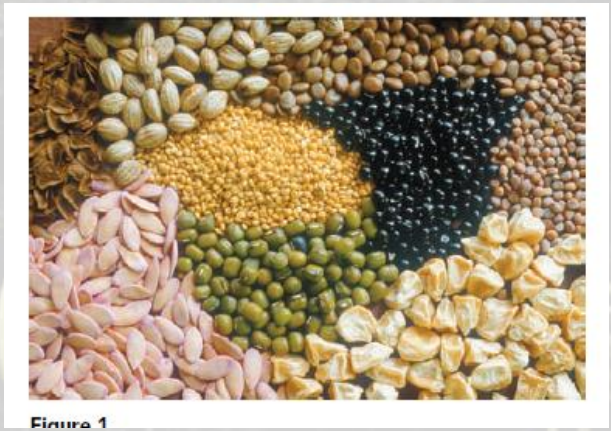


INFIVE
CONICET
U N L P

FCAyF
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

EN DEFENSA
DE LA CIENCIA
ARGENTINA

Germinación









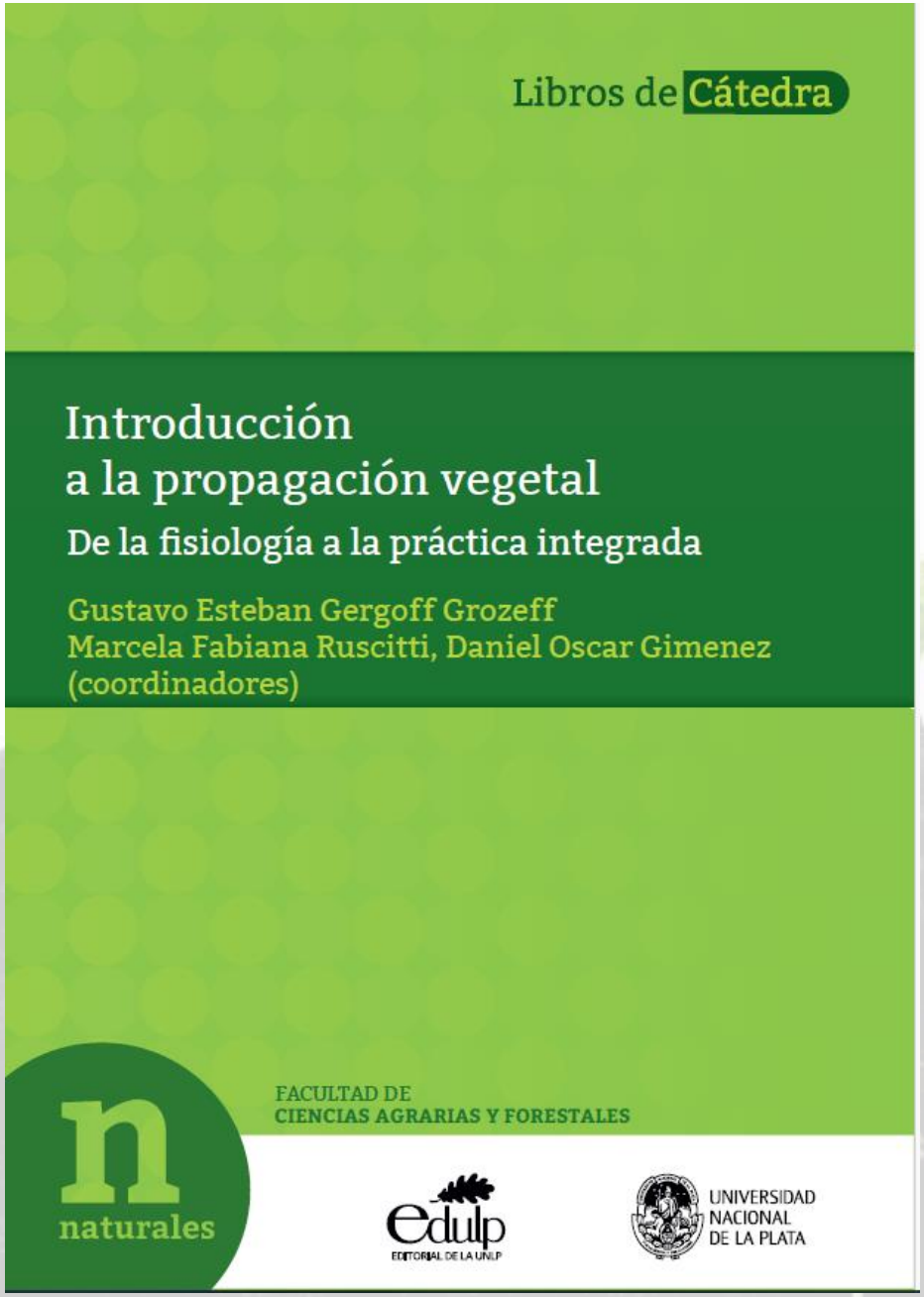
Eduardo Tambussi

Capacitación en técnicas de propagación vegetal. Cronograma 2026

Horario de clases: 14 a 18 hs

Lunes 30 de noviembre **Actividad 1. Virginia Luquez** **Fundamentos y estructuras para la propagación vegetal.** **Actividad 2. Virginia Luquez** **Ciclos ontogénicos de las plantas.**
Martes 1ro. de diciembre **Actividad 3. Juan José Guiamet** **El control de la floración. Inducción y diferenciación floral.** **Actividad 4. Eduardo Tambussi** **Propagación sexual: semillas.**
Miércoles 2 de diciembre **Actividad 5. Gustavo Gergoff** **Propagación Asexual: Multiplicación por medio de estacas.** **Actividad 6. Gustavo Gergoff** **Propagación Asexual: Acodos y sus formas naturales.**
Jueves 3 de diciembre **Actividad 11. Gustavo Gergoff** **Injertación: fundamentos y aplicaciones.** **Actividad 12. Gustavo Gergoff** **Ciclos productivos en viveros.**
Viernes 4 de diciembre **Actividad 8. Marcela Ruscitti** **Cultivo *in vitro* de tejidos vegetales.**

Eduardo Tambussi *E-mail* **eduardo.tambussi@agro.unlp.edu.ar**



CAPÍTULO 4

Propagación por semillas y fisiología de la germinación

Eduardo A. Tambussi

Introducción [1]

Tal como hemos visto en capítulos anteriores, la semilla es el óvulo fecundado y maduro y está contenido en el fruto (el cual deriva del ovario en el caso de las Angiospermas; no así en las Gimnospermas en las cuales las semillas no están contenidas en un fruto). Retomando lo que vimos en capítulos anteriores, recordemos que dentro del óvulo se desarrolla el saco embrionario el cual contendrá diversas células, entre ellas la gameta femenina (oósfera). Ésta, al fusionarse con uno de los núcleos espermáticos (proveniente del grano de polen) formará un cigoto, el cual por divisiones celulares y diferenciación formará un embrión. Así se reestablece la condición diploide (número 2n de cromosomas: recordar que las gametas son haploides (n) en el ciclo de vida de la planta).

Ya tenemos entonces una de las partes fundamentales de la futura semilla: el **embrión** (el cual podrá en su momento originar una nueva planta a través de la germinación y el establecimiento de la plántula[2]. Un embrión típico de especies dicotiledóneas posee una radícula (raíz embrionaria), dos cotiledones ('hojas' embrionales) y la plúmula (ápice del vástago, que originará la parte aérea de la planta, con tallos y hojas). En las gramíneas (incluyendo cereales) el embrión es algo diferente: (i) contiene un solo cotiledón ('escutelo'); (ii) la plúmula está cubierta por un 'cono' que lo protege (a manera de 'capuchón'), llamado coleoptilo y (iii) la radícula también está protegida por una coleorriza. Como veremos más adelante, conocer la forma y ubicación del embrión en la semilla es importante para el análisis de la viabilidad (ver secciones siguientes).

[1] Dado que este es un libro destinado a un público heterogéneo en su formación biológica (alumnos, aficionados etc.) procuramos no caer en demasiados tecnicismos, pero sin olvidar la terminología y conceptos con base científica: el tratamiento del tema resulta de un compromiso entre la simplicidad (con rigor) y cierta profundidad.

[2] No es correcto pensar que *'el embrión es una planta en miniatura'*. Si bien determinadas partes del embrión originarán los respectivos órganos (*v.g.* la radícula formará la raíz, la plúmula dará el vástago), los tejidos no están diferenciados como en la planta. Por ejemplo, en el embrión los cloroplastos no poseen su típica estructura y no contienen clorofila. Algo similar sucede en los sistemas de conducción (xilema y floema), ya que no están diferenciados. Durante el establecimiento de la plántula, se diferenciarán las células, tejidos y órganos, todo regulado por el control de programas genéticos definidos, y bajo la influencia moduladora de factores ambientales (luz, temperatura etc.).

Semilla y Germinación

Semilla. El proceso de la germinación. Factores que la afectan. Longevidad y viabilidad de las semillas. Test del tetrazolium. Reposo: dormición y quiescencia. Mecanismos de dormición: 'física' (coberturas), 'fisiológica' (inhibidores e interacciones hormonales). Dormición 'morfológica' (embriones inmaduros). Fotodormancia: Semillas fotoblásticas.

Tratamientos pre germinativos: escarificación, estratificación, postmaduración en seco, otros tratamientos (aplicación de giberelinas, alternancia térmica etc.)

Ciclo biológico de las plantas con semilla



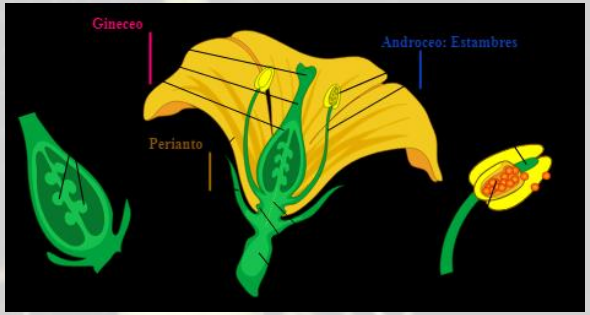


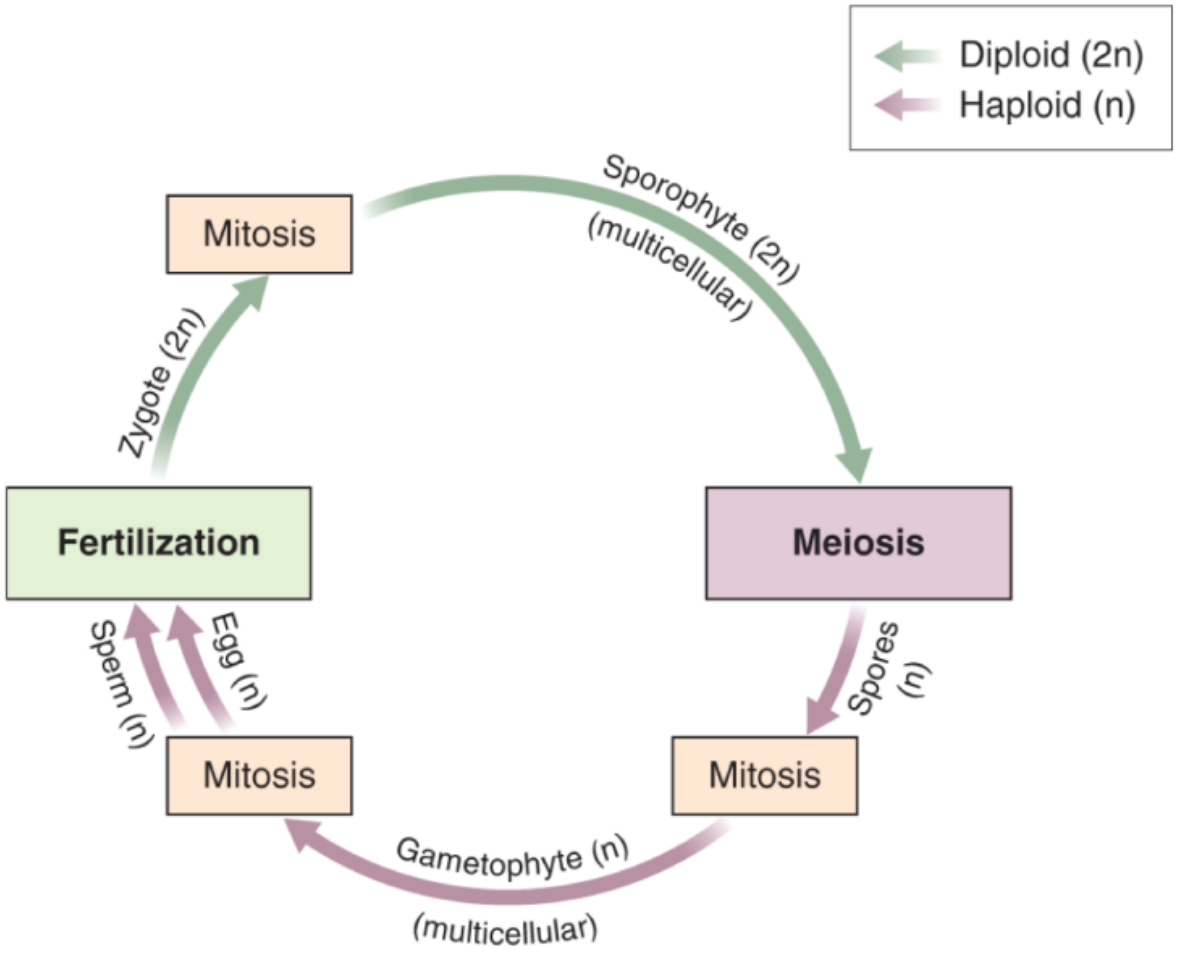








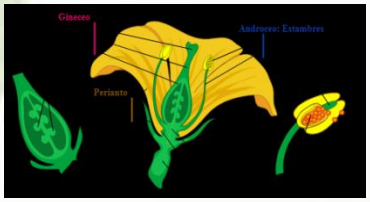



Diploid (2n)
Haploid (n)
Mitosis
Sporophyte (2n)
(multicellular)
Zygote (2n)
Fertilization
Meiosis
Sperm (n)
Egg (n)
Spores
(n)
Mitosis
Mitosis
Gametophyte (n)
(multicellular)

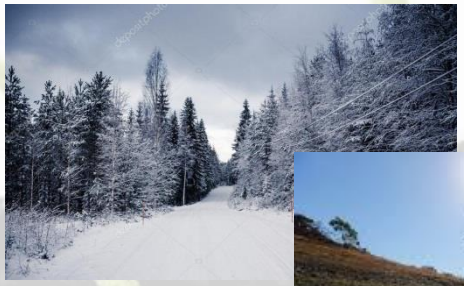
Roles de la semilla...('angiospermas y 'gimnospermas')

- Resultado de la reproducción (sexual)





- Estado de resistencia





- Dispersión (diáspora)



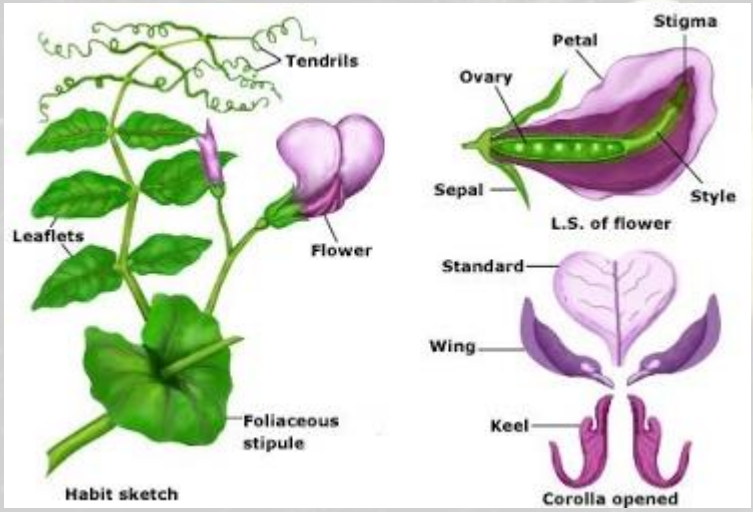


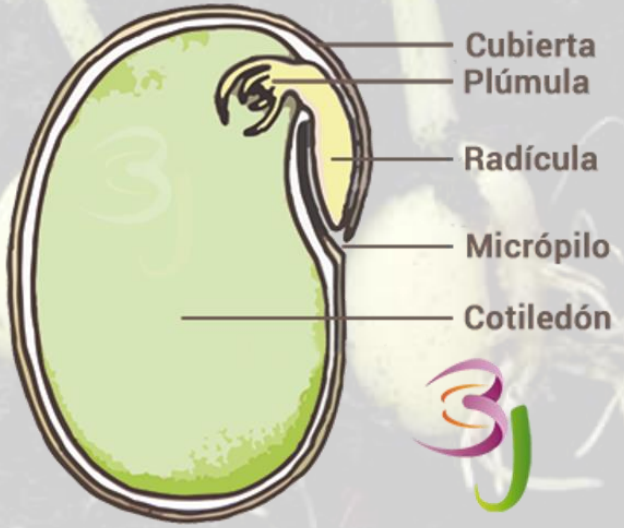


¿ Qué es una 'semilla'?

