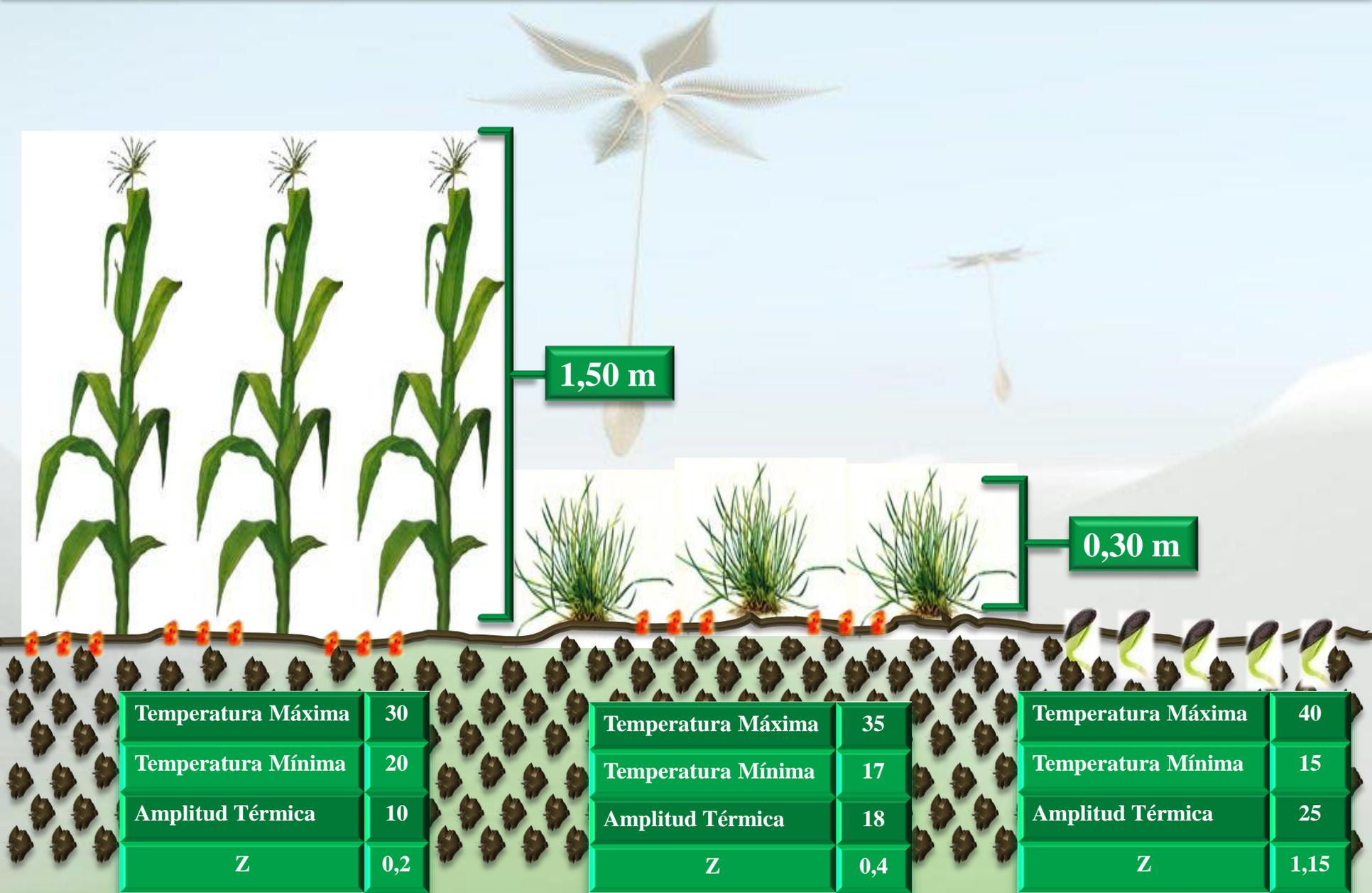
# Irradiancia sobre el canopeo y dentro del canopeo ( $\mu\text{M}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )



