

# **Desarrollo**

**Cátedra de Fisiología Vegetal**

**FCAyF**

**UNLP**

**3 y 4 de junio de 2020**

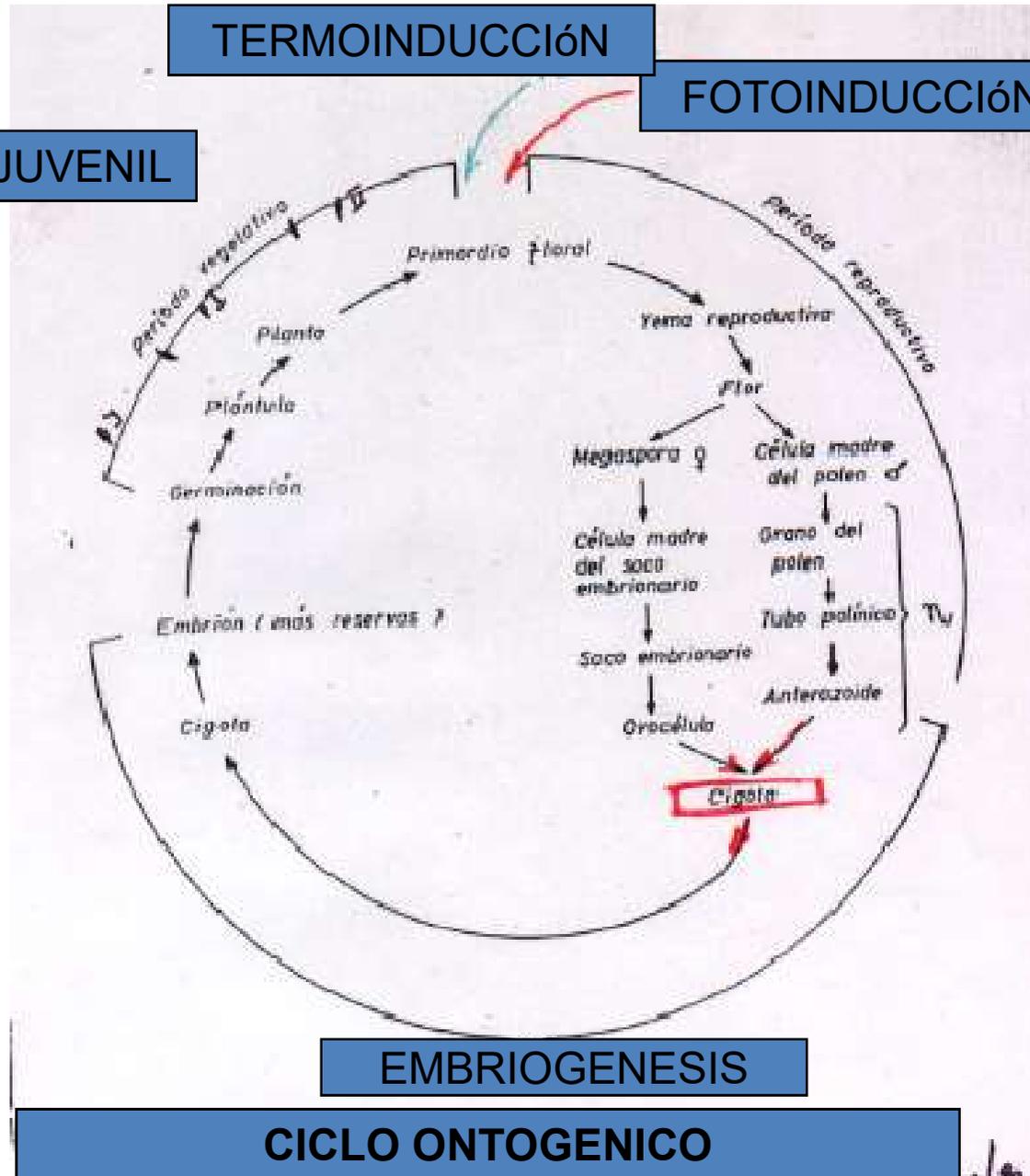
# Desarrollo

- Se refiere a la suma de todos los cambios que se producen en un organismo a lo largo de su ciclo de vida, desde la germinación de las semillas, el crecimiento la maduración, la floración y senescencia.
- El desarrollo se aplica tanto a células, tejidos u órganos.
- El desarrollo es la suma del crecimiento y la diferenciación.