Es un óvulo maduro y fecundado conteniendo:

-Embrión
-Sustancia de reserva (endosperma, perisperma o cotiledones)
-Cubierta protectora (testa)





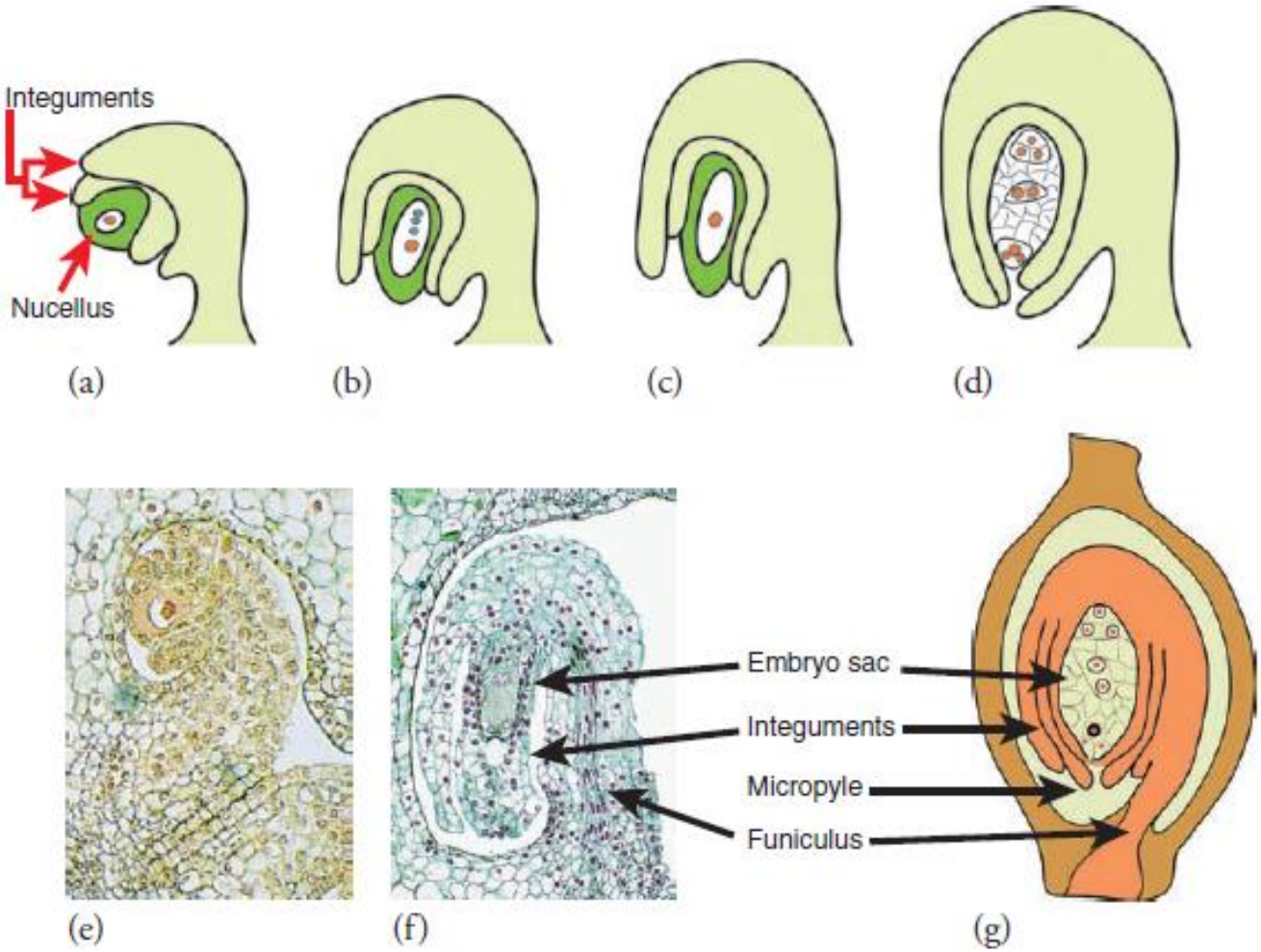


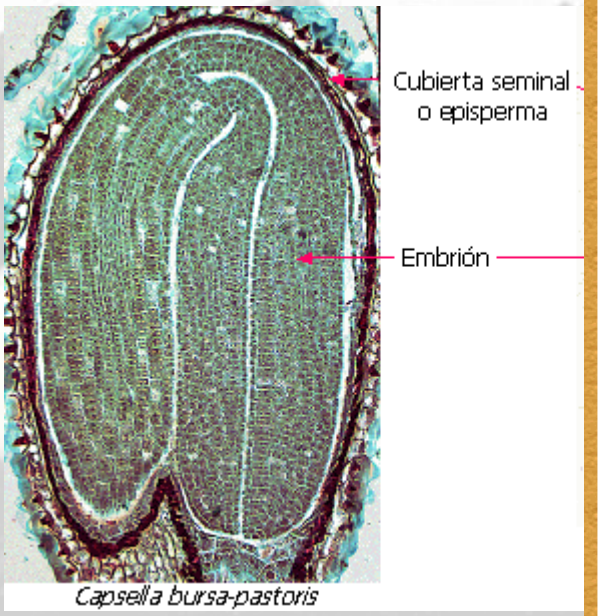
Figure 11
Development of the embryo sac in a representative angiosperm (lily). (a) The megaspore mother cell develops in the flower's nucellar tissue. (b) Meiosis results in one viable and three degenerative nuclei. (c and e) Progenitor nucleus for the embryo sac. (d, f, and g) Embryo sac within the ovule bounded by the integuments and attached to the ovary by the funiculus. It is common for the ovule to turn during development. The orientation illustrated is the most common form, called anatropous.

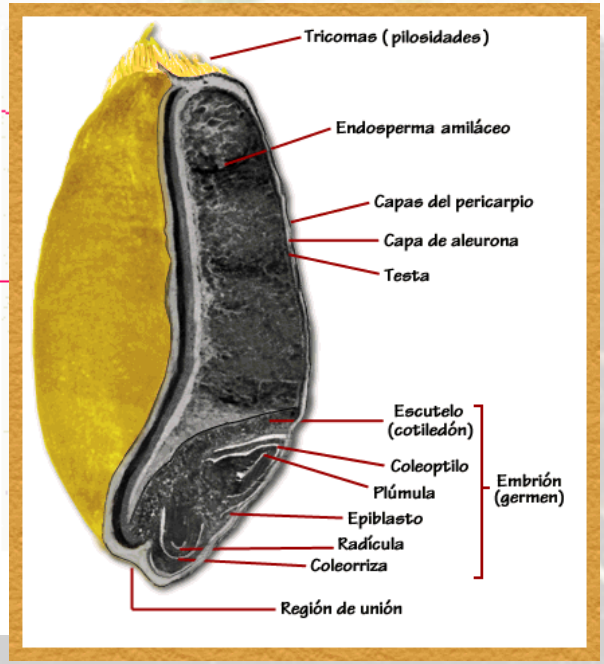
Embrión

Representa a la nueva generación, luego de la unión sexual de las gametas

- **Eje embrional** (originarán el vástago y la raíz)

- **Cotiledones** (1 en monocot., 2 en dicot., **varios** en coníferas)





Embrión

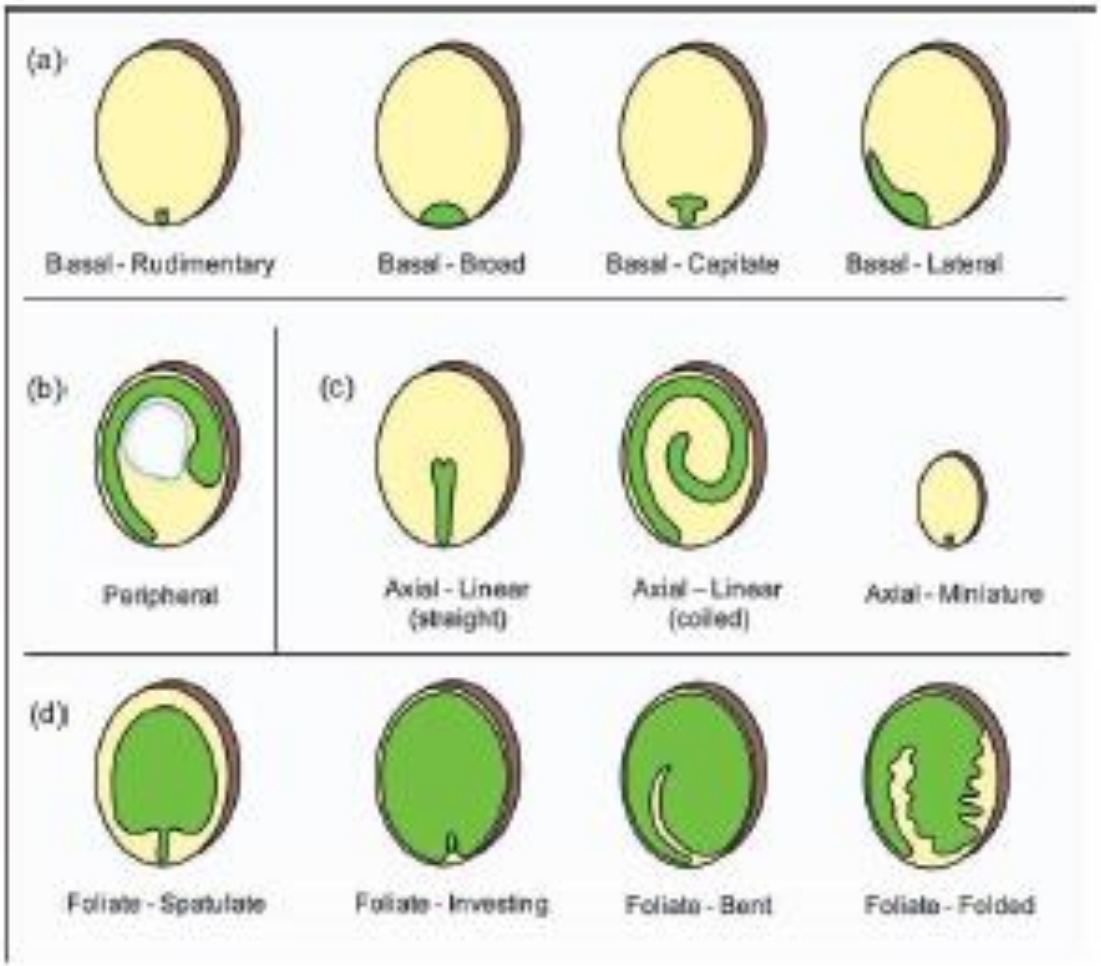


Figure 5
The basic embryo types found in seeds. Major forms include: (a) Basal embryos that have a high endosperm to embryo ratio. This is considered a more primitive evolutionary condition; (b) Peripheral embryos surround and inner mass of perisperm storage tissue; (c) Axial embryos occupy the center of the seed and contain a significant amount of endosperm; and (d) Foliate embryos where the cotyledons develop to occupy most of the seed and function as storage reserve tissue. Color codes for these images have the embryo in green, endosperm in yellow, perisperm in white, and seed coverings are brown. Adapted from Martin, A. C. 1946.

Embrión

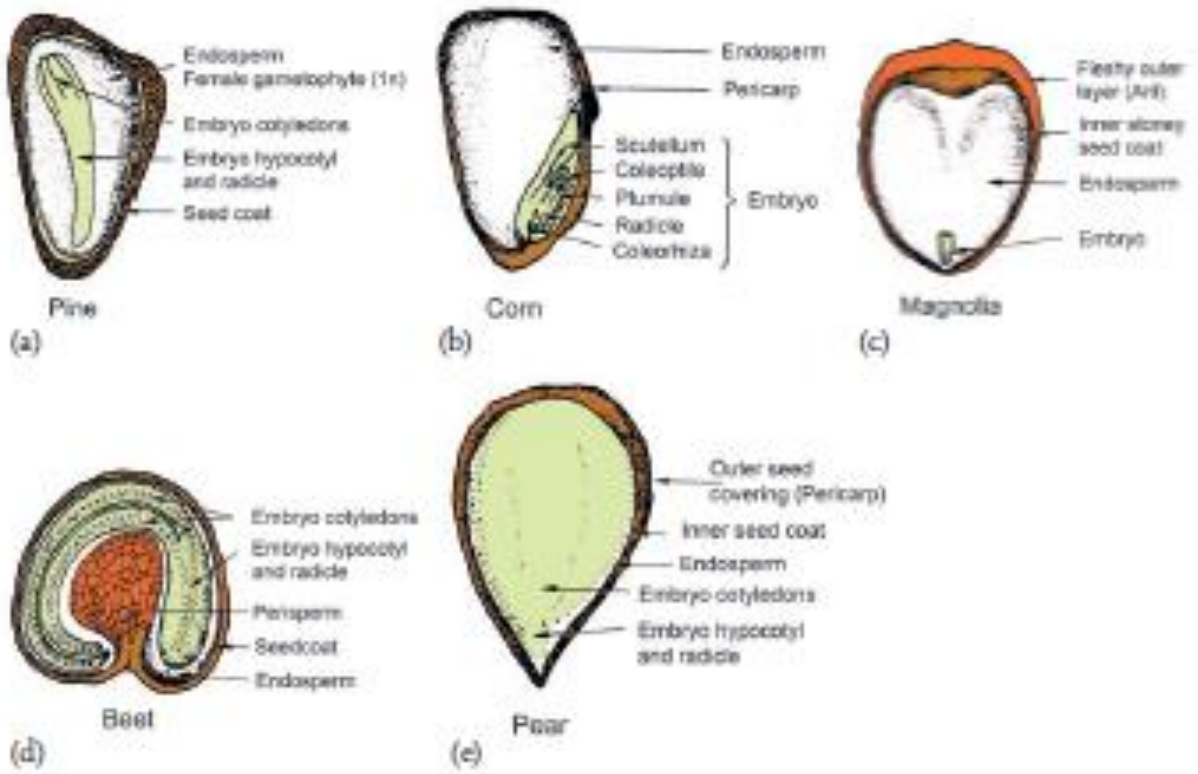


Figure 6

Representative seed morphologies. (a) Gymnosperm (conifer) seeds have embryos with multiple cotyledons and use the female gametophyte as reserve material. (b) Corn is an example of a monocot in the grass family. It has a peripheral embryo and a large endosperm reserve. The outer protective layer is fruit tissue—pericarp. (c, d, and e) Each of the representative dicots has embryos with two cotyledons. Magnolia has a small embryo and a large endosperm reserve. The fleshy outer covering is an aril derived from the funiculus. Beet seeds have a curved embryo and utilize perisperm derived from nucellar tissue. In pear, the cotyledons fill the seed and are used for storage reserve. The nutritive reserves in the endosperm have been transferred to the cotyledons, so there is only a small remnant endosperm between the embryo and seed coat. The outer layer is fruit (pericarp) tissue.

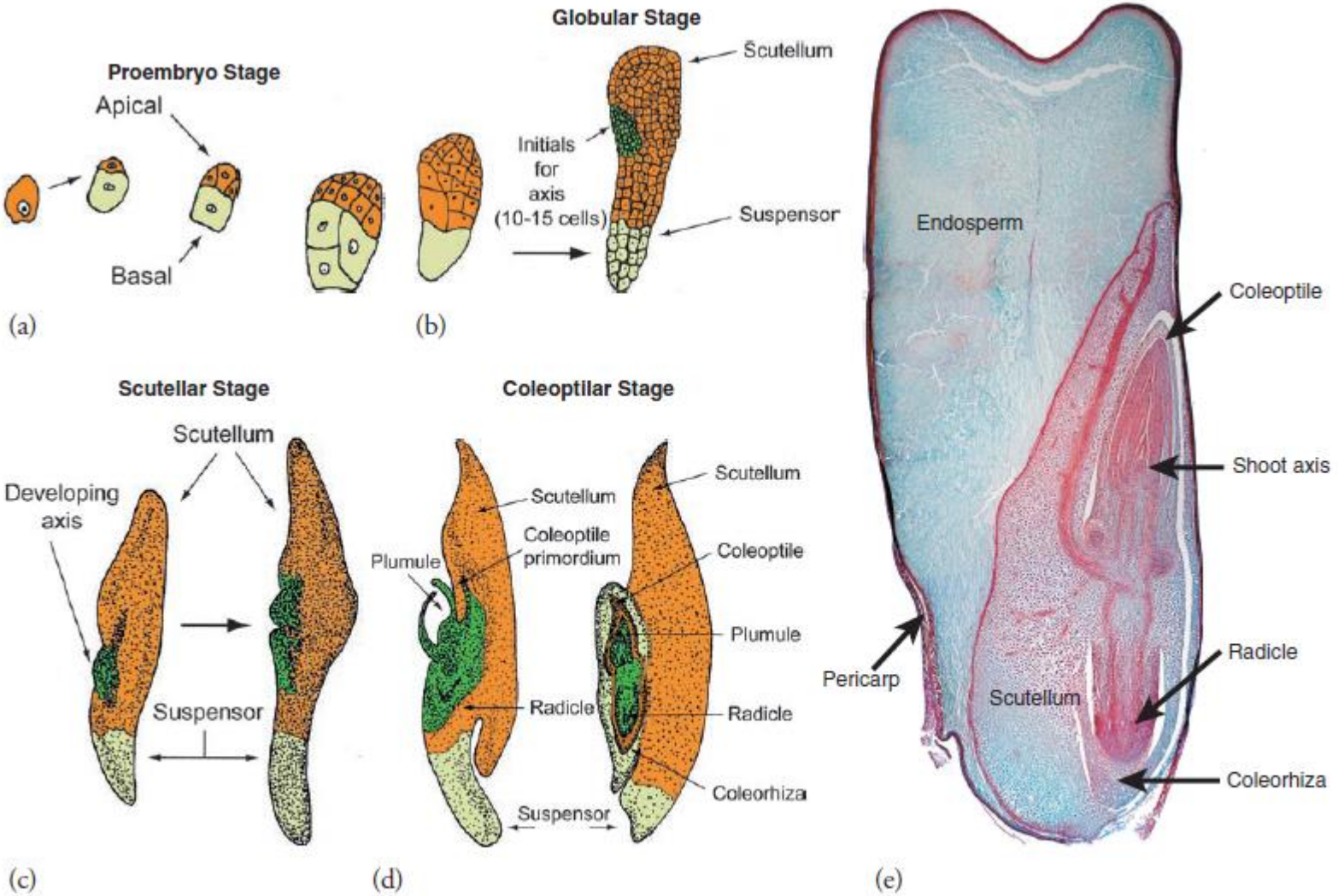


Figure 19
Embryo development in a typical monocot (corn). See text for description of figure. (e) Cross section of a mature seed of corn showing basic anatomical features.

Sustancias de reserva

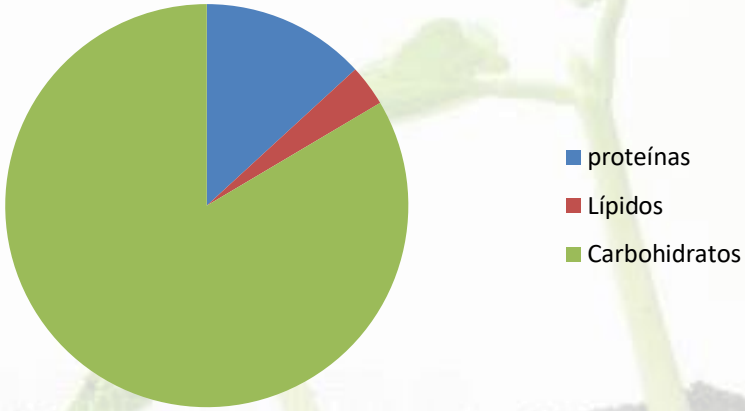
Table 6.3 The food reserves of some important crop species.

	Average composition (%)			
	Protein	Oil	Carbohydrate[a]	Major storage site
Cereals				
Barley (*Hordeum* spp.)	12	3[b]	76	Endosperm
Maize (*Zea mays*)	10	5	80	Endosperm
Oats (*Avena sativa*)	13	8	66	Endosperm
Rye (*Secale cereale*)	12	2	76	Endosperm
Wheat (*Triticum* spp.)	12	2	75	Endosperm
Legumes				
Broad bean (*Vicia fava*)	23	1	56	Cotyledons
Garden pea (*Pisum sativum*)	25	6	52	Cotyledons
Peanut (*Arachis hypogaea*)	31	48	12	Cotyledons
Soybean (*Glycine max*)	37	17	26	Cotyledons
Other				
Castor bean (*Ricinus communis*)	18	64	Negligible	Endosperm
Oil palm (*Elaeis* sp.)	9	49	28	Endosperm
Pine (*Pinus* spp.)	35	48	6	Megagametophyte
Rape (*Brassica napus*)	21	48	19	Cotyledons

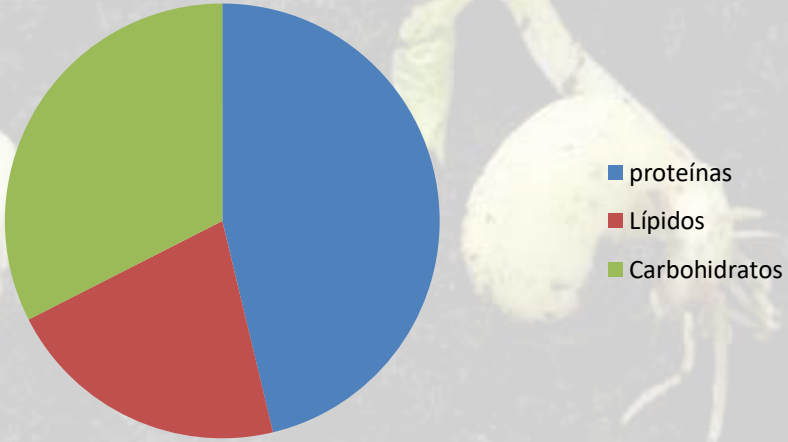
[a] Mainly starch.
[b] In cereals, oils are stored within the scutellum, an embryonic tissue, and aleurone.