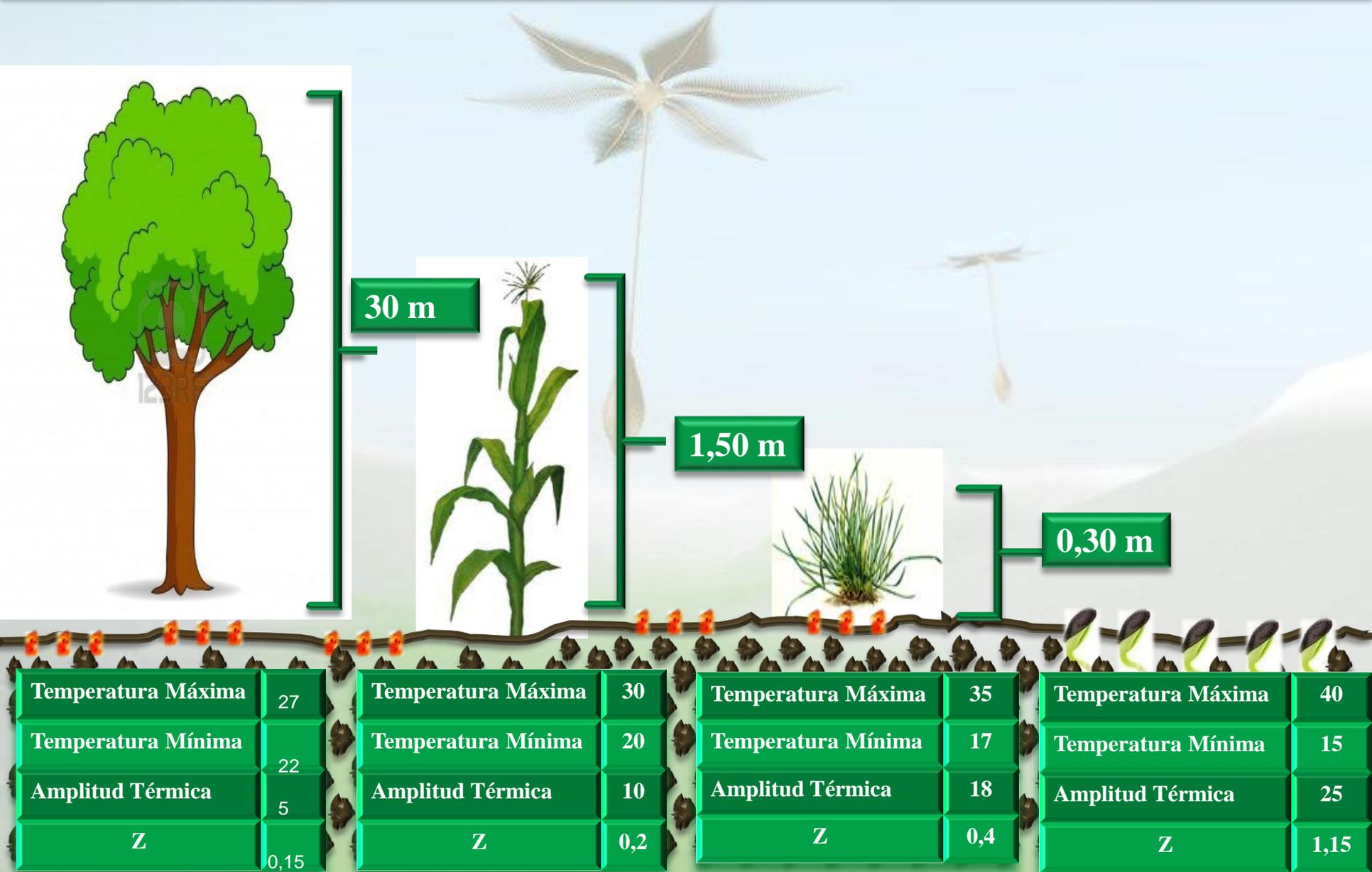
## Cambios estacionales en Par y en Z en el suelo