TERMOINDUCCIÓN

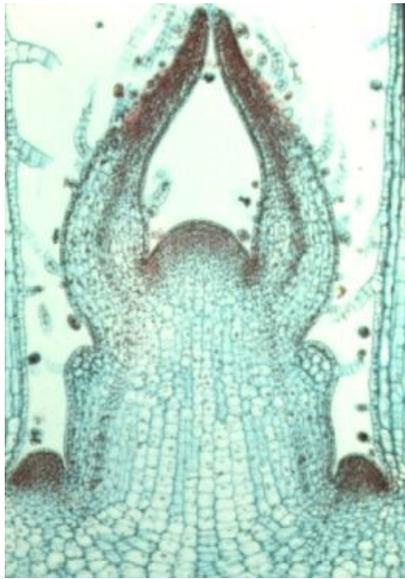
FOTOINDUCCIÓN

PERIODO JUVENIL



EMBRIOGENESIS

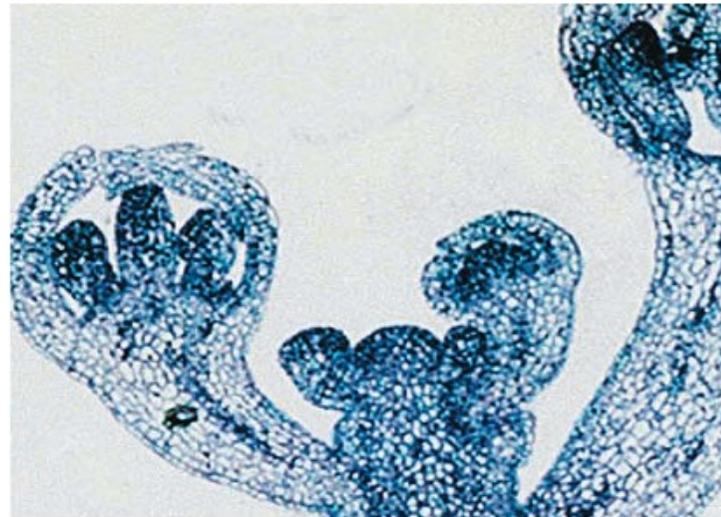
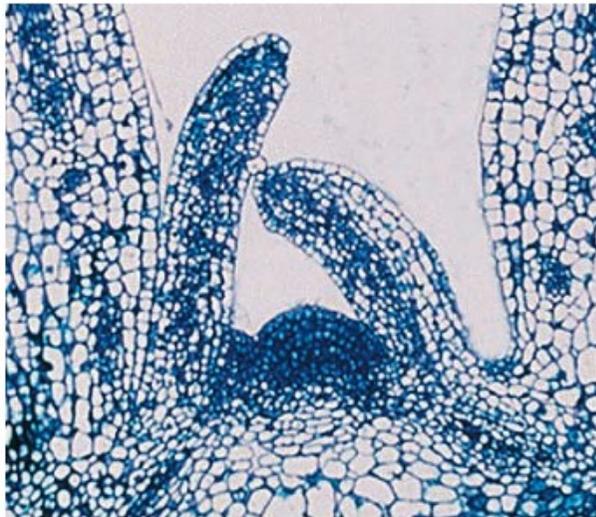
CICLO ONTOGENICO



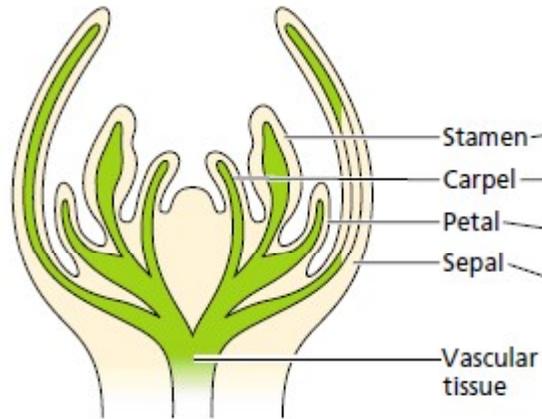
(A)



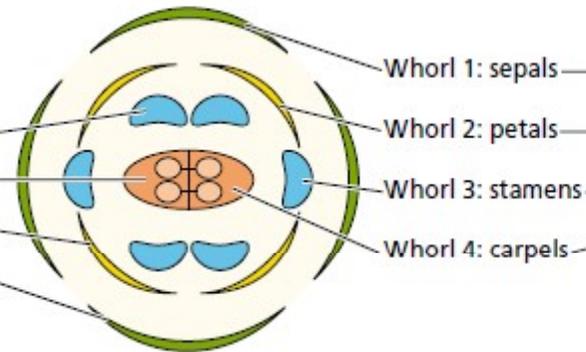
(B)