Sustancias de reserva

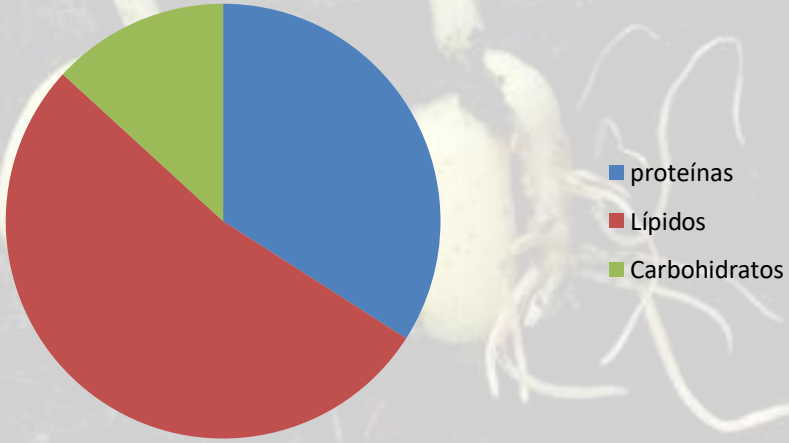
cebada, trigo, avena



soja



maní



Características de la semilla

- **Poseen un bajo contenido porcentual de agua** (en el orden del 5- 10%) **(generalización válida para semillas ortodoxas)**

- **El crecimiento del embrión se halla detenido**





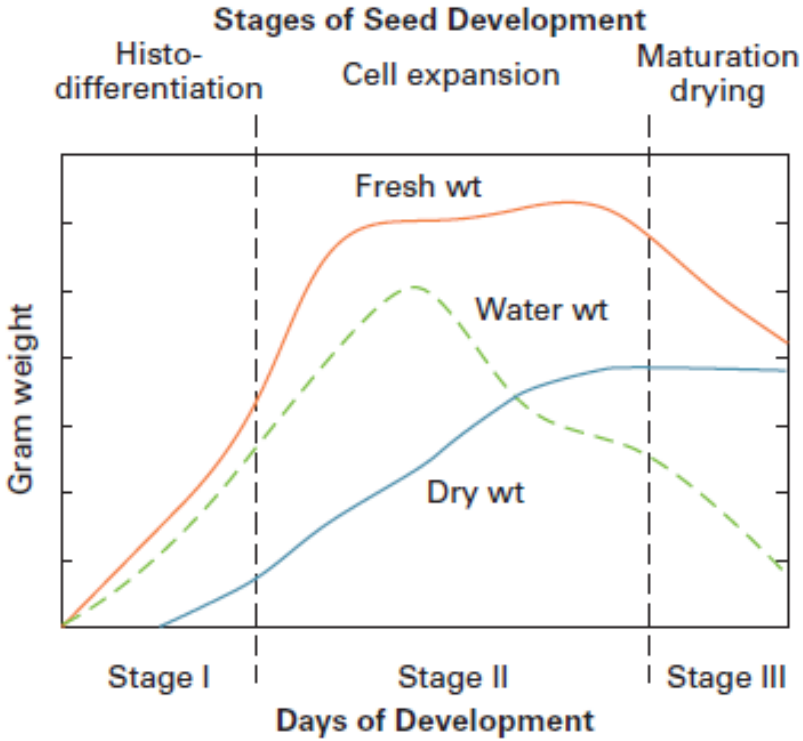


Figure 16

The stages of seed development. The stages include histodifferentiation (rapid increase in seed size due predominantly to cell division), cell expansion (largest increase in seed size for deposition of food reserves), and maturation drying (dramatic loss in seed fresh weight due to water loss). Redrawn from Bewley and Black, 1994.

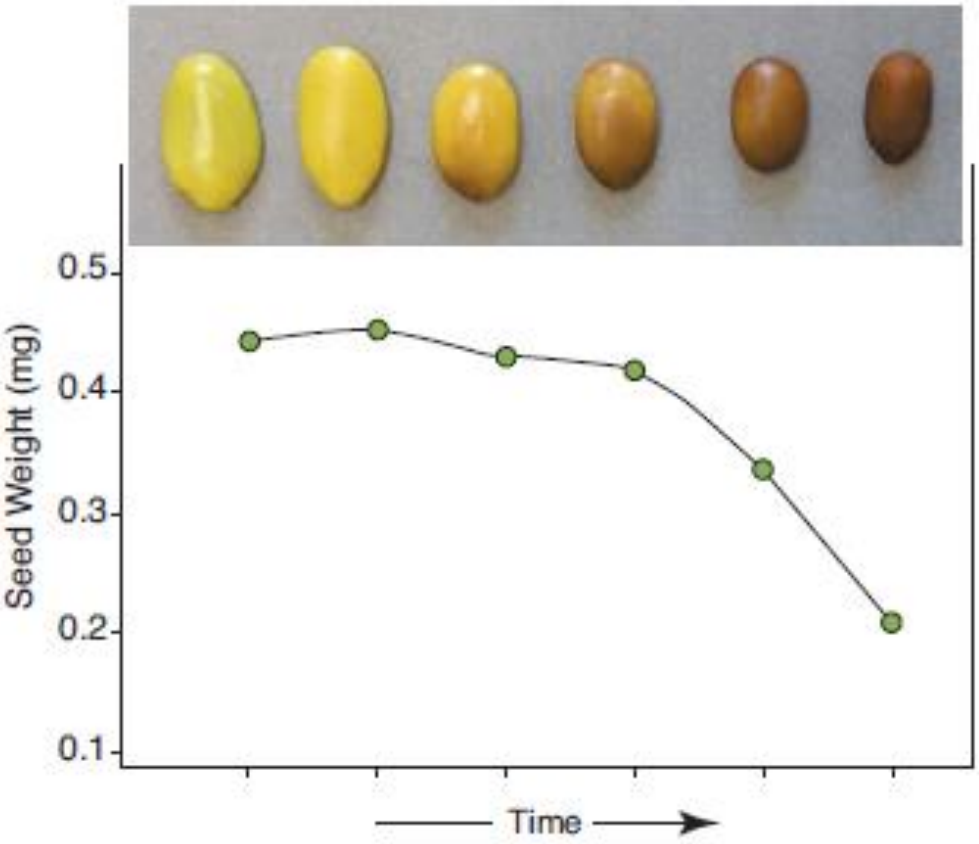




Figure 23
Water loss in honeylocust (*Gleditsia triacanthos*) seeds during development. Note the typical loss of chlorophyll during maturation drying and the overall reduction in seed size.

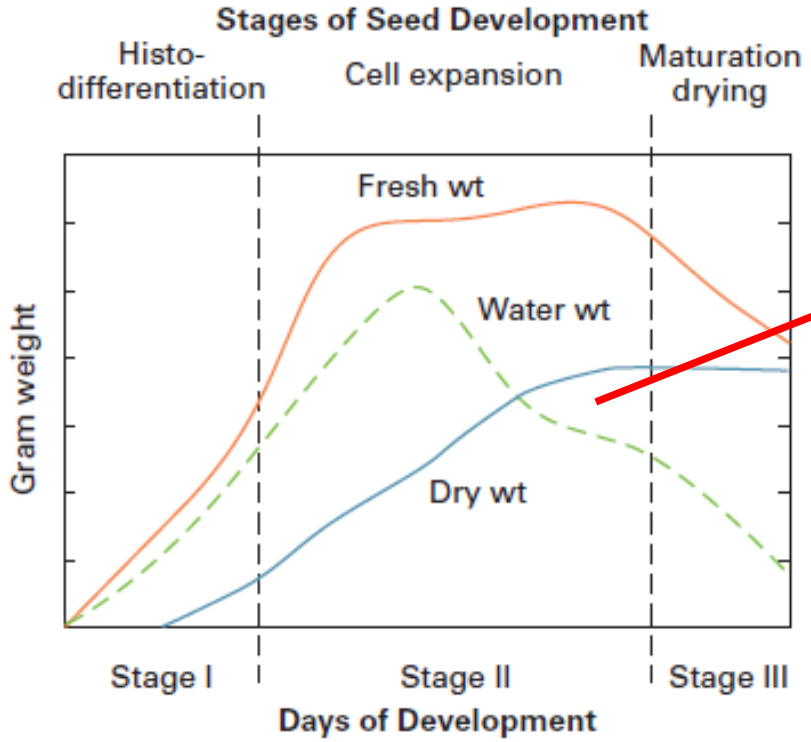


Figure 16
The stages of seed development. The stages include histodifferentiation (rapid increase in seed size due predominantly to cell division), cell expansion (largest increase in seed size for deposition of food reserves), and maturation drying (dramatic loss in seed fresh weight due to water loss). Redrawn from Bewley and Black, 1994.

Semillas ortodoxas
(la mayoría de las plantas de cultivo)



Figure 1

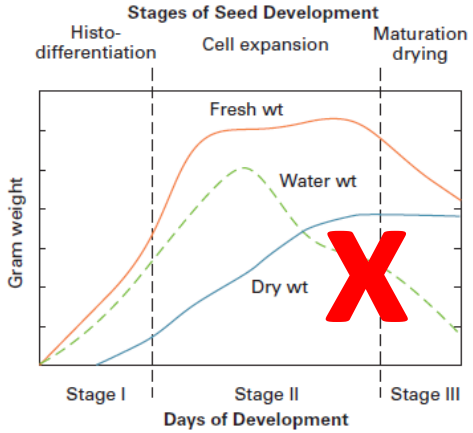


Figure 16
The stages of seed development. The stages include histodifferentiation (rapid increase in seed size due predominantly to cell division), cell expansion (largest increase in seed size for deposition of food reserves), and maturation drying (dramatic loss in seed fresh weight due to water loss). Redrawn from Bewley and Black, 1994.

Semillas recalcitrantes
(= NO ortodoxas)
(v.g. algunos árboles tropicales,
palta, mango, café, Fagus,
cítricos etc.)







Semillas ortodoxas

- Toleran la **desecación** y **bajas temperaturas**
- Más o menos **longevas** (según los casos)



Semillas recalcitrantes

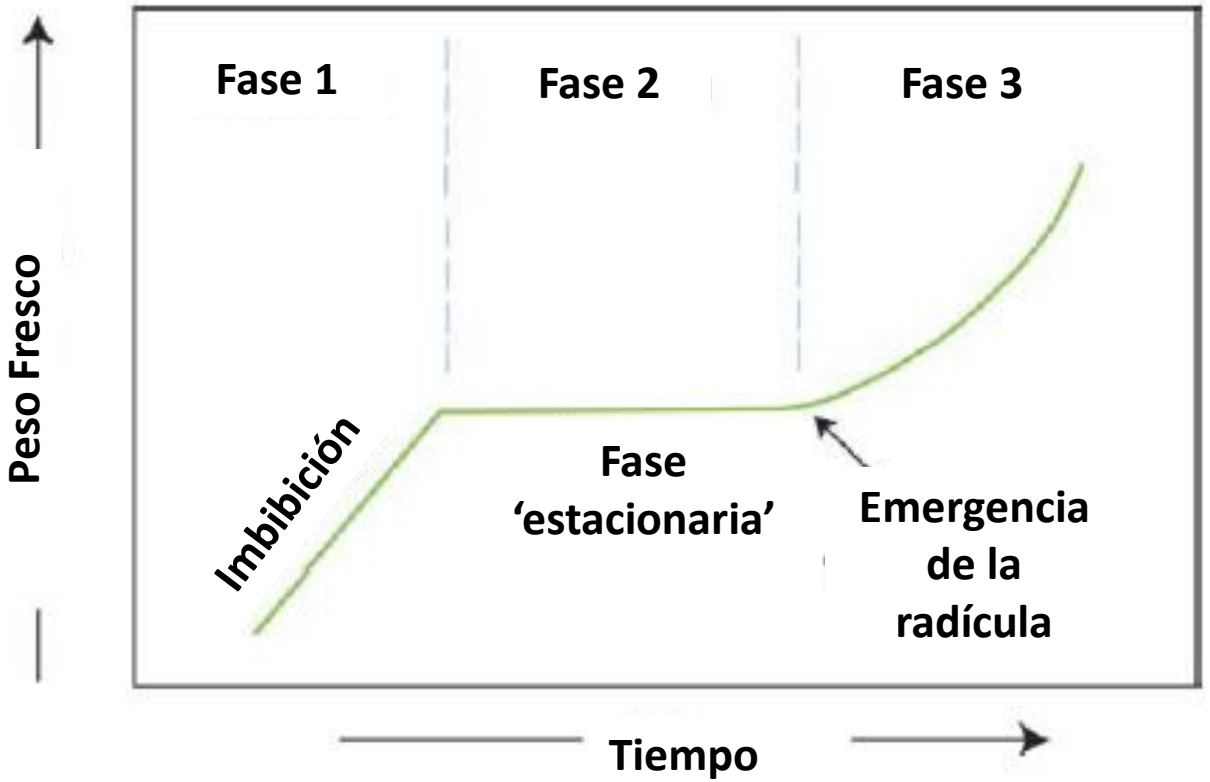
- **NO toleran** la deshidratación (> 25%) y bajas temperaturas
- **Corta longevidad**



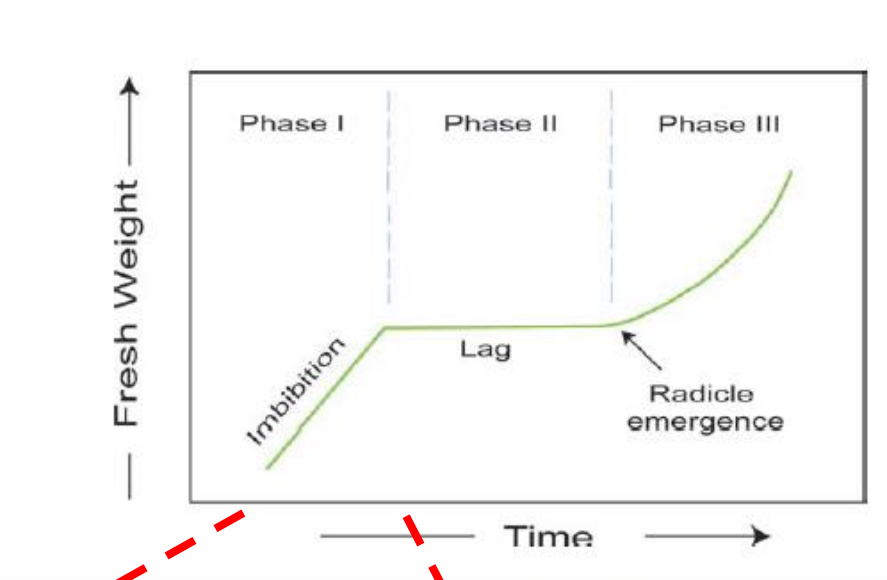
Germinación: restablecimiento del crecimiento del embrión (antes, en estado de reposo)