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



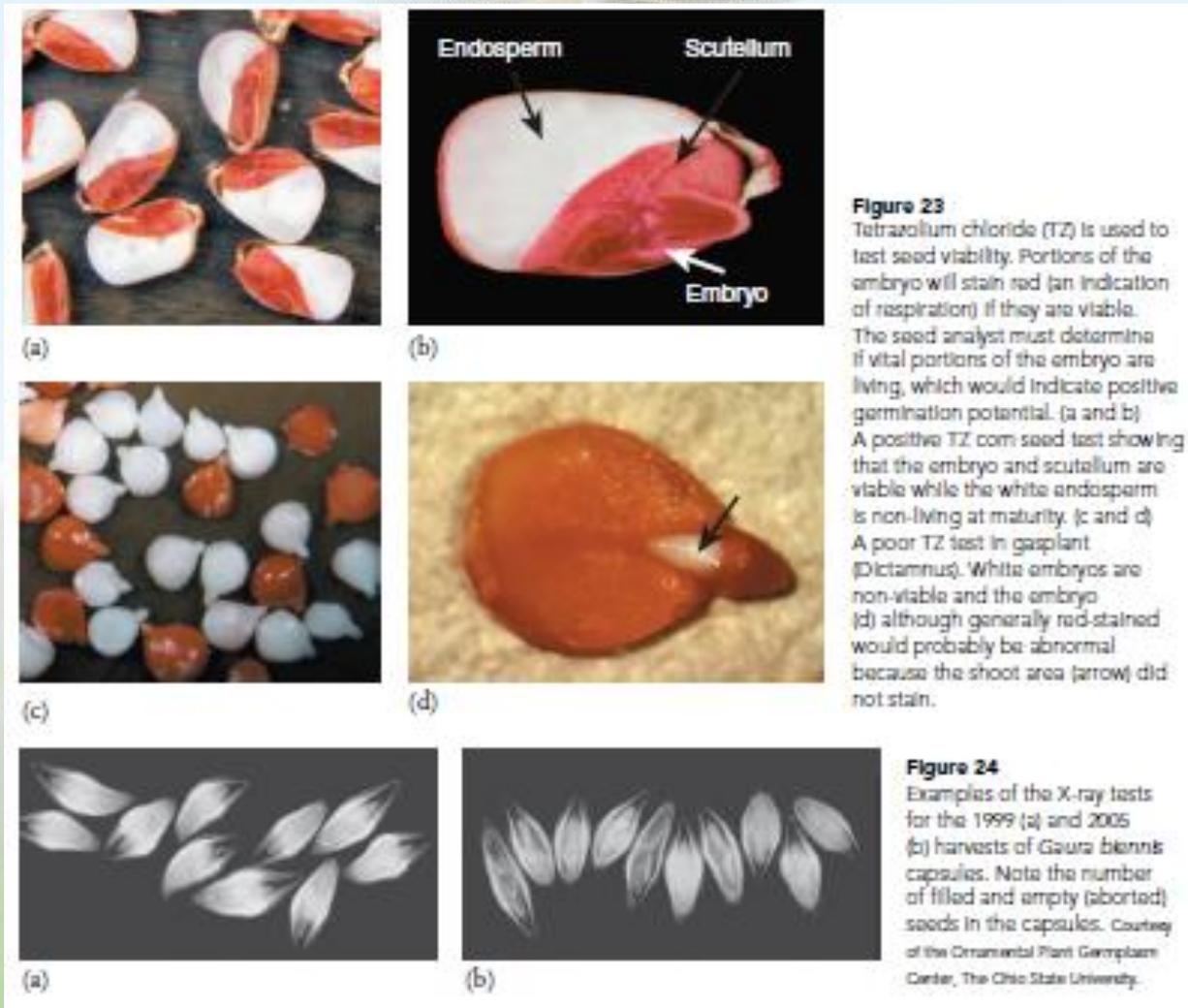
# Variación de la amplitud térmica y de la relación rojo/rojo largo (Z) a nivel del suelo en distintos ecosistemas