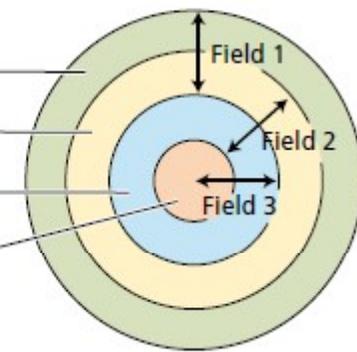
(A) Longitudinal section through developing flower



(B) Cross-section of developing flower showing floral whorls



(C) Schematic diagram of developmental fields



## DESARROLLO VEGETAL

- Período vegetativo: desde la germinación hasta la aparición del primordio floral.
- Estado reproductivo: desde la floración hasta la muerte.
- Su ciclo ontogénico por su duración puede ser:
  - anuales
  - bienales
  - perennes

# DESARROLLO VEGETAL

- Período reproductivo.
- Según el número de floraciones o fructificaciones se las puede agrupar en:
  - Monocárpicas anuales
    - Trigo, maíz, soja, girasol
  - Monocárpicas bienales
    - Remolacha, zanahoria, coles
  - Monocárpicas plurianuales
    - Agave, bambúseas
  - Policárpicas plurianuales (perennes)
    - Manzano, cafeto, pinos

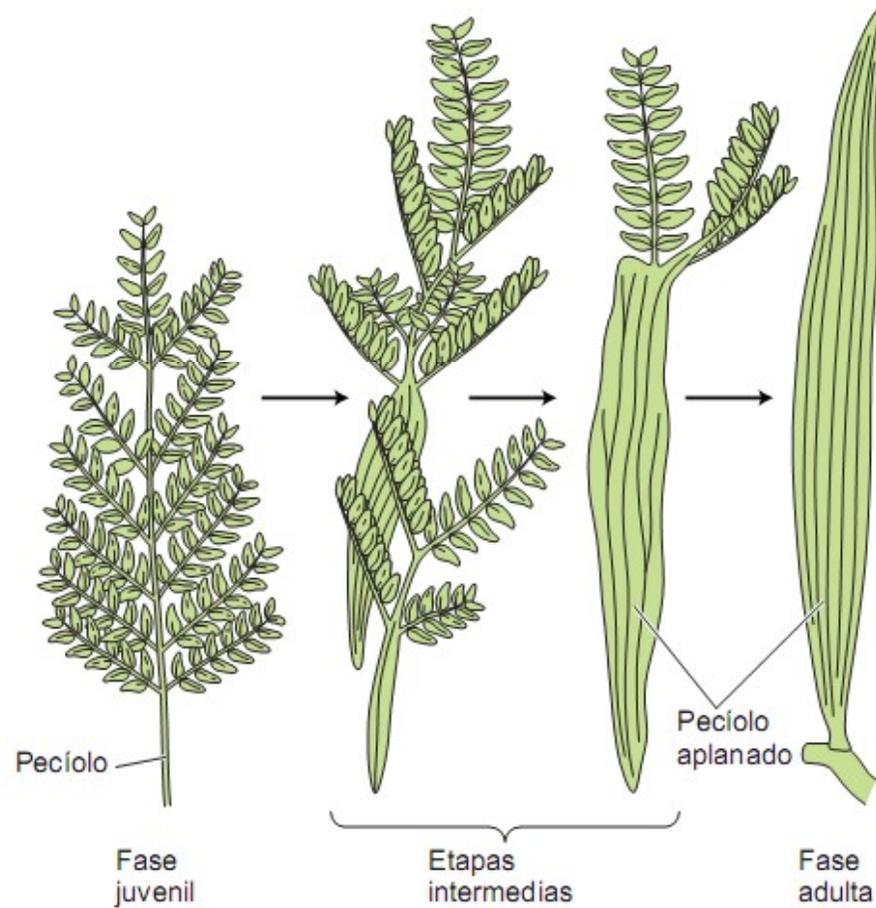
## DURACIÓN DE LA FASE JUVENIL

<b>ESPECIE</b>	<b>DURACIÓN PERIODO JUVENIL</b>
<b>PHARBITS NIL</b>	<b>0</b>
<b>VITIS SPP</b>	<b>1 AÑO</b>
<b>MALUS PUMILA</b>	<b>6-8 AÑOS</b>
<b>CITRUS SINENSIS</b>	<b>6-7 AÑOS</b>
<b>PINUS SYLVESTRIS</b>	<b>5-10 AÑOS</b>
<b>SEQUOIA SEMPERVIRENS</b>	<b>5-15 AÑOS</b>
<b>ACER PSEUDOPLATANUS</b>	<b>15-20 AÑOS</b>
<b>PICEA ABIES</b>	<b>20-25 AÑS</b>
<b>QUERCUS ROBUR</b>	<b>25-30 AÑOS</b>
<b>FAGUS SYLVATICA</b>	<b>30-40 AÑOS</b>

## CARACTERÍSTICAS DIFERENCIALES ENTRE LA FASE JUVENIL Y ADULTO.

CARACTERÍSTICA	FASE JUVENIL	FASE ADULTA
TIPO DE CRECIMIENTO	PLAGIOTRÓPICO Hedera; Ficus	ORTOTRÓPICO
FORMA DE HOJAS	PALMADA 3,5 LÓBULOS Hedera; ACICULAR Cupressus	ENTERA OVALADA  EN FORMA DE ESCAMAS
FILOTAXIA	OPUESTA Eucalyptus ALTERNA Hedera	ALTERNA ESPIRAL