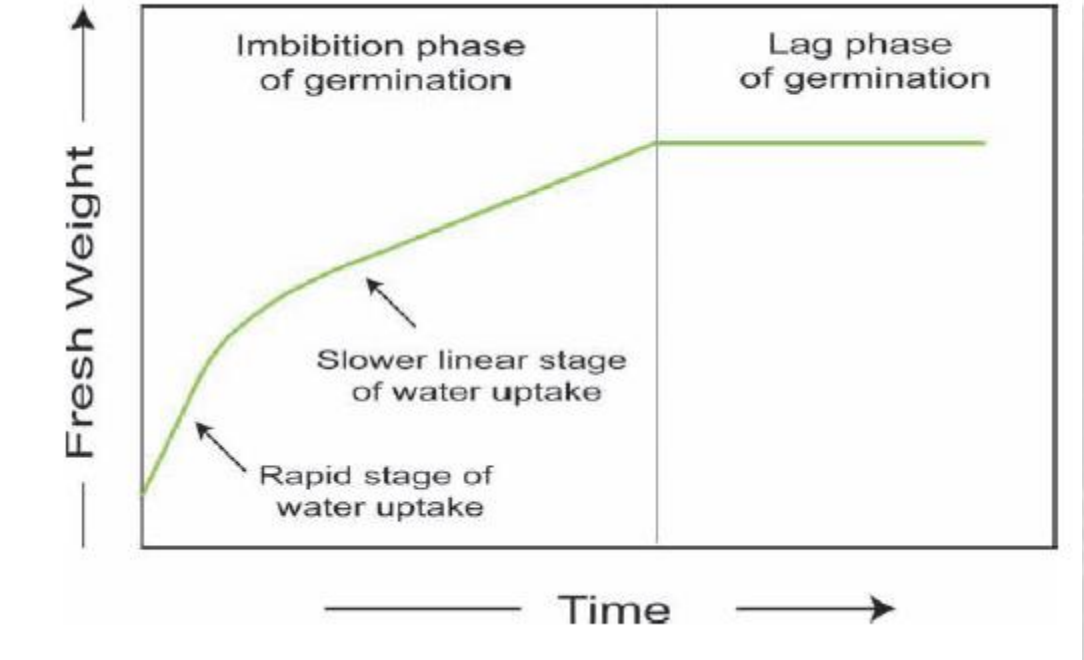


Fases de la germinación-postgerminación



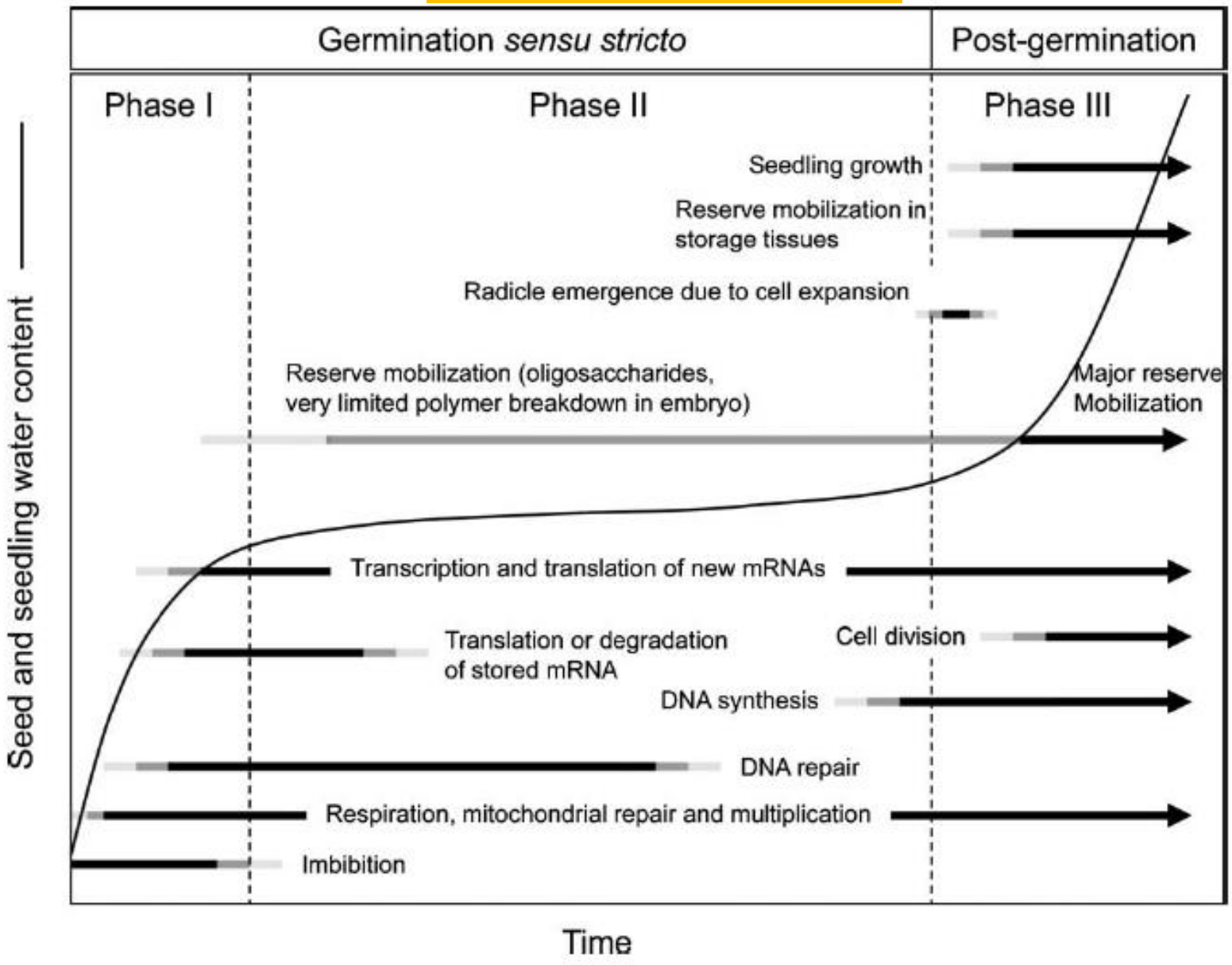
La imbibición (= 'rehidratación') **es un proceso físico (fuerzas mátricas) y se produce independientemente que la semilla esté viva o no**


Phase I
Phase II
Phase III
Fresh Weight
Imbibition
Lag
Radicle emergence
Time

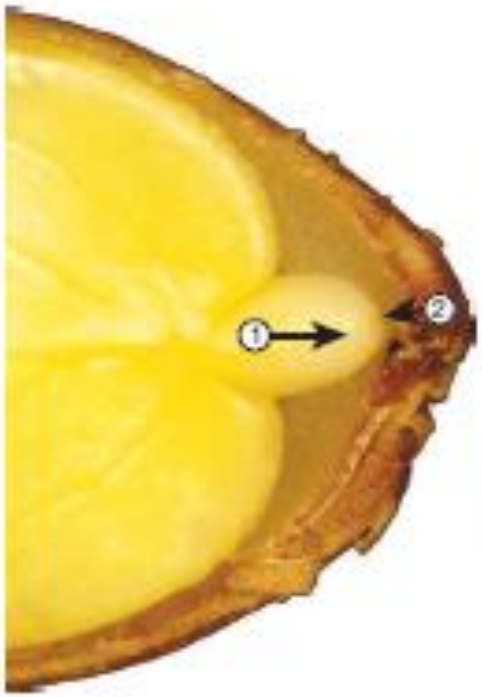

Imbibition phase of germination
Lag phase of germination
Fresh Weight
Slower linear stage of water uptake
Rapid stage of water uptake
Time

H. Nonc

Emergencia radícula



Emergencia de la radícula



Gibberellin promotes, while ABA inhibits changes in growth potential of the radicle.

① Growth potential in radicle cells.
vs.
② Physical resistance of the seed coverings.

Gibberellins promote, while ABA inhibits enzymatic cell wall loosening in the seed coverings.

Figure 6
The balance of forces involved in germination. In many seeds, the seed coverings provide a physical resistance to radicle emergence. The ability of the radicle to penetrate the seed coverings determines the speed of germination and can be an important mechanism for controlling germination in dormant seeds. Adapted from Bradford and Ni, 1993.

Emergencia de la radícula

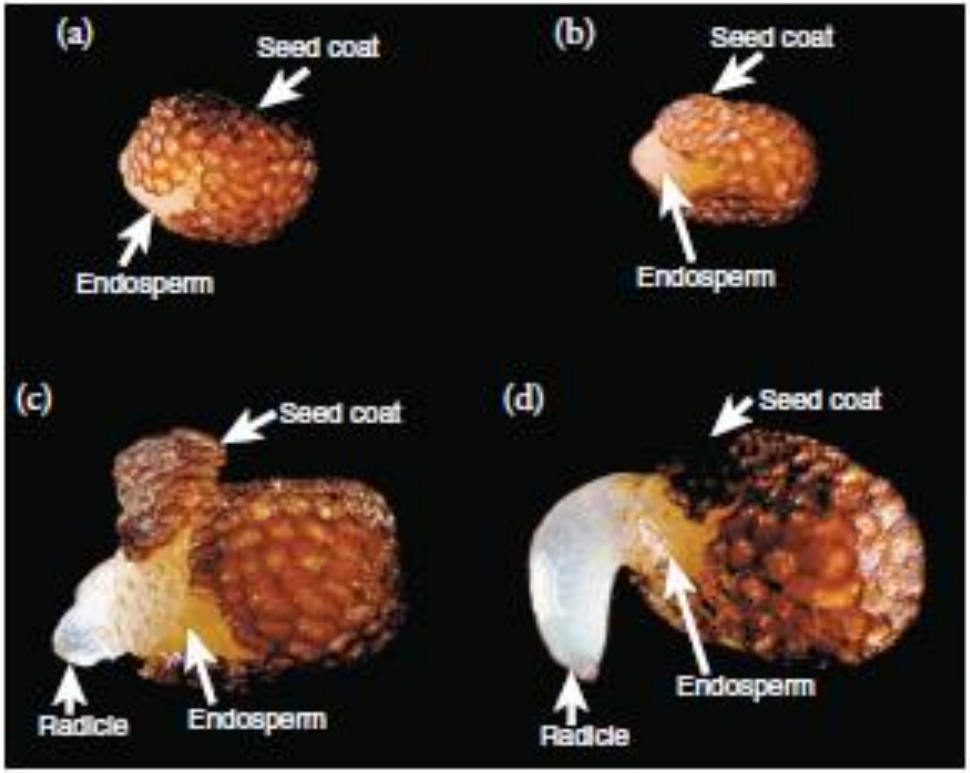
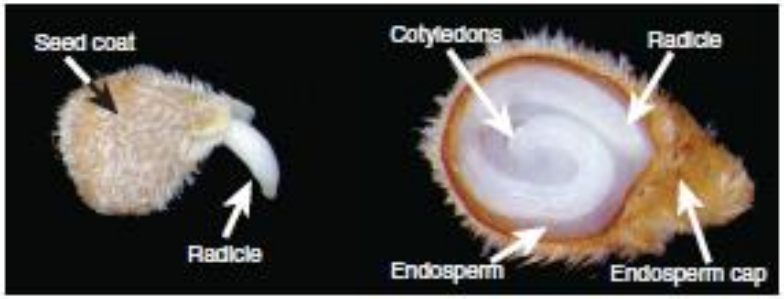


Figure 8
Petunia seed demonstrating two-step germination (a) Seed coat cracks. (b) Endosperm stretches over emerging radicle. (c) Radicle protrudes from endosperm. (d) Hypocotyl and radicle elongation.

Emergencia de la radícula



(a)

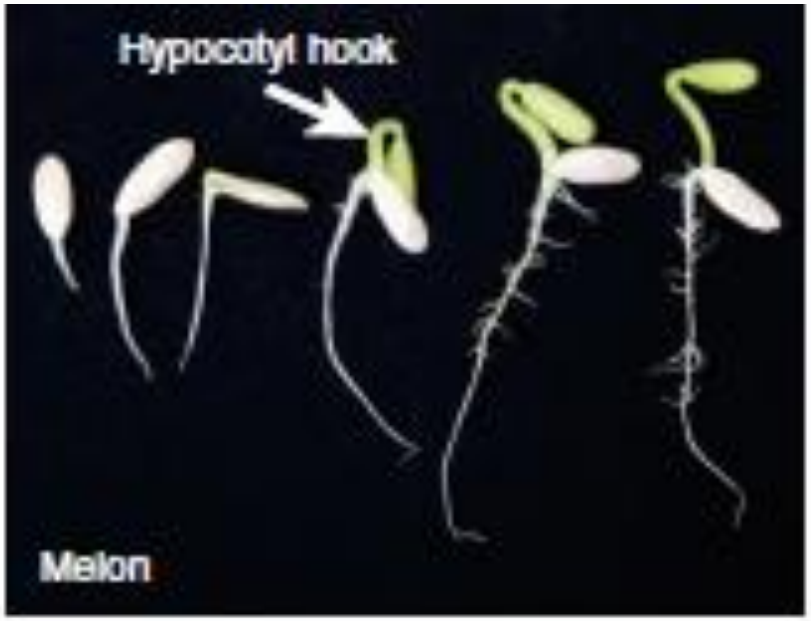


(b)

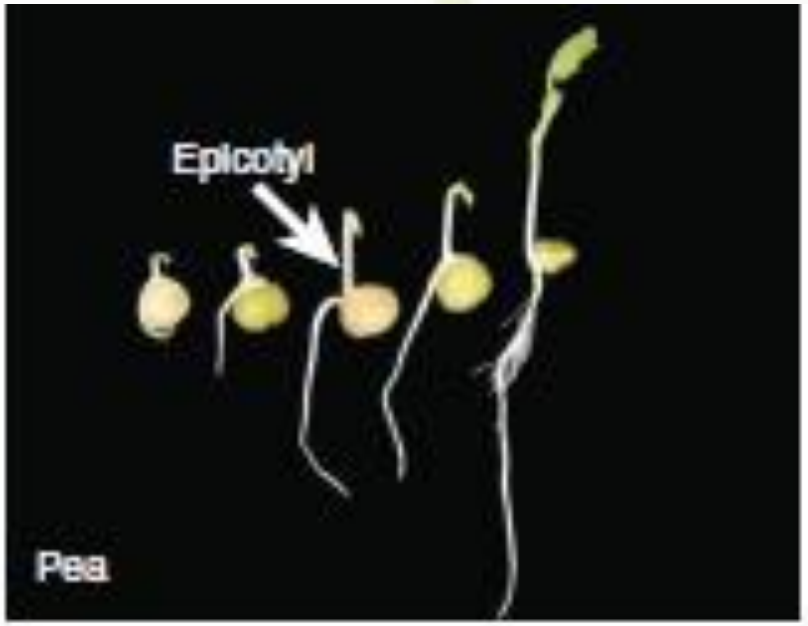
Figure 7
Seed morphology related to germination. (a) Lentil (lens) is non-endospermic and most of the seed cavity is filled with cotyledon tissue. The seed coat restricts radicle protrusion. (b) In tomato the embryo is embedded in endosperm, the endosperm cap covers the radicle, and is the restraint to radicle protrusion.

Tipos de emergencia de plántula (≠ germinación)

Emergencia epígea
(cotiledones salen al exterior)



Emergencia hipógea
(cotiledones no emergen)



Embrión en Reposo

(= detención del crecimiento)

factores externos (ambientales)
y/o internos

Germinación

(= reestablecimiento del crecimiento)

Tipos de Reposo
(según si el factor es externo o interno)

Quiescencia

El factor que determina el reposo es <u>externo</u>
(*v.g.* agua, temperatura, O_2)

Dormición

El factor que determina el reposo es <u>interno</u>
(*v.g.* inhibidores, cubiertas duras etc.)

Algunos conceptos en relación a las semillas…

Viabilidad

Está relacionada con la capacidad del embrión de formar una planta nueva

Longevidad

Es el tiempo de 'almacenamiento' de las semillas en el cual permanecen viables

Viabilidad

¿Cómo se determina?

Germinación 'estándar'



Germinación de embriones aislados

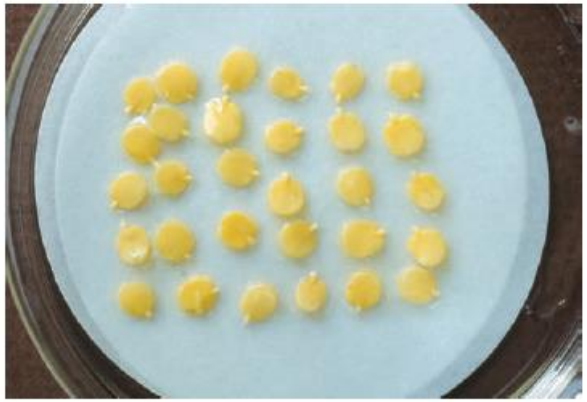
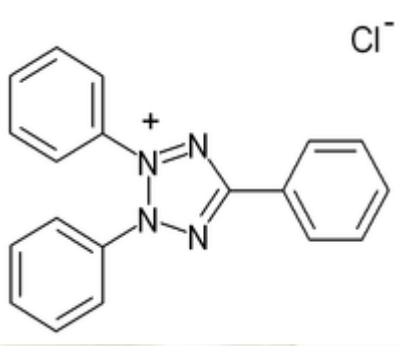


Figure 22
The excised-embryo test is a quick evaluation method used for dormant seed. Eastern redbud (Cercis) seeds require at least four months of moist chilling to satisfy dormancy and another 2 weeks for a standard germination test. In comparison, isolated embryos removed from the seed coverings will germinate in 5 days.

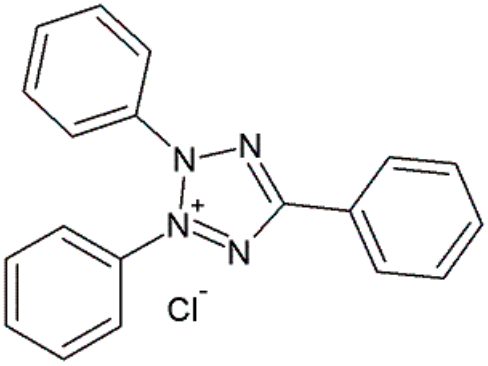
Prueba topográfica del tetrazolium



Determinación de la Viabilidad: prueba topográfica del tetrazolium (TZ): fundamento



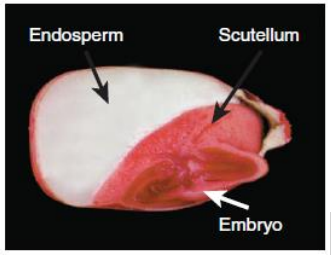
Cloruro de trifenil tetrazolium (TZ)

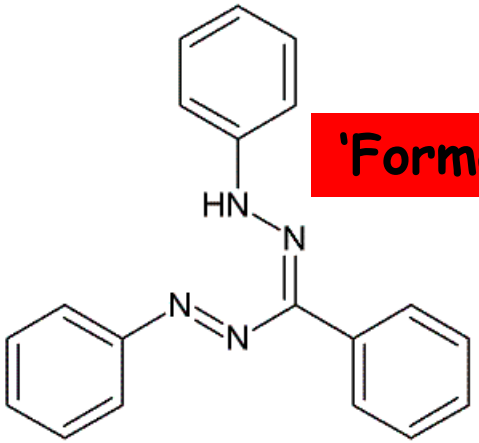


TPH (White color)

electron donor (eg NADH)

Succinate dehydrogenase





'Formazano'

TPF (Red Color)

Incoloro (oxidado)

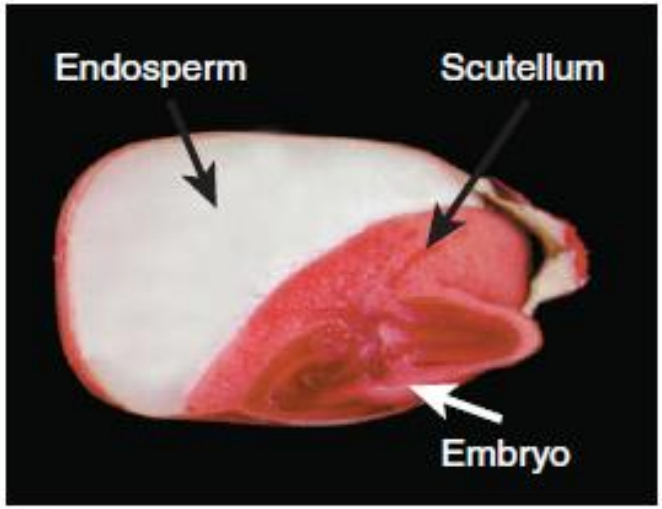
Rojo (reducido)

Determinación de la Viabilidad: prueba topográfica del tetrazolium (TZ)

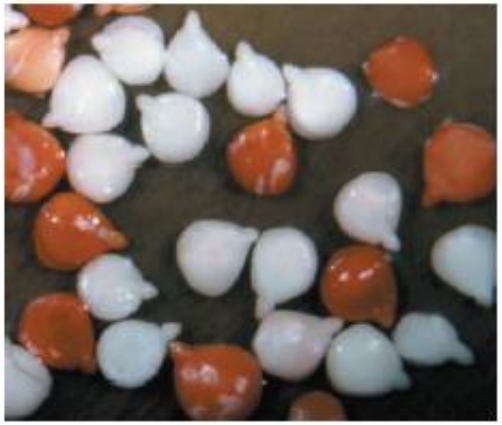
1. **Se remueven cubiertas duras**
2. **Se embeben las semillas**
3. **Se cortan las semillas para exponer al embrión**
4. **Se incuban en la solución de TZ** (solución 0.5 a 1 %, una a varias horas)
5. **Se observan los embriones (lupa)**
6. **La interpretación de viabilidad depende de la especie**

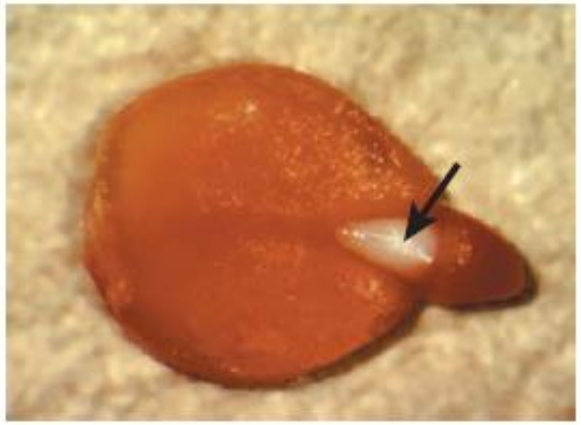


(a)



(b)





Ventajas

- **Relativamente rápido** (pueden analizarse muchas muestras)

- **Adecuada evaluación de la capacidad germinativa potencial**

- **En bancos de germoplasma, se puede detectar deterioro aún antes que en el poder germinativo**

Desventajas

- **La interpretación es (en parte) subjetiva y requiere experiencia**

- **Laborioso**

- **Puede no detectar cambios menores** (v.g. infección fúngica)

El análisis de tetrazolio en e control de cali de semillas.