## 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)

# Prueba de Viabilidad



# Viabilidad de las semillas.

- **La viabilidad de las semillas es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar.**
- Es un período variable y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento.
- El caso más extremo de retención de viabilidad es el de las semillas de *Nelumbo lucífera* encontradas en Manchuria con una antigüedad de unos 250 a 400 años; Achira, 500 años encontradas en Catamarca y Salta, determinado en el INFIVE (Nakayama F; Sívori E).
- En el extremo opuesto tenemos las que no sobreviven más que algunos días o meses, como es el caso de las semillas de arce (*Acer*), sauces (*Salix*) y chopos (*Populus*) que pierden su viabilidad en unas semanas; o los olmos (*Ulmus*) que permanecen viables 6 meses.
- En general, la vida media de una semilla se sitúa entre 5 y 25 años. Las semillas pierden su viabilidad por causas muy diversas.
- La desecación tiene límites; por debajo del 2%-5% en humedad se ve afectada el agua de constitución de la semilla, siendo perjudicial para la misma (constitutiva de proteínas que mantienen su conformación espacial y por consiguiente su función).
- En resumen podemos decir que, para alargar la viabilidad, ésta debe conservarse en ambientes secos; temperaturas bajas y, reducir la presencia 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



## 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**

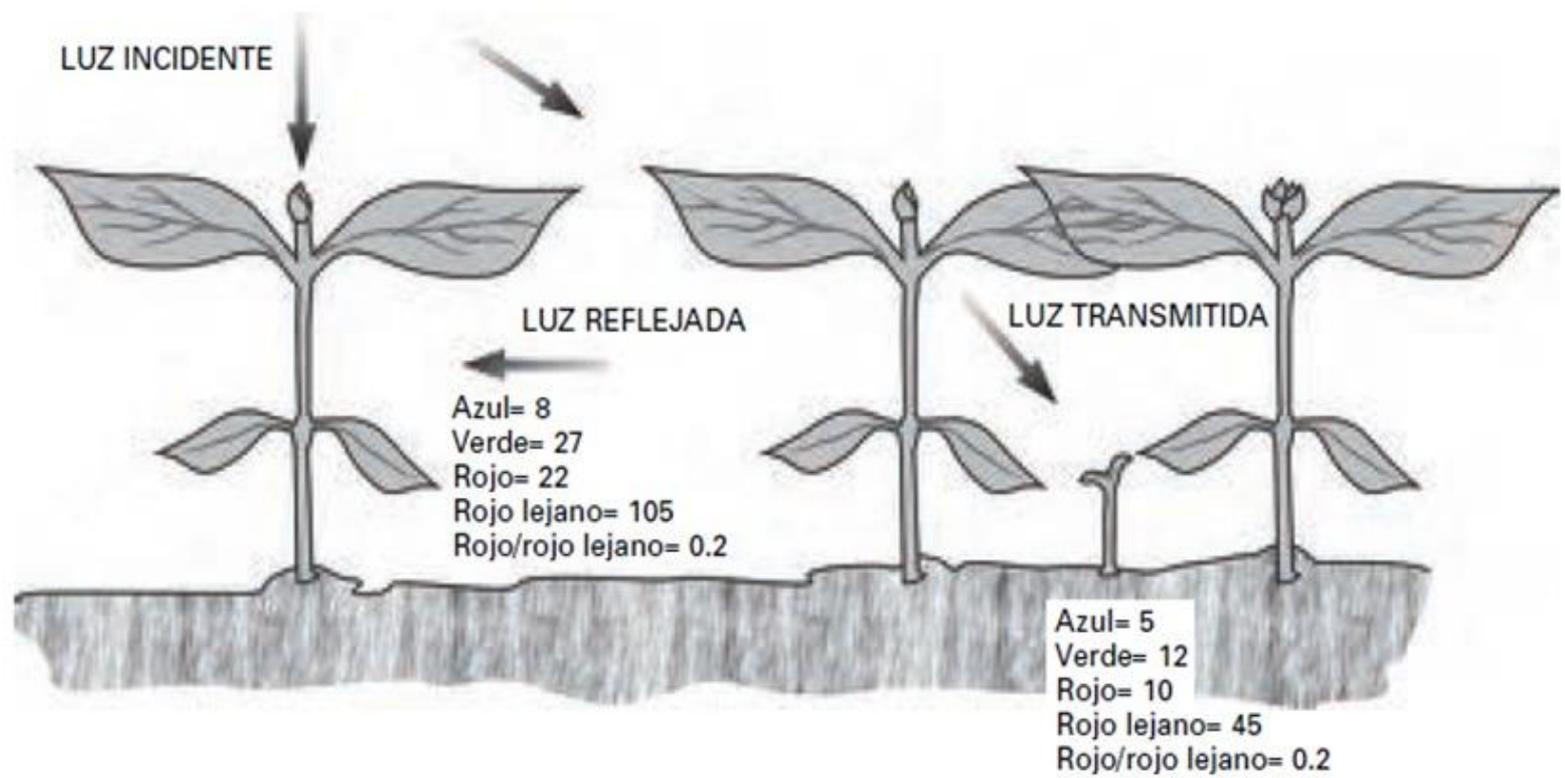
Se dispersan y conservan luego de alcanzar un bajo % de humedad