PRESENCIA DE ESPINAS	SI Robinia; Hedera; Citrus	NO
CAPACIDAD PARA ENRAIZAR	MUY ALTA	MUY BAJA
CAPACIDAD DE ORGANOGÉNESIS <i>in vitro</i>	ALTA	BAJA

# Hojas de Acacia. Transición desde compuestas pinadas (fase juvenil) a los filodios (fase adulta)



## VERNALIZACIÓN. TERMOINDUCCIÓN

- Proceso por el cual la represión de la floración es aliviada, debido a un tratamiento de bajas T sobre las plantas o semillas en imbibición.
- Son variables las **Temperatura** y el **Número** de ciclos necesarios.
- **Sitio de percepción** (meristemas con metabolismo activo, meristema apical, implica cambios epigenéticos).
- **Requerimientos**
  - CUALITATIVAS (requerimientos absolutos, obligatorias)
  - CUANTITATIVAS (facultativas)
    - **DESVERNALIZACIÓN** (altas temperaturas)
    - **GIBERELINAS**

# VERNALIZACIÓN

**CUADRO 25-2. Ejemplos de especies con requerimiento de vernalización.**

**I Plantas de día corto (PDC) que requieren vernalización o adelantan la floración en respuesta a un período de temperatura baja**

*Allium cepa* (cebolla)

*Chrysanthemum morifolium* (crisantemo)

**II Plantas de día largo (PDL) que requieren vernalización o adelantan la floración en respuesta a un período de temperatura baja**

*Arabidopsis thaliana*

*Avena sativa* (avena, variedad de invierno)

*Beta saccharifera* (remolacha azucarera)

*Bromus inermis*

*Hordeum vulgare* (cebada)

*Hyoscyamus niger* (beleño negro)

*Lolium temuletum*

*Triticum aestivum* (trigo candeal)

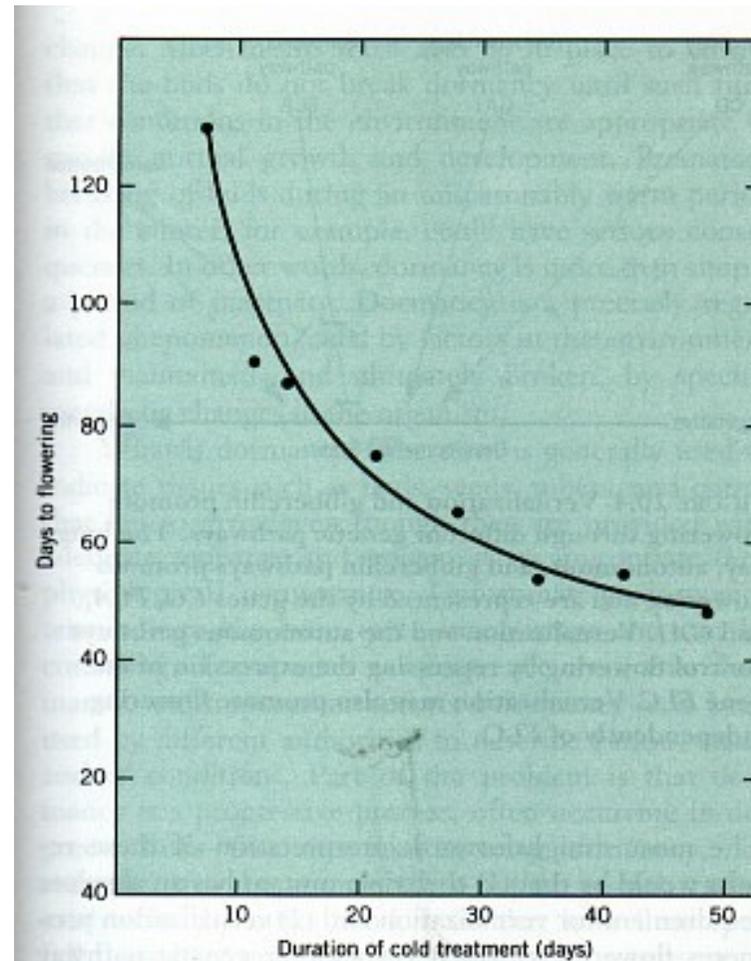
**III Plantas neutras al fotoperíodo (PNF) que requieren vernalización o adelantan la floración en respuesta a un período de temperatura baja**