Caso de estudio: cebadilla c

Ruiz, María de los Ángeles

Lic. Rec. Nat., MSc en Tecnología de Semillas

INASE URUGUAY 1997 - 2017

Instituto Nacional de Semillas

INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS (INASE)

Barros Blancos, 25 de julio de 2017

RES Nº 097/2017

VISTO: la Resolución del 16 de enero de 2017, recaída en el Nº 002/2017, a los fines que se indicarán;

RESULTANDO: por la mencionada resolución, el Instituto Nacional de Semillas de conformidad con lo dispuesto en el Art. 14, literal L) de la Ley Nº 16.811 de 21 de febrero de 1997, fijó los precios de sus servicios;

CONSIDERANDO: necesario y conveniente actualizar los montos establecidos, en función de la variación del Índice de Precios al Consumo del semestre enero-junio 2017 (4.33 %);

ATENTO: a las razones invocadas y a lo preceptuado en el Art. 14, apartado L), de la Ley Nº 16.811, de 21 de febrero de 1997;

EL INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS
RESUELVE:

Fijar las siguientes tarifas en pesos uruguayos a partir del 01/08/2017:

1. LABORATORIO

1.1. Análisis físico y fisiológico

	$
Semillas sin maquinar	
Determinación del poder germinativo	968
Determinación de pureza	868
Determinación de pureza y poder germinativo	1.402
Determinación de malezas	1.147
Semillas maquinadas	
Determinación de pureza	680
Determinación del poder germinativo	968
Determinación de pureza y poder germinativo	1.306
Determinación de malezas	898
Determinación de otras semillas en número	781
Determinación de humedad	294
Determinación de viabilidad por Tetrazolio	1.565
Determinación de vigor en soja por Tetrazolio	2.601
Determinación del peso de 1.000 semillas	585
Determinación de piolidia	5.572
Emisión de Certificado OIC (ISTA Naranja) Incluye muestreo y determinación de pureza y poder germinativo	7.267
Emisión de Certificado BIC (ISTA Azul) Incluye determinación de pureza y poder germinativo	3.778
Emisión de precinto para envase a ser muestreado para análisis de exportación (por unidad)	2,69
Emisión de certificado de calidad para exportación de semillas	915
Determinación de festucosis	2.224
Determinación de carbón volador	1.767

Sede Central: Cno. Bertolotti s/n Ruta 8, km 29, Barros Blancos, Canelones
Tel.: (+598) 2288 7099 | www.inase.uy

EL TEST DE TETRAZOLIO EN SEMILLAS DE SOJA

José de Barros França Neto, Francisco Carlos Krzyzanowski, Nilton Pereira da Costa

Embrapa

Algunos conceptos en relación a las semillas…

Viabilidad

Está relacionada con la capacidad del embrión de formar una planta nueva

Longevidad

Es el tiempo de 'almacenamiento' de las semillas en el cual permanecen viables

Algunos factores que influyen en la longevidad de semillas…

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

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

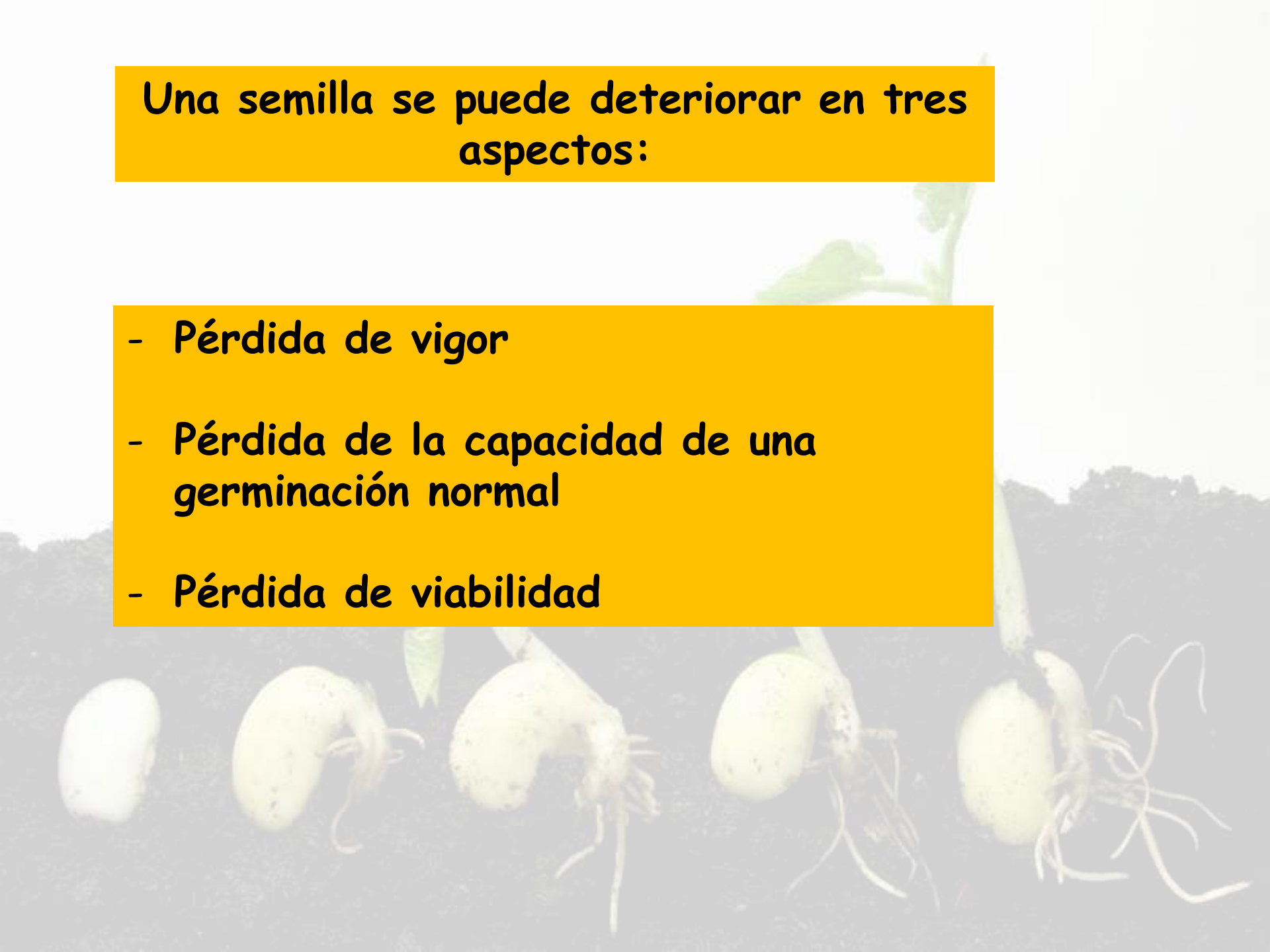
'Reglas de Harrington' (longevidad de semillas)

- **La longevidad se duplica por cada 1% de disminución de la humedad de la semilla** (entre 5 y 15 %)

- **La longevidad se duplica por cada 5° C de disminución de la temperatura de almacenamiento** (entre 0 y 50 ° C)

Una semilla se puede deteriorar en tres aspectos:

- **Pérdida de vigor**
- **Pérdida de la capacidad de una germinación normal**
- **Pérdida de viabilidad**



Un caso curioso de longevidad en semillas de 'achira' (*Canna* sp) estudiado en el INFIVE (550 años...)

MENU

nature
International journal of science

Letter | Published: 21 September 1968

Germination of Achira Seed (*Canna* sp.) Approximately 550 Years Old

E. SIVORI, F. NAKAYAMA & E. CIGLIANO

Nature **219**, 1269–1270 (1968) | Download Citation

11 Accesses | **17** Citations | **0** Altmetric | Metrics »

Abstract

DURING the excavation of a tomb at the archaeological site of Santa Rosa de Tastil, Argentina (24° 25′ S., 65° 50′ W.), we found a necklace made out of nuts of *Juglans australis*. Inside each nut was a seed of *Canna* sp., making a rattle. Samples from bones of cameloids in the upper strata of

Tipos de Reposo
(según si el factor es externo o interno)

Quiescencia

El factor que determina el reposo es <u>externo</u>
(*v.g.* agua, temperatura, O_2)

Dormición

El factor que determina el reposo es <u>interno</u>
(*v.g.* inhibidores, cubiertas duras,
embriones inmaduros etc.)

Tipos de Reposo
(según si el factor es externo o interno)

Quiescencia

El factor que determina el reposo es <u>externo</u>
(*v.g.* agua, temperatura, O_2)

Dormición

El factor que determina el reposo es <u>interno</u>
(*v.g.* inhibidores, cubiertas duras,
embriones inmaduros etc.)

¿ Porqué una semilla (viable) no germina?

(aún en condiciones de humedad, temperatura adecuadas…)

'No estaba muerto, estaba descansando'

Dormición

'Ausencia de germinación en semillas viables, cuando las condiciones son favorables para la misma' (Harper 1959)

'…es una condición interna de la semilla que impide su germinación bajo condiciones hídricas, gaseosas y térmicas adecuadas' (Benech-Arnold 2000)

Dormición: tipos según el factor implicado

1. Presencia de cubiertas duras y/o impermeables: <u>dormición física</u>

(*v.g.* impiden la protrusión de la radícula, la imbibición, intercambio de gases)







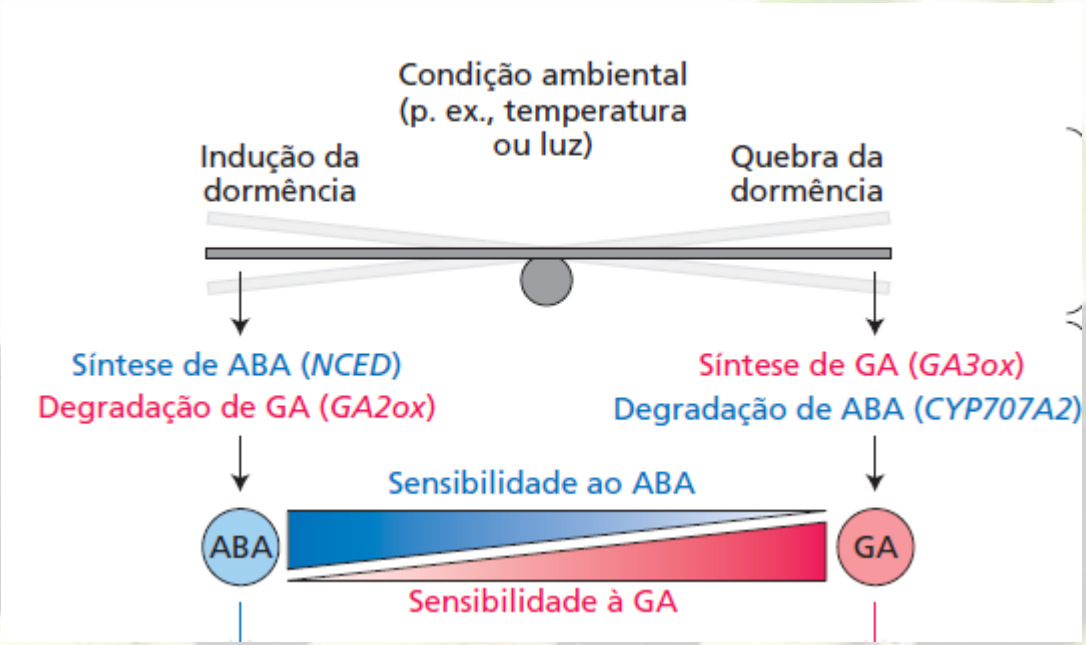




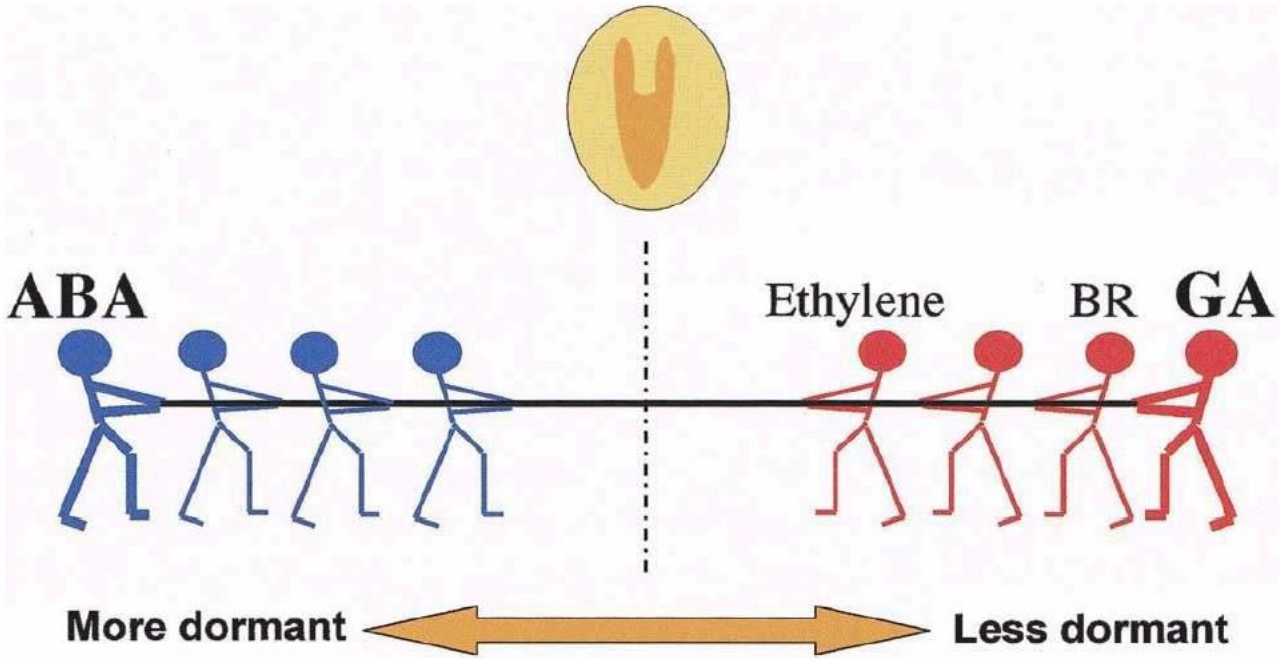
2. Presencia de inhibidores de naturaleza química

(v.g. balance hormonal GA: ABA, otros inhibidores hidrosolubles etc.):

dormición fisiológica



Dormición de semillas



Ausencia de germinación

Favorece la germinación

Viviparismo en semillas





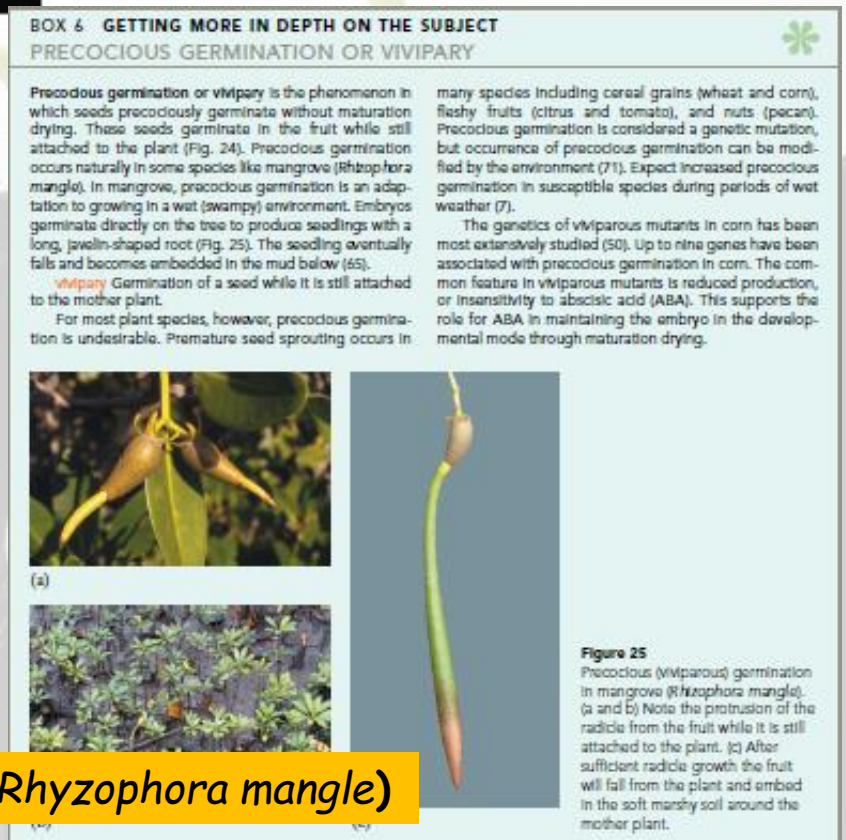


La semilla germina prematuramente en el fruto

(incluso en la planta madre):

puede ser una **anormalidad** (deficientes en ABA)

o ser **natural** (mangles)



BOX 6 **GETTING MORE IN DEPTH ON THE SUBJECT**

PRECOCIOUS GERMINATION OR VIVIPARY

Precocious germination or vivipary is the phenomenon in which seeds precociously germinate without maturation drying. These seeds germinate in the fruit while still attached to the plant (Fig. 24). Precocious germination occurs naturally in some species like mangrove (*Rhizophora mangle*). In mangrove, precocious germination is an adaptation to growing in a wet (swampy) environment. Embryos germinate directly on the tree to produce seedlings with a long, javelin-shaped root (Fig. 25). The seedling eventually falls and becomes embedded in the mud below (65).

vivipary Germination of a seed while it is still attached to the mother plant.

For most plant species, however, precocious germination is undesirable. Premature seed sprouting occurs in many species including cereal grains (wheat and corn), fleshy fruits (citrus and tomato), and nuts (pecan). Precocious germination is considered a genetic mutation, but occurrence of precocious germination can be modified by the environment (71). Expect increased precocious germination in susceptible species during periods of wet weather (7).

The genetics of viviparous mutants in corn has been most extensively studied (50). Up to nine genes have been associated with precocious germination in corn. The common feature in viviparous mutants is reduced production, or insensitivity to abscisic acid (ABA). This supports the role for ABA in maintaining the embryo in the developmental mode through maturation drying.