## 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

Azul= 230  
Verde= 350  
Rojo= 380  
Rojo lejano= 350  
Rojo/rojo lejano= 1.1



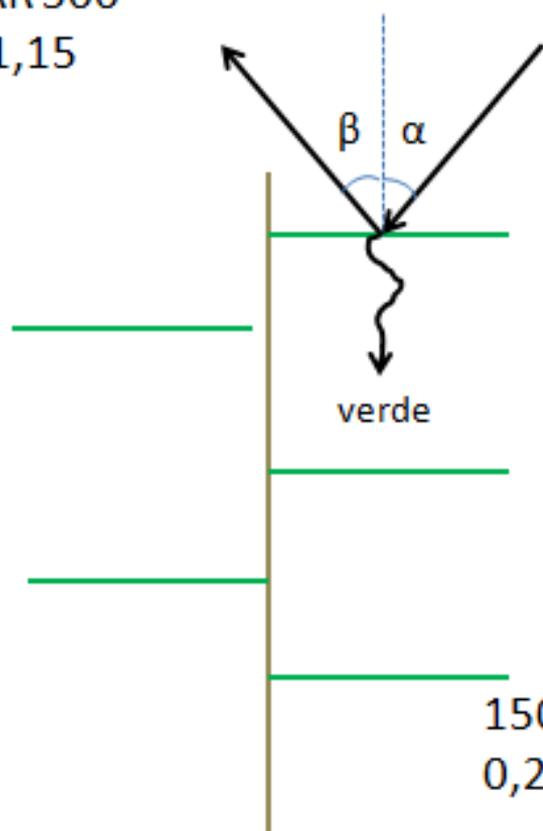




10 a 25 %

PAR 500

Z 1,15

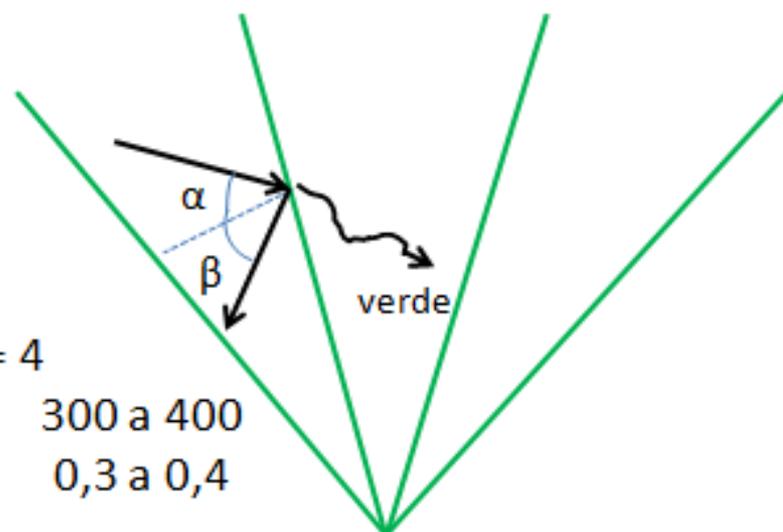


150  
0,2

planófila

PAR 2000

Z 1,15



IAF = 4

PAR 300 a 400

Z 0,3 a 0,4

erectófila

A scenic autumn path lined with trees and a wooden fence. The path is covered in fallen yellow leaves, and the trees on either side have vibrant yellow foliage. A wooden fence runs along the right side of the path. The overall atmosphere is peaceful and beautiful.

***Muchas  
gracias***