*Daucus carota* (zanahoria silvestre)

*Lunaria annua*

## VERNALIZACIÓN

- **Petkus Rye - centeno**
  - winter annual



**FIGURE 20.3** Vernalization in Petkus rye (*Secale cereale*). Seeds were germinated in moist sand at 1°C for the time indicated. Cold treatments were scheduled so that all seeds were returned to the greenhouse at the same time. The number of days to flowering progressively decreased with increasing length of the cold treatment. (From O. N. Purvis, F. G. Gregory, *Annals of Botany*, N.S. 1:569-591, 1937. Copyright, The Annals of Botany Company.)

# VERNALIZACIÓN

(A)



0 days of  
vernalization at 4°C

(B)



100 days of  
vernalization at 4°C

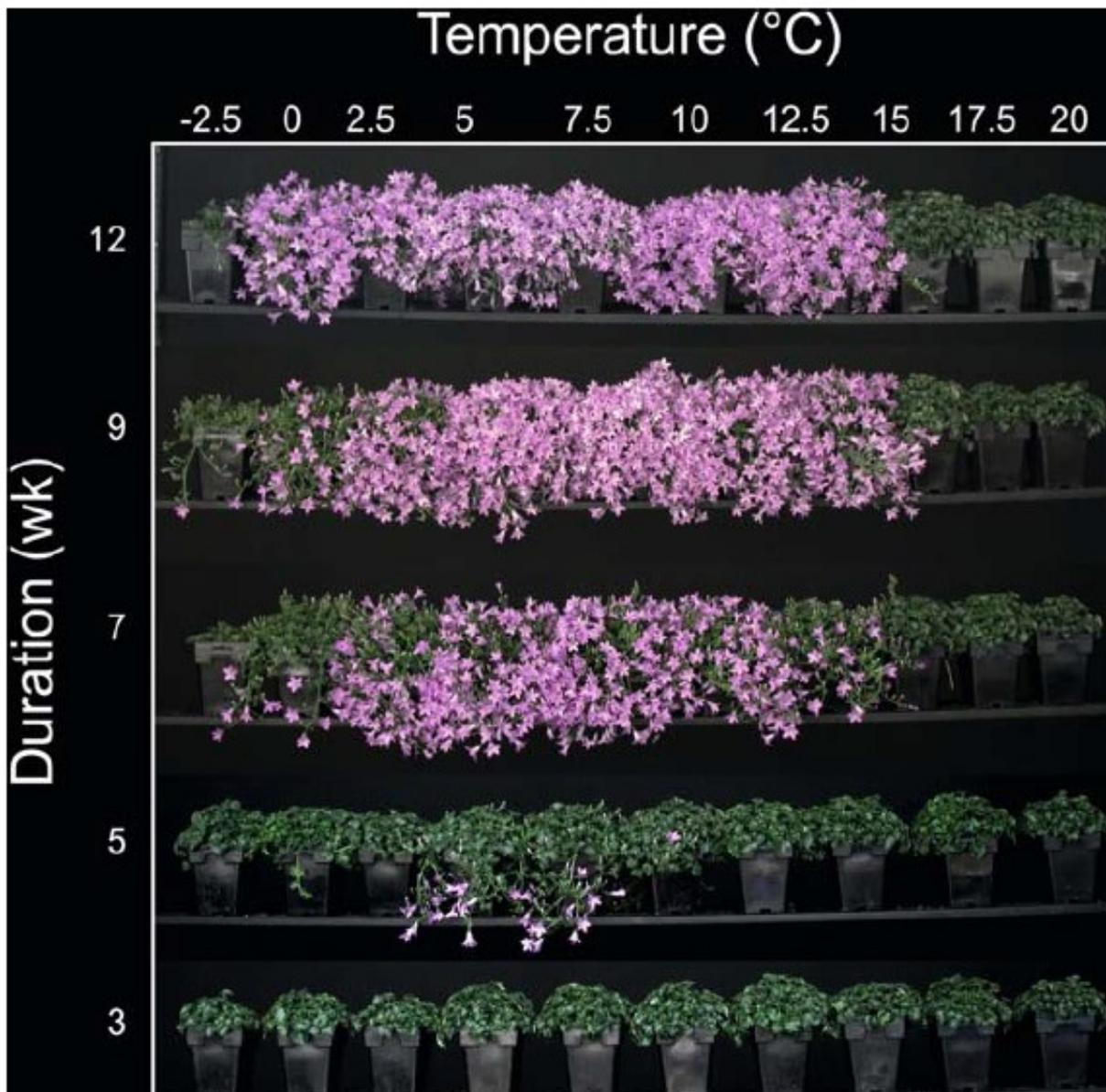
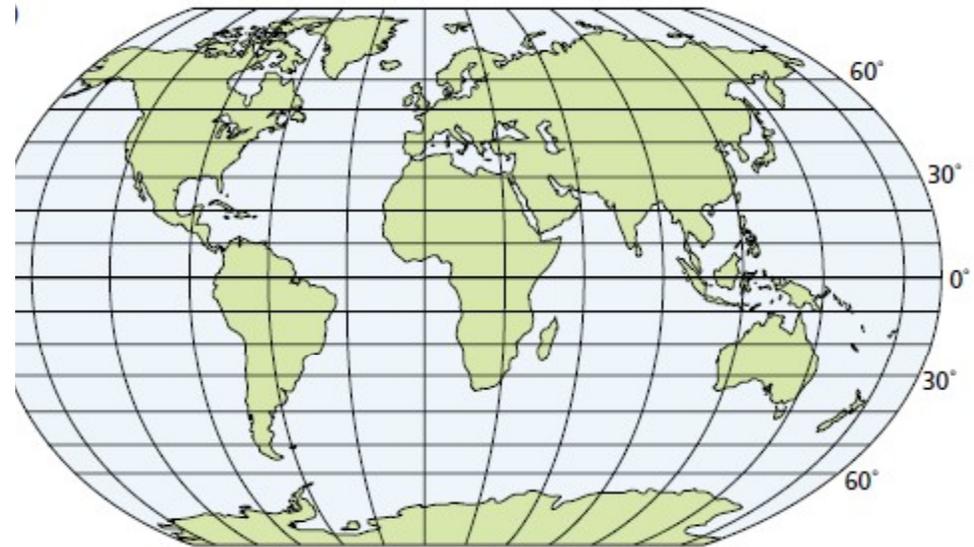
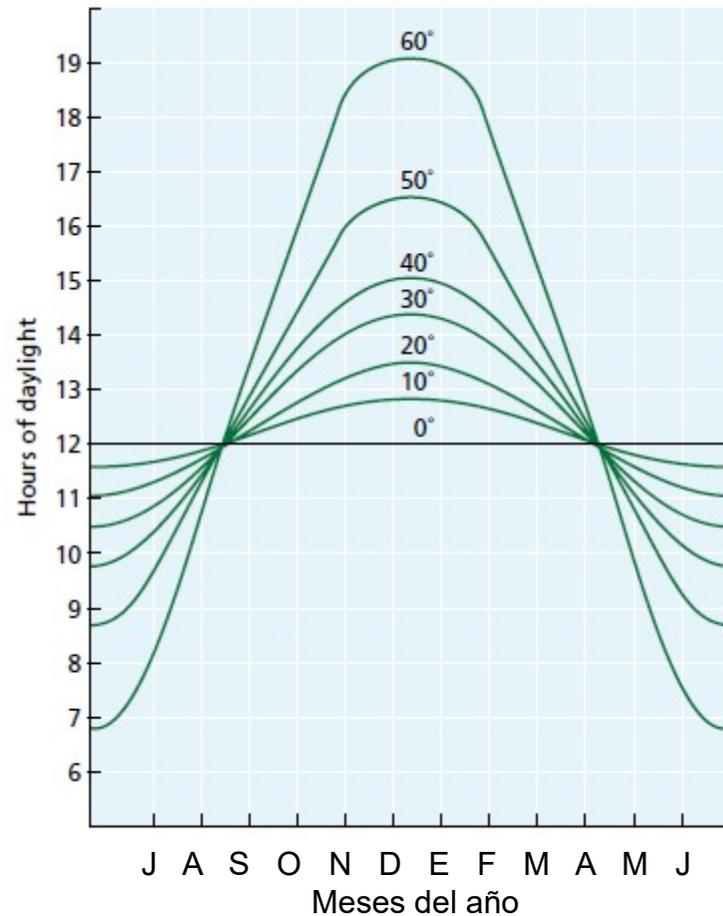