(a)

Figure 25
Precocious (viviparous) germination in mangrove (*Rhizophora mangle*). (a and b) Note the protrusion of the radicle from the fruit while it is still attached to the plant. (c) After sufficient radicle growth the fruit will fall from the plant and embed in the soft marshy soil around the mother plant.

Mangle rojo (*Rhyzophora mangle*)

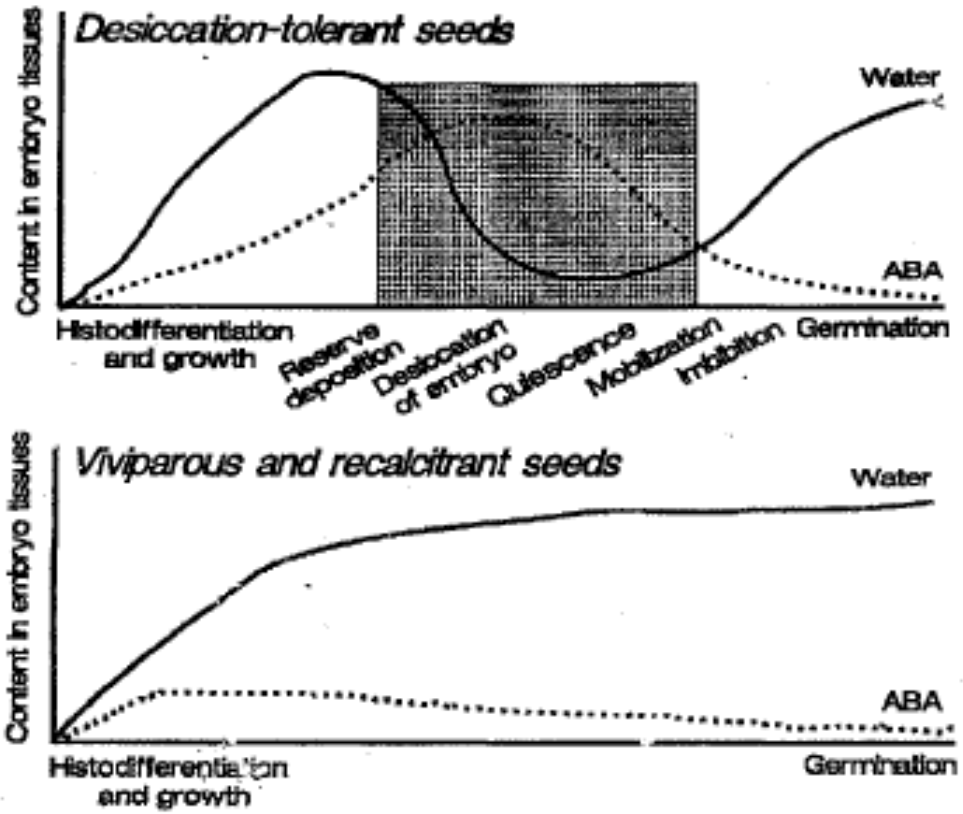


Figure 1 A graphical comparison of the dynamics of water and abscisic acid (ABA) in recalcitrant and viviparous (desiccation-intolerant) and dormant (desiccation-tolerant) seeds. Recalcitrant and viviparous embryos cannot dry, and they do not enter a dormant phase. Desiccation-tolerant embryos, by contrast, are capable of drying. While not all inherently desiccation-tolerant embryos enter dormancy in nature, embryos of all naturally dormant plant species show some form of desiccation tolerance. In dormant seeds (*upper diagram*, after 13), water content increases to a peak at the onset of reserve deposition, drops during maturation drying, remains low throughout dormancy, then rises again during imbibition. ABA content increases as the seed dries, but does not necessarily remain high during dormancy. *Lower diagram* (after data from 51, 95) shows the hypothesized accumulation of high levels of water during histodifferentiation in desiccation-intolerant seeds, levels that remain high throughout development. Metabolic quiescence does not occur. ABA levels may peak early during histodifferentiation, but generally remain low throughout maturation.

3. Embriones inmaduros: no han completado aún su diferenciación como para poder germinar
(ej. *Ginkgo biloba*, orquídeas):
<u>dormición morfológica</u>



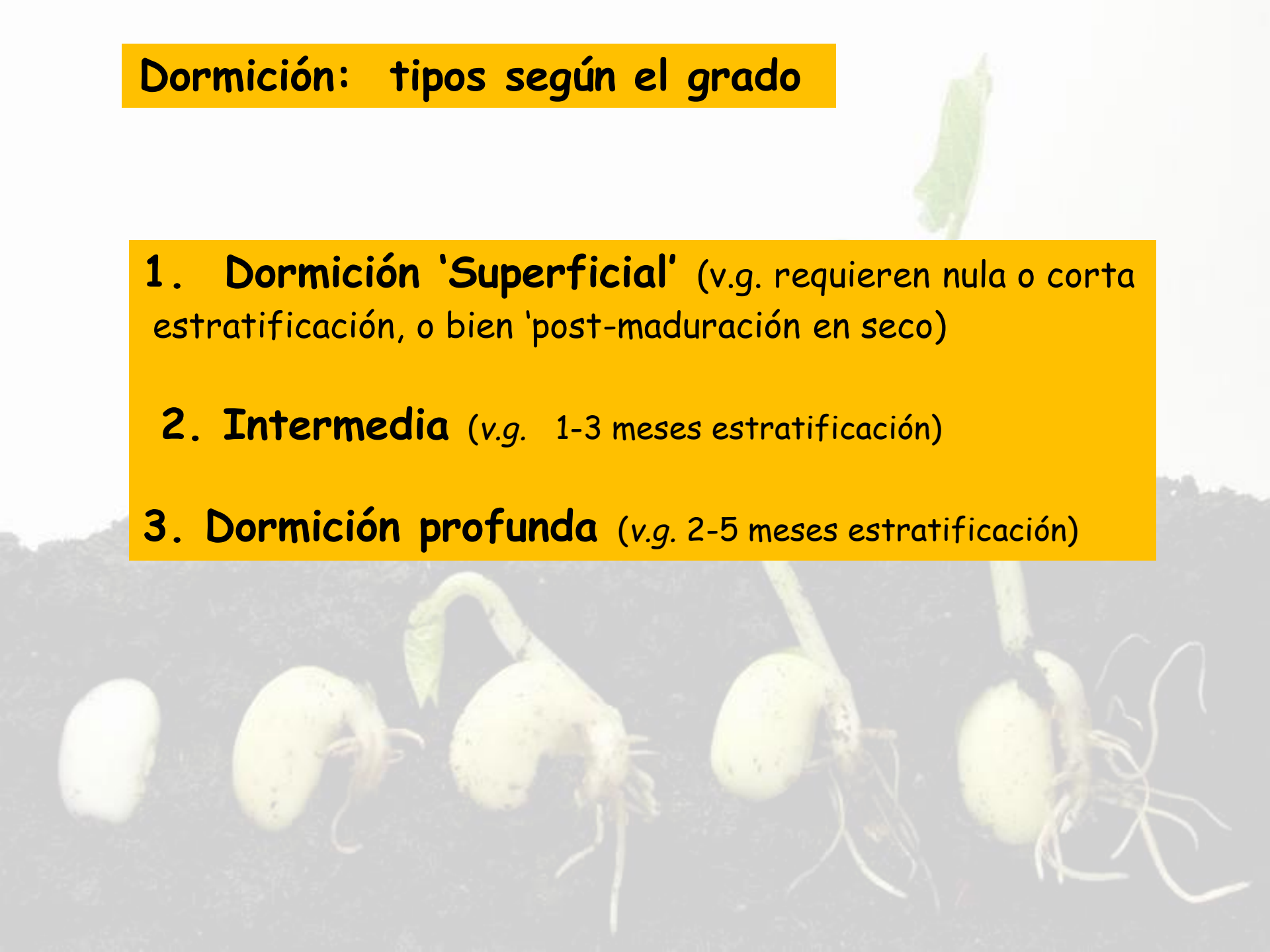


Dormición: tipos según el grado

1. **Dormición 'Superficial'** (v.g. requieren nula o corta estratificación, o bien 'post-maduración en seco)

2. **Intermedia** (*v.g.* 1-3 meses estratificación)

3. **Dormición profunda** (*v.g.* 2-5 meses estratificación)

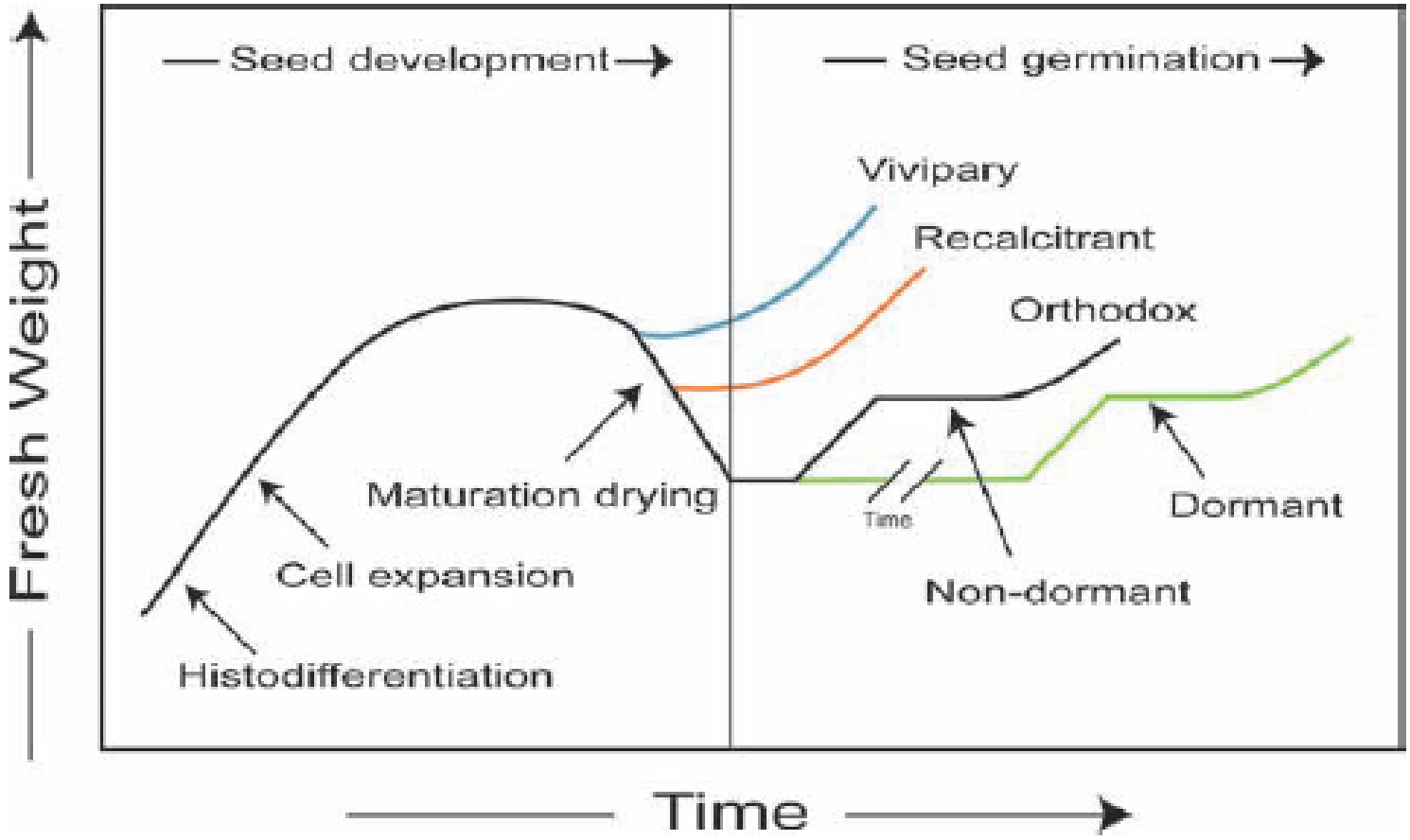


Dormición: tipos según el momento

1. **Dormición Primaria**: es la condición que poseen las semillas cuando se dispersan de la planta madre. No germinan aún en condiciones óptimas.

2. **Dormición Secundaria**: es adquirida con posterioridad si las condiciones no son favorables




Seed development
Seed germination
Vivipary
Recalcitrant
Orthodox
Maturation drying
Cell expansion
Histodifferentiation
Time
Dormant
Non-dormant
Fresh Weight
Time

Factores que afectan la germinación

I. Temperatura

II. Agua

III. Gases

IV. Luz

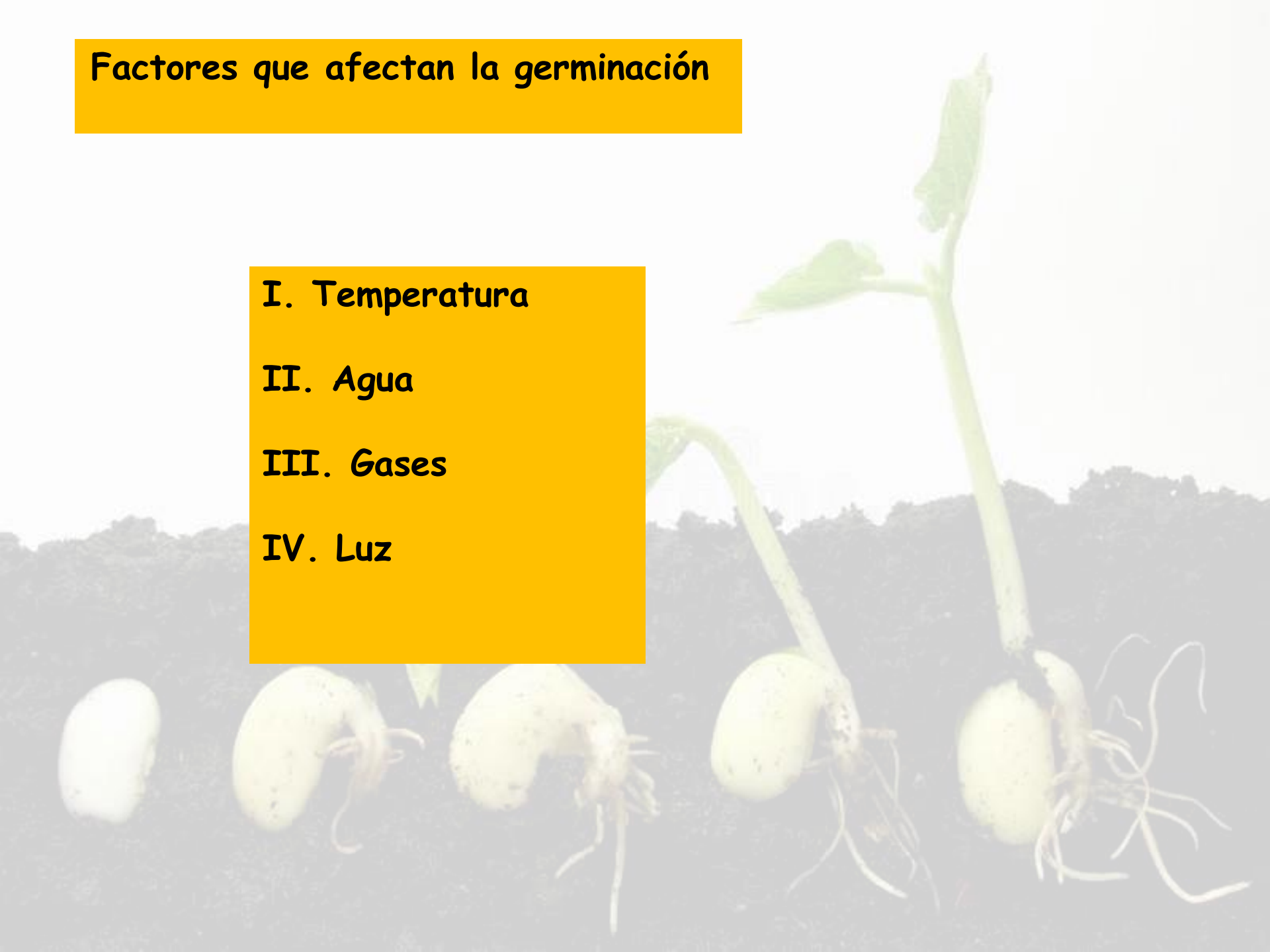
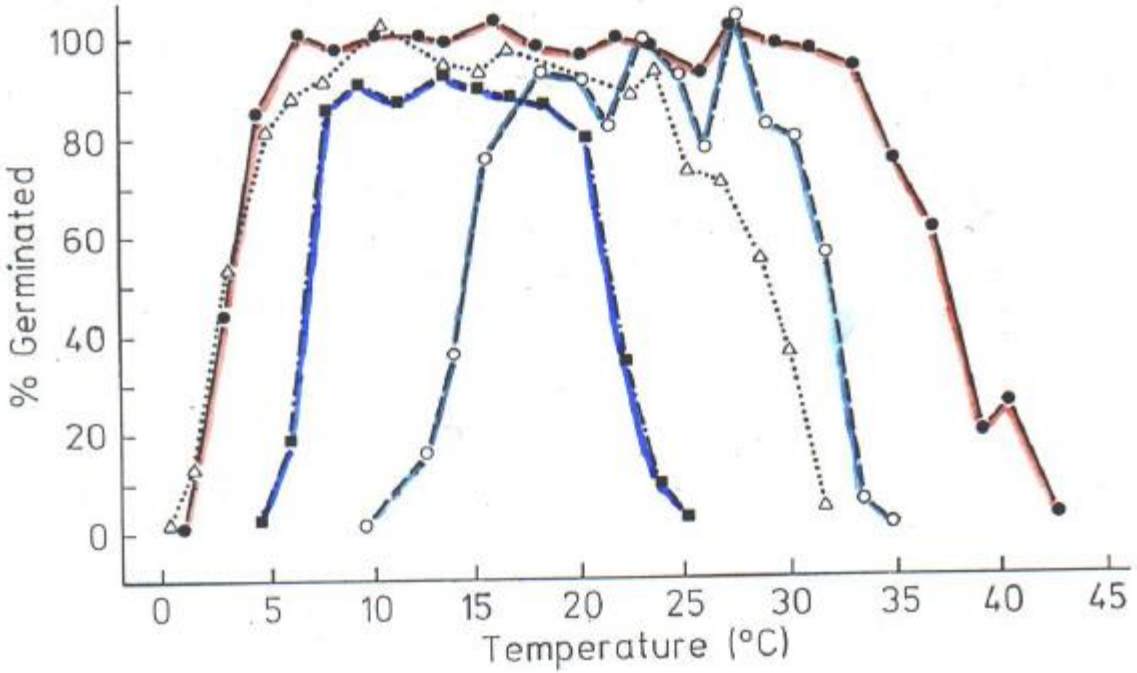


Fig. 6.19. Germination temperature curves for four species. Seeds were held on a thermogradient bar until germination was completed. —●—: *Gypsophila perfoliata*; ---○---: *Lychnis flos-cuculi*; ...△...: *Silene gallica*; -·-·■·-·-: *Allium porrum*. After Thompson, 1973 [15]