FIGURE 19. The effect of vernalization temperature and duration of flowering of *Campanula* birch hybrid (harebell). No flowering is observed if the vernalization period is less than 5 weeks. Courtesy S. Padhye and A. Cameron, Department of Horticulture, Michigan State University, USA.

# Fotoperiodismo

- **Respuesta de las plantas a longitud relativa del día o de la noche**
- **Las plantas se clasifican en función de su respuesta a la duración del día**

## Efecto de la latitud en la duración del día para diferentes momentos del año



El día más corto es el 20 de junio con 9 horas y 48 minutos de luz;  
el día más largo es el 21 de diciembre, con 14 horas y 31 minutos de luz natural.

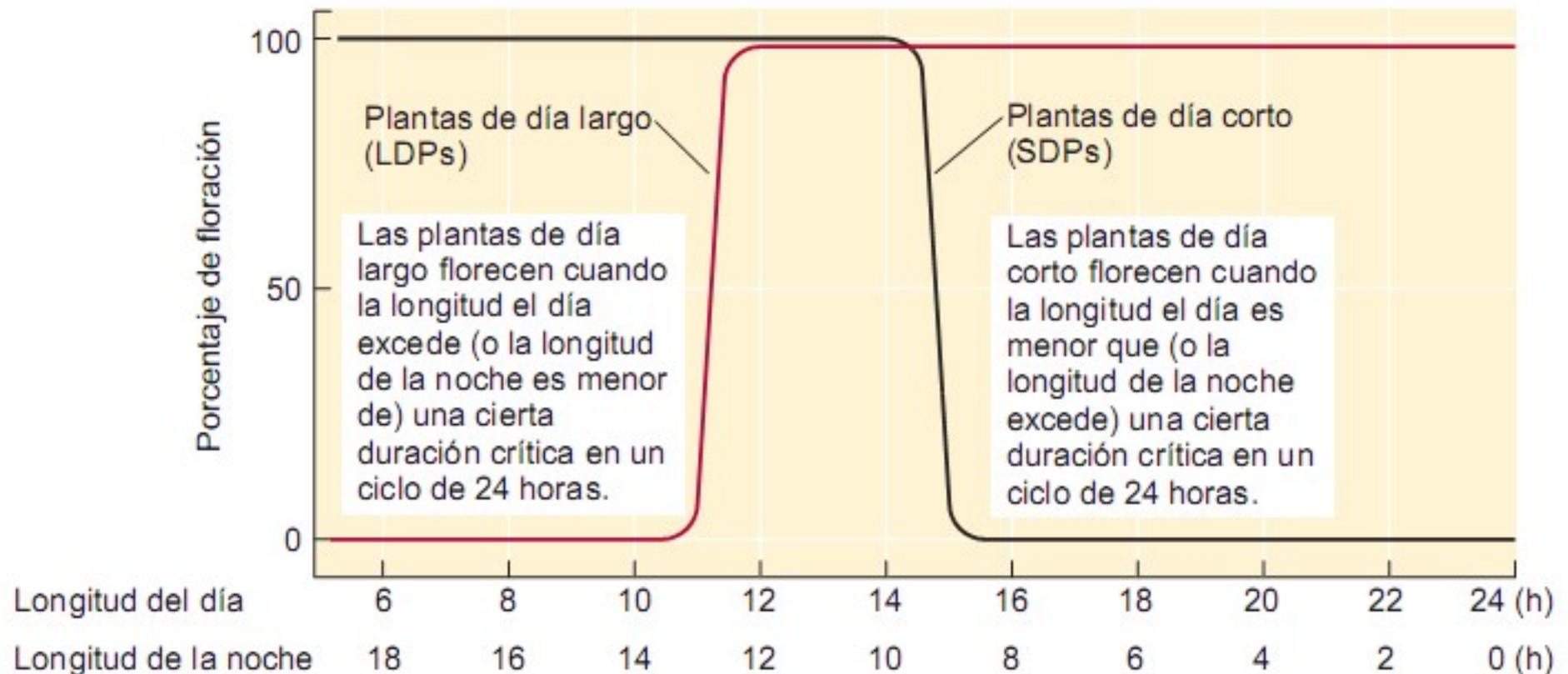