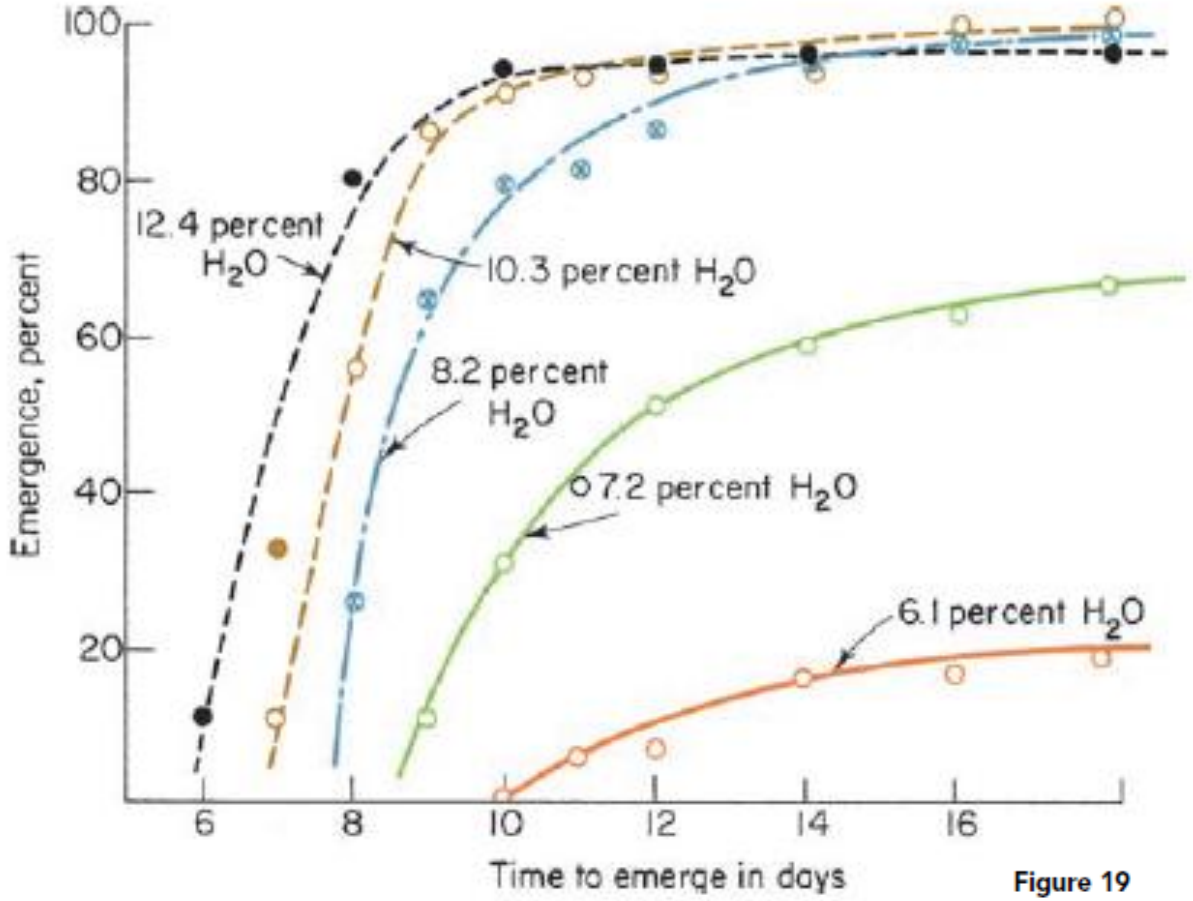


Figure 19
Effect of different amounts of available soil moisture on the germination (emergence) of 'Sweet Spanish' onion seed in Pachappa fine sandy loam. From Ayers, 1952.

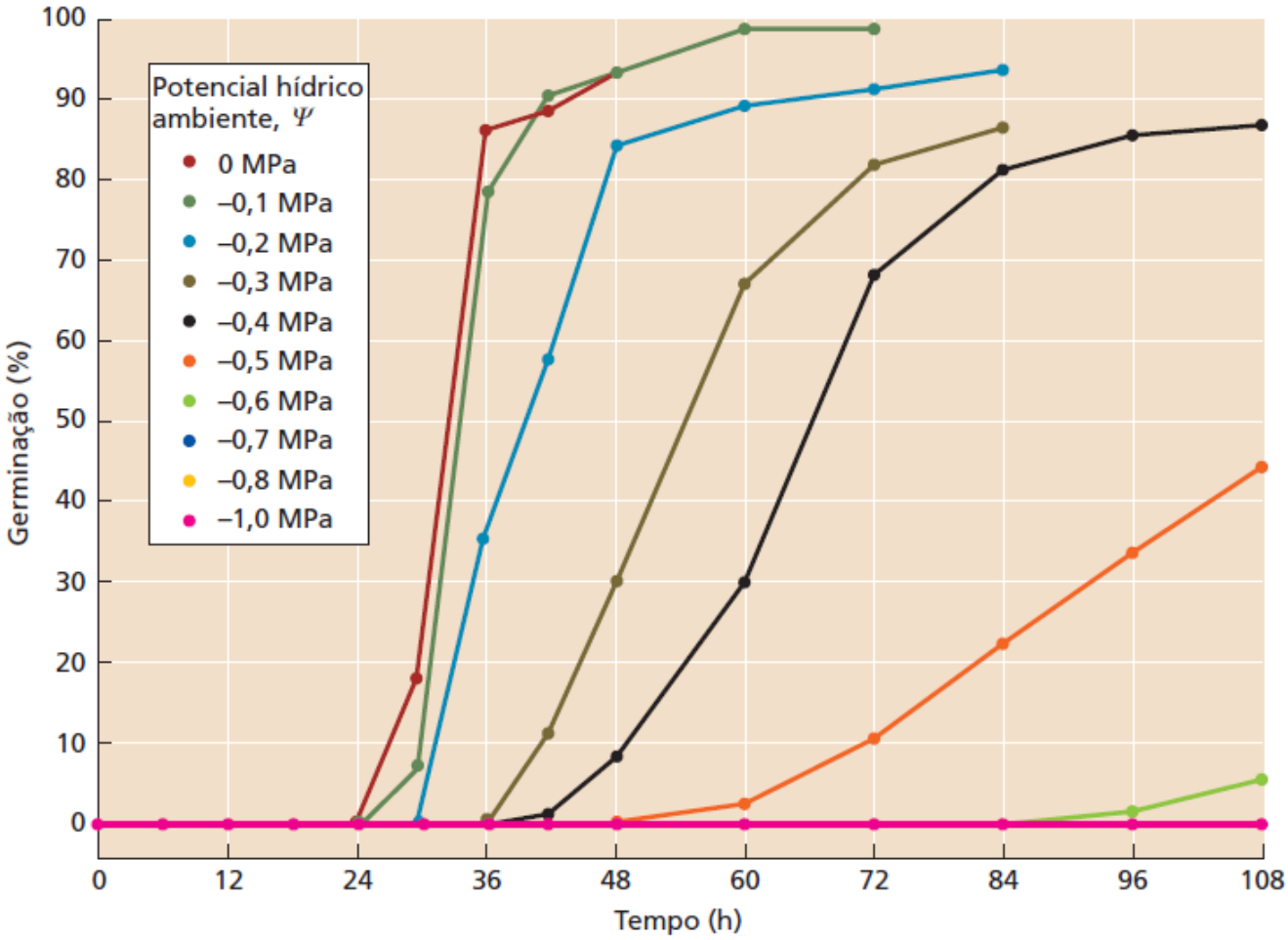


Figura 18.7 Curso do processo da germinação de sementes do tomate em diferentes potenciais hídricos ambientais. (De G. Leubner [http://www.seedbiology.de], utilizando dados de Liptay e Schopfer, 1983.)

4. Fotodormancia

La luz y la germinación: semillas fotoblásticas



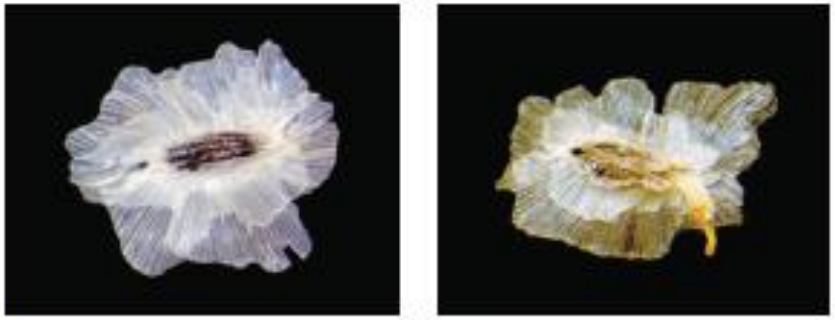
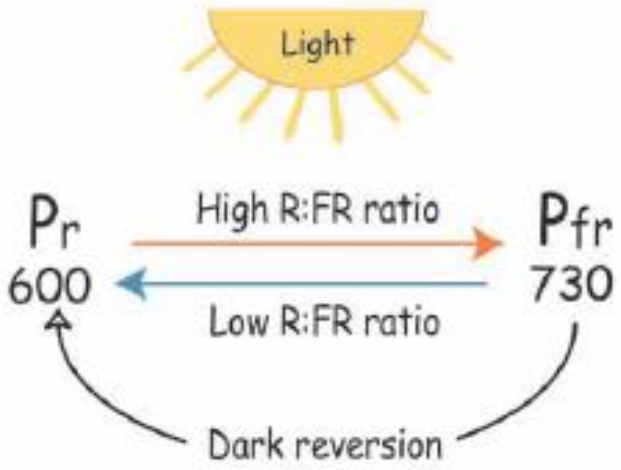


Figure 31
(a) Empress tree (*Paulownia*) is a light-sensitive seed that requires light to germinate. Examples of seeds germinated (b) without or (c) with light.

Semillas fotoblásticas: aquellas en que la luz promueve la germinación (fotoblastismo positivo) o bien la inhibe (fotoblastismo negativo)



For lettuce

Phytochrome is in the P_r form for dormant seeds.

Phytochrome must be converted to P_{fr} to release seeds from dormancy and promote germination.

Light exposure	Seed response
Far-red	Dormant
Far-red then Red	Nondormant
Far-red then Red then Far-red	Dormant
Far-red then Red then Far-red then Red	Nondormant

Experimentos con semillas de lechuga cv. 'Grand Rapids' (fotoblásticas positivas): descubrimiento del fitocromo

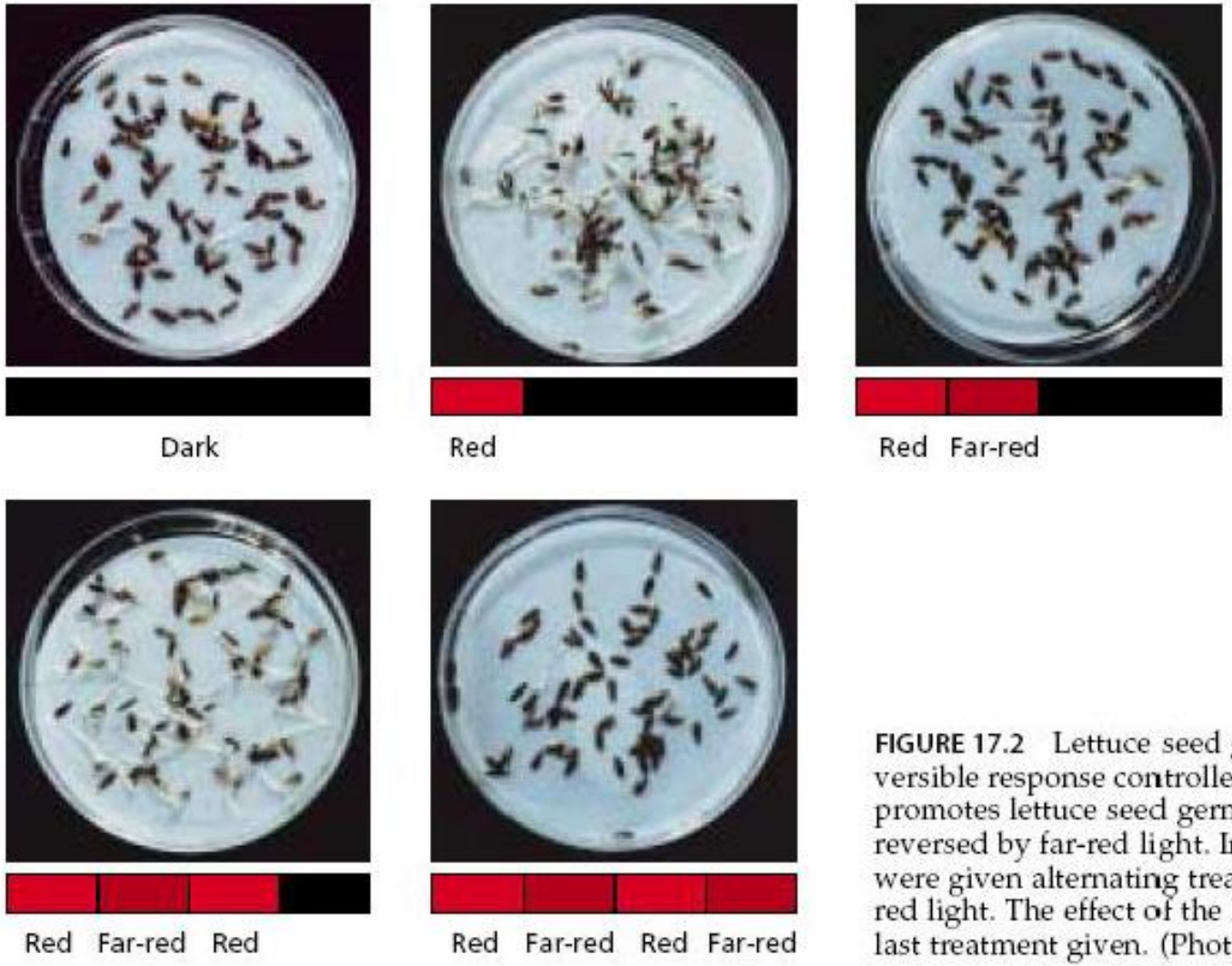
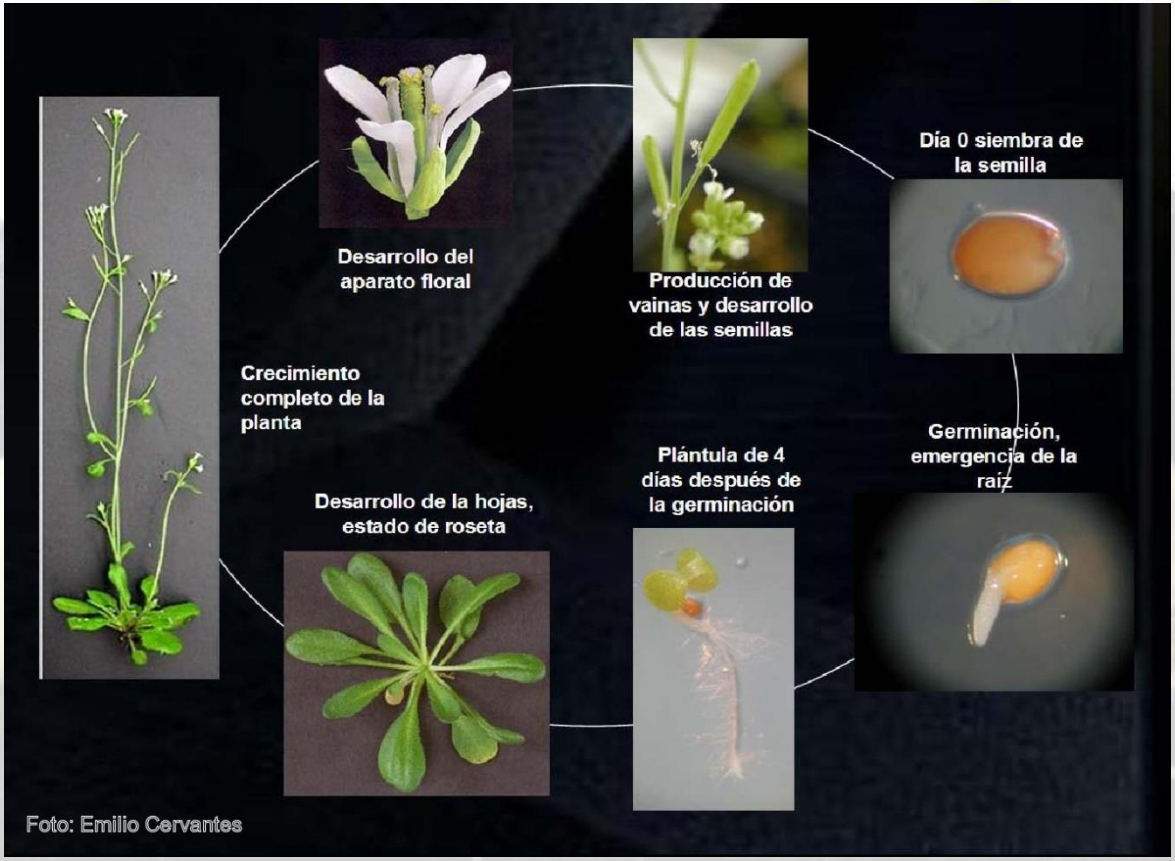


FIGURE 17.2 Lettuce seed germination is a typical photoreversible response controlled by phytochrome. Red light promotes lettuce seed germination, but this effect is reversed by far-red light. Imbibed (water-moistened) seeds were given alternating treatments of red followed by far-red light. The effect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

Relevancia ecológica del fotoblastismo positivo

a. En semillas pequeñas (escasas reservas)

= re-aseguro de emergencia de la plántula



Relevancia ecológica del fotoblastismo positivo

b. En especies 'pioneras' (ej. selvas, bosques)
=

Colonización de 'claros' (= 'gaps')







Relevancia ecológica del fotoblastismo positivo

c. En malezas
=

Germinan cuando el suelo es disturbado









Tratamientos para romper la dormición en semillas

I. Escarificación
(cubiertas duras o impermeables)

Es un tratamiento que permite la entrada de agua en semillas con cubierta dura

La escarificación puede ser:

1. **Física** ('raspado', 'lijado' = abrasión)
2. **Química** (tratamiento con ácido sulfúrico)
3. **Altas temperaturas** (35 °C en arena seca, o H_2O caliente a 80-100 °C…)

Tratamientos para romper la dormición en semillas

Escarificación física

a. Por corte
b. Abrasión





Tratamientos para romper la dormición en semillas





II. Estratificación

- **Es un tratamiento en el que se someten las semillas (humedecidas) a períodos a una temperatura determinada** (comúnmente, bajas T° aunque no siempre…)

- **Puede estar relacionada a la ruptura de la dormición fisiológica** (ej inhibidores) **o morfológica** (embriones inmaduros)

La temperatura y tiempo de exposición (1 a 4 meses en muchos casos) **de la estratificación depende de la especie**



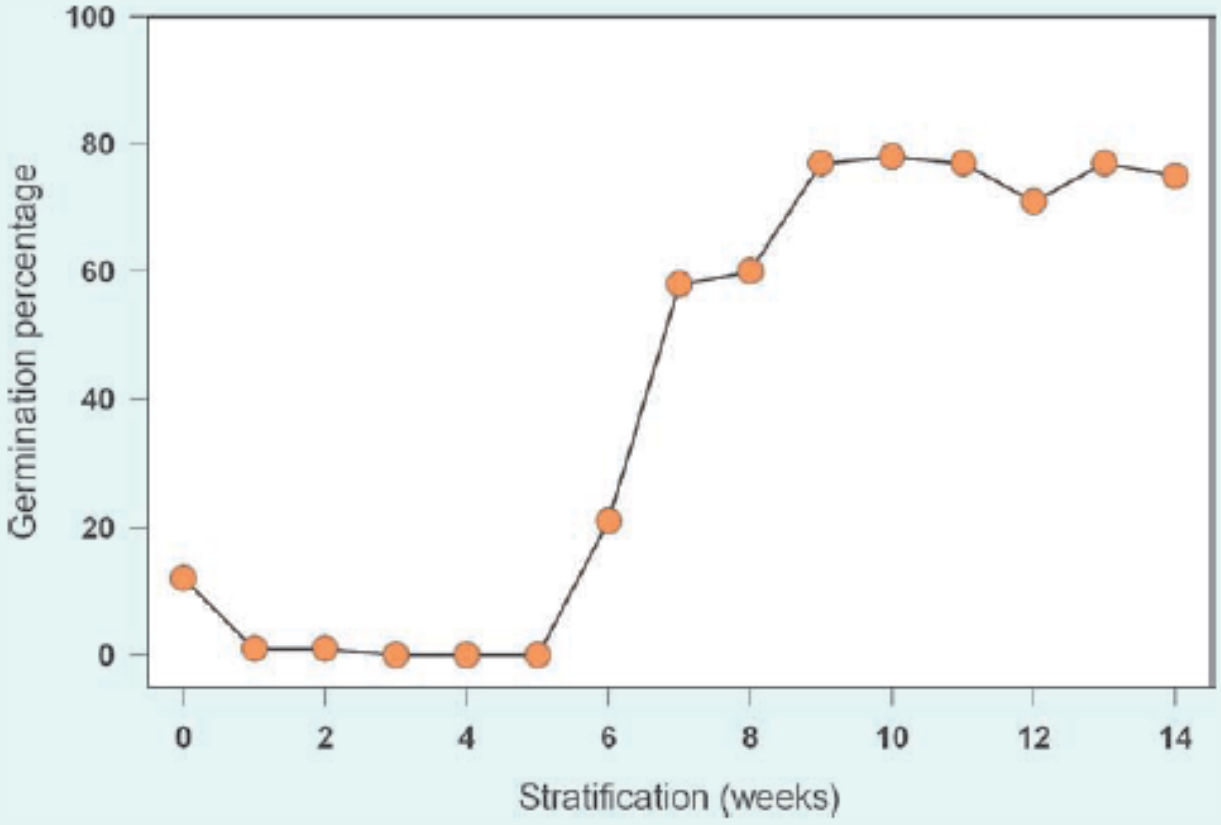


Figure 30
Pawpaw (*Asimina triloba*) is typical of species that require chilling stratification (89). It shows the typical population effect, where some seeds in a seed lot require only a few weeks of chilling, while others require longer times to be released from dormancy (89).

(*Continued*)



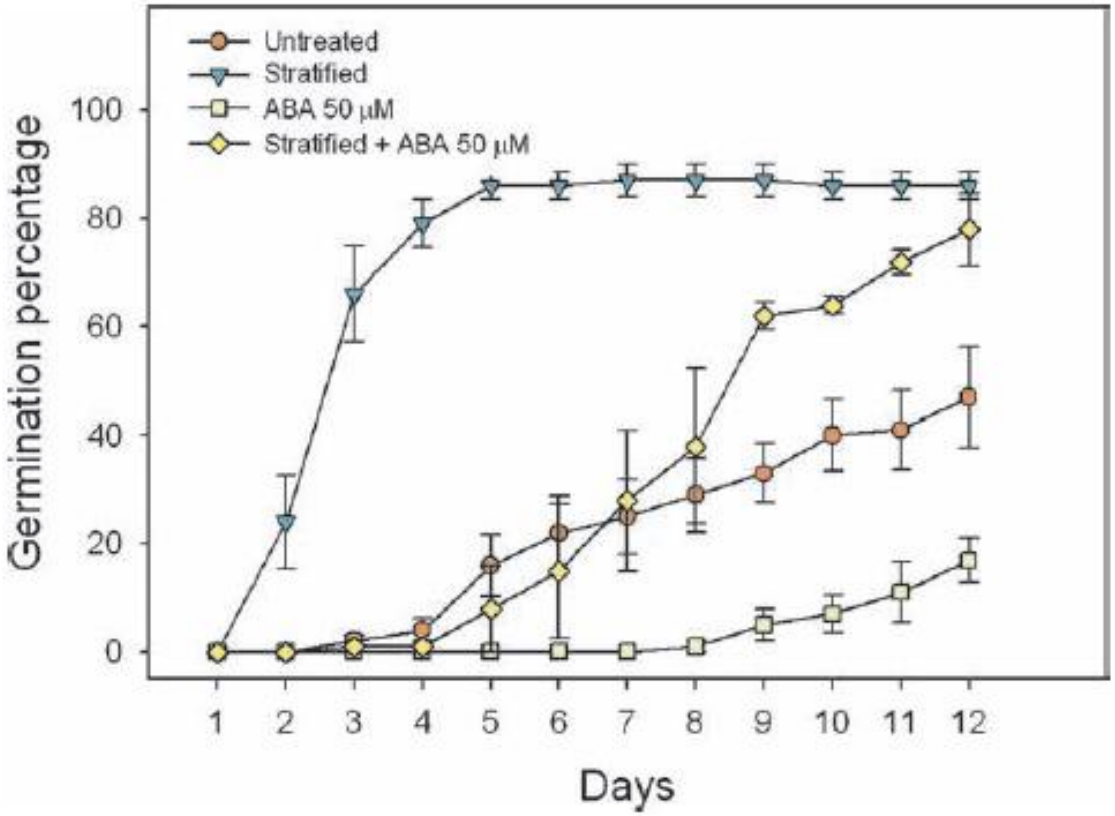


Figure 41
Chilling stratification changes the seeds' sensitivity to abscisic acid (ABA). Untreated seeds of purple coneflower (*Echinacea tennesseensis*) germinate slowly with a germination percentage below 50 percent. Stratified seeds germinate quickly at about 85 percent germination. ABA dramatically inhibits germination in untreated seeds, but only slows germination in stratified seeds.



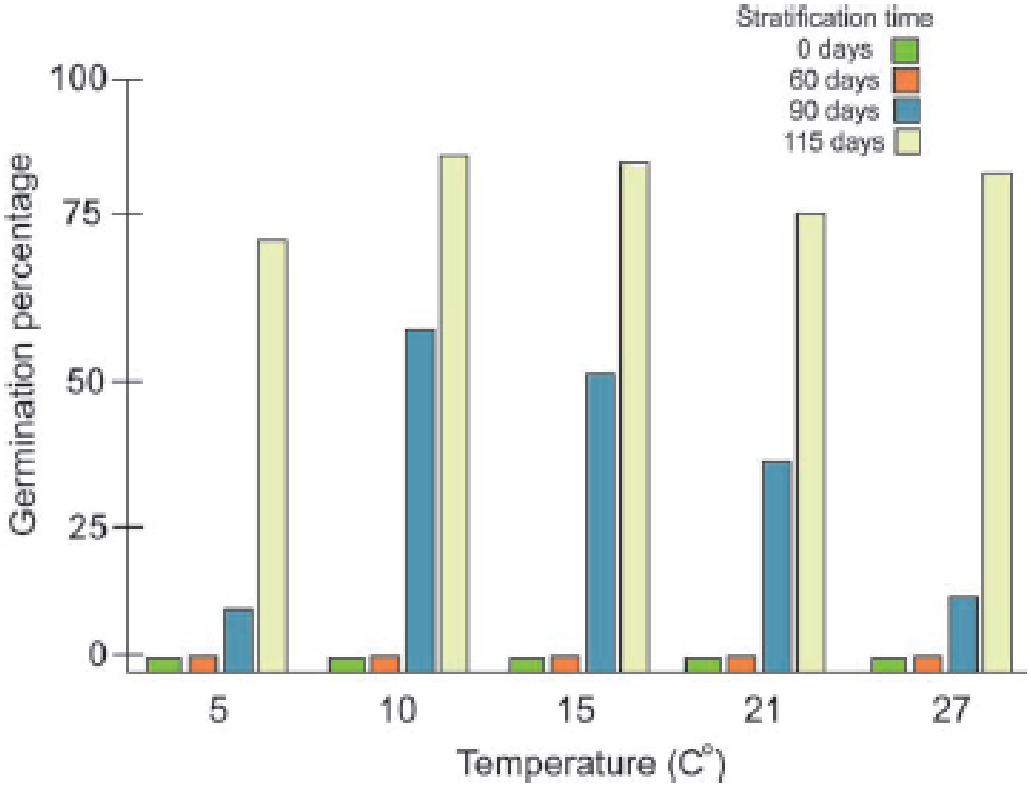


Figure 38
Conditional dormancy in *Cotoneaster divaricatus*. After 115 days of stratification, seeds are fully non-dormant and germinate well across all temperatures. After 90 days, seeds are conditionally dormant and germinate better at 10 and 15°C compared to other temperatures. Seeds not receiving stratification or those only stratified for 60 days are dormant and fail to germinate at any temperature. Adapted from Meyer M. M. Jr. 1988. *HortScience* 23:1046–7.

¿Qué ocurre durante la estratificación?

- ↓ **niveles y/o la sensibilidad al ABA**

- ↑ **niveles de GAs** (posteriormente al período de frío)

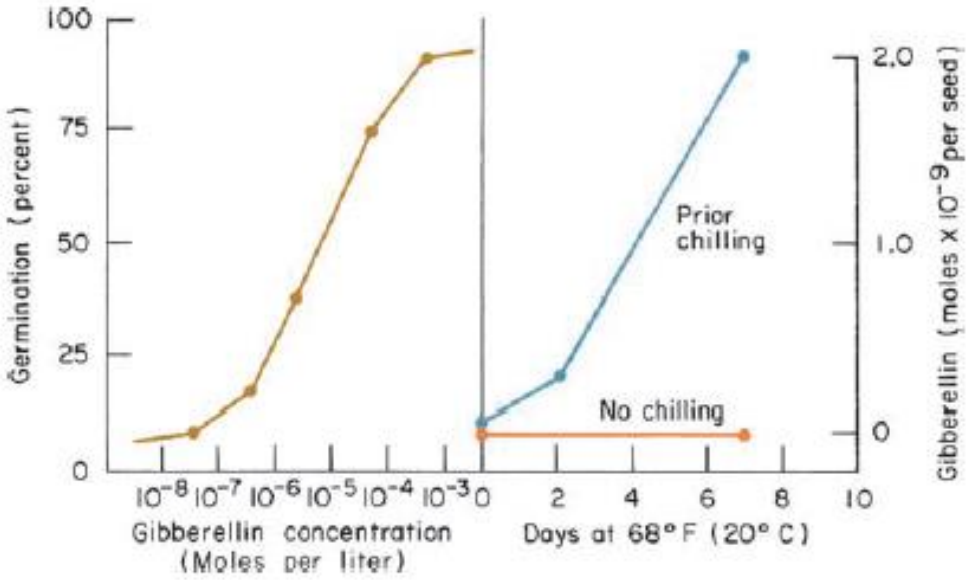




Figure 42
Interaction of gibberellin, stratification, and germination in filbert seeds. Reproduced by permission from A.W. Galston and P.S. Davies, Control mechanisms in plant development, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1970.

Tratamientos para romper la dormición en semillas


(a)

III. Post-maduración *('after-ripening')*

-Almacenamiento de semilla en seco a temperatura ambiente (en semillas con dormición fisiológica superficial..)

No se conocen totalmente qué procesos están implicados
(probablemente , disminución de ABA, aumento de giberelinas, eliminación de inhibidores etc…)

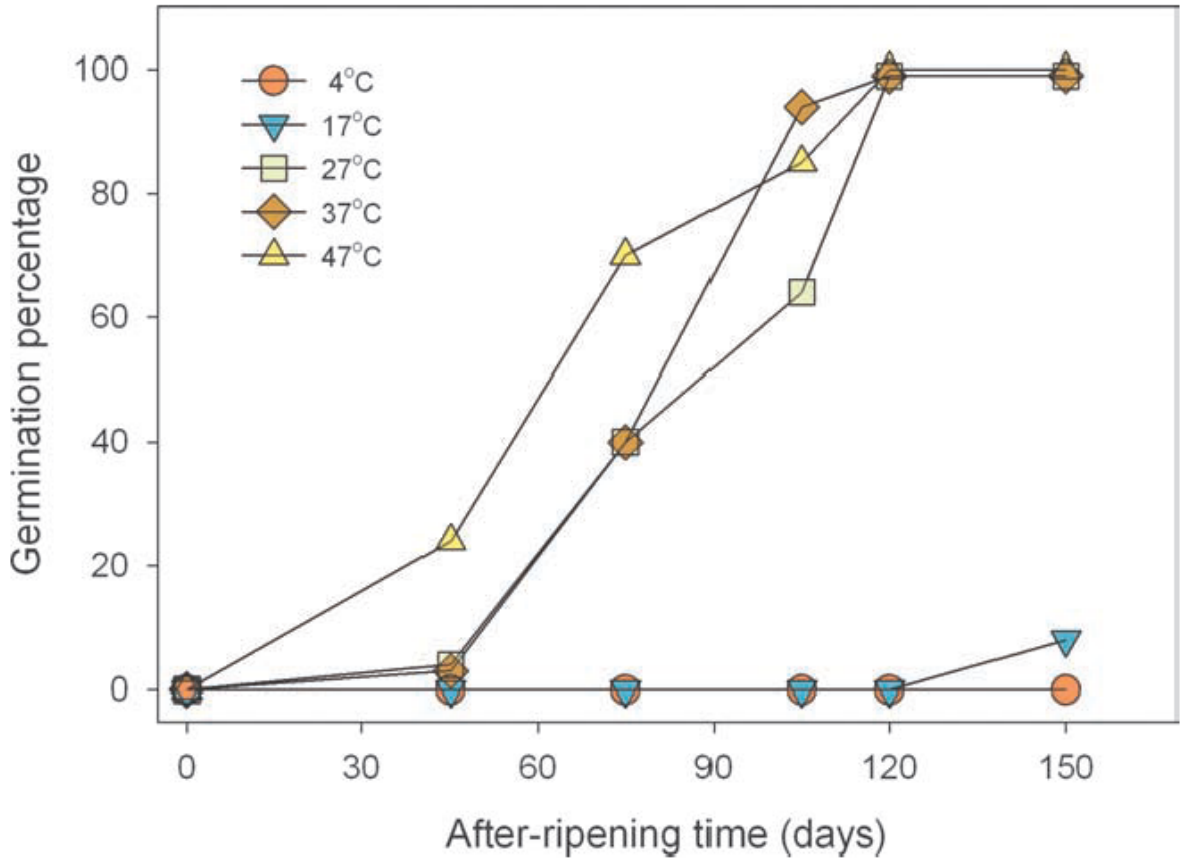


Figure 34
Release from dormancy in hardwickii cucumber (*Cucumis sativus* var. *hardwickii*) stored dry at various temperatures. The period required to after-ripen seeds and relieve dormancy is shorter at higher temperatures (245).

IV. Otros tratamientos para promover/mejorar la germinación

Lavado previo en soluciones de hipoclorito de sodio ('lavandina') para prevenir la formación de hongos (tratamiento no relacionado a dormición sino a sanidad de la semilla)

Tratamiento con giberelinas (rompe la dormición)

Lavado por inmersión (eliminación de inhibidores)

Lavado por lixiviación (eliminación de inhibidores)

sales de NO_3^- (se desconoce la base fisiológica; ¿promueve la disminución de ABA?

MEDIDAS DE GERMINACIÓN

3 Parámetros importantes:

I. Porcentaje

II. Velocidad (=tasa)

III. Uniformidad



MEDIDAS DE GERMINACIÓN

I. Porcentaje de Germinación ('poder germinativo')

Es el número de semillas que germinan de una población (lote), expresado como porcentaje

$$PG\ \% = \frac{\text{semillas germinadas}}{\text{cantidad de semillas}} \times 100\ \%$$

$$PG\ \% = \frac{49}{50} \times 100\ \%$$

$$PG\ \% = 98\ \%$$

A manera de repaso…

Un lote de semillas no germinan: ¿qué puede estar sucediendo y cómo intentar resolverlo?




Semilla 'seca'
SI
¿Germinación con imbibición y temperatura adecuadas?
NO
¿Posee cubierta seminal dura o impermeable?
SI
SI
¿Germina con escarificación?
NO
Requerimientos de almacenamiento en frío-húmedo? (estratificación)
NO
Requerimientos de almacenamiento en frío-húmedo? (estratificación)

Al intentar germinar semillas de una especie de la que no hay información…

Semillas con cubiertas duras y/o dispersadas por aves: ¿escarificación?

Semillas muy pequeñas: ¿¿fotoblásticas??

Semillas que suelen pasar un período frío en condiciones naturales antes de germinar: ¿requerimientos de estratificación?

Semillas que pierden la viabilidad rápidamente: ¿especie recalcitrante con requerimientos especiales de almacenamiento?

A manera de resumen: algunos escenarios en el 'fracaso' de la germinación: posibles causas y cómo resolverlo

Factor implicado (en la ausencia de germinación)	Terminología	Posibles acciones para resolverlo
Embrión parcial o totalmente muerto	Problemas con la viabilidad	Optimizar condiciones de almacenamiento Chequear antigüedad del lote de semillas
Embrión con ataque fúngico	Fitopatógenos a nivel seminal	Tratamientos con hipoclorito de sodio ('lavandina', 'lejía') o con funguicidas específicos para semillas
Falta de agua/agua insuficiente	Quiescencia (déficit de H_2O)	Mejorar la humedad del sustrato/ suelo para permitir la correcta imbibición
Exceso de agua	Quiescencia (déficit de O_2)	Permitir una imbibición adecuada sin encharcar el suelo/sustrato
Temperatura inadecuada	Quiescencia	Optimizar la T° de germinación, bibliográficamente o ya sea empíricamente (ensayo-error)
Cubierta dura y/o impermeable	Dormición física	Escarificación física (lijado, raspado) o química (ácido)
Relación GA/ABA desfavorable	Dormición fisiológica	- Postmaduración en seco (solo válido para domición superficial) - Estratificación (almacenamiento húmedo a baja T°) - Aplicación exógena de GA
Presencia de inhibidores de naturaleza hidrosoluble	Dormición fisiológica	Eliminar inhibidores por lavado de semillas con agua (lixiviación, sumersión)
Embrión inmaduro	Dormición morfológica	Estratificación
Ausencia de luz	Fotoblastismo positivo	Germinación en la superficie del sustrato bajo luz natural, o bien aplicación de luz artificial (semilla embebida en todos los casos)