# Fotoperiodismo

- LIMITE CRÍTICO. PERCEPCIÓN DEL ESTÍMULO
- GIBERELINAS. FITOCROMO
- CUALITATIVAS (obligatorias)
- CUANTITATIVAS (facultativas)

# Fotoperiodismo

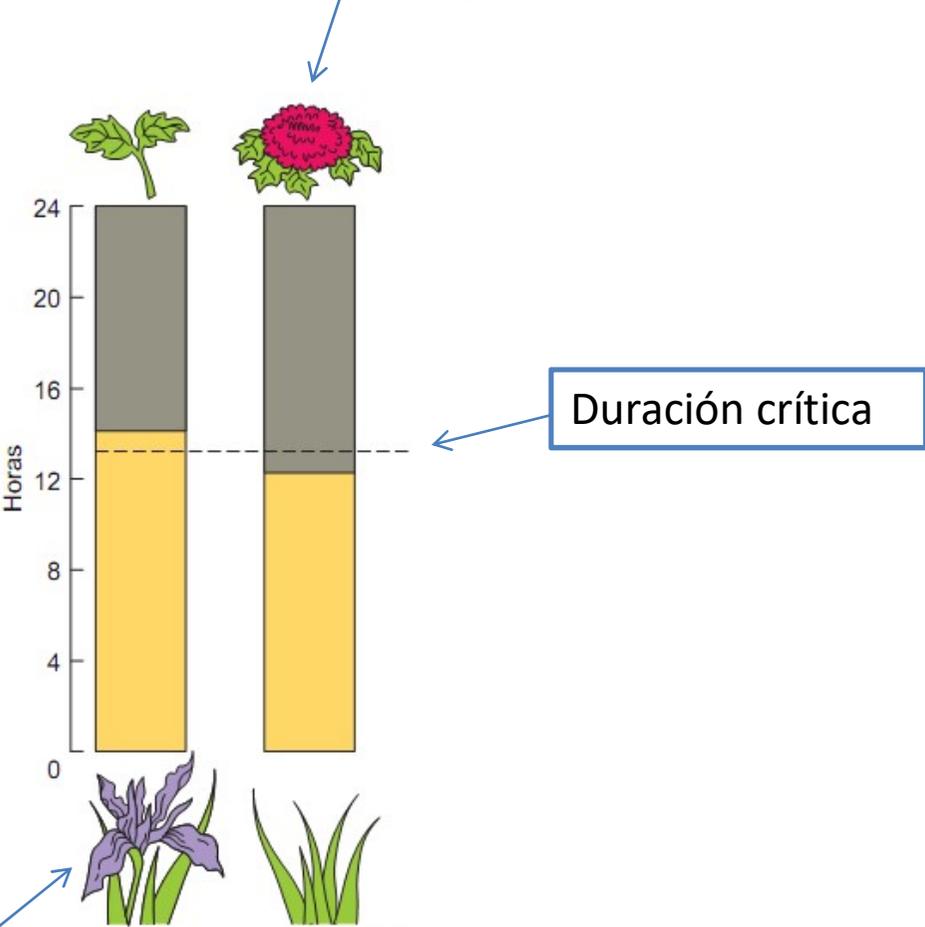
- LONGIDIURNAS. La longitud del fotoperíodo tiene que exceder cierto límite para que florezcan
  - *LACTUCA, PAPAVER, CEREALES FINOS*
- BREVIDIURNAS. La longitud del fotoperíodo tiene que ser inferior a cierto límite para que florezcan
  - *TABACO, SOJA, ARROZ, MAÍZ*
- LONGI-BREVI (florece cuando los días largos son seguidos por días cortos, finales de verano-otoño)
- BREVI-LONGI (florece cuando los días cortos son seguidos por días largos, a principios de la primavera)
- INDIFERENTES (tienen regulación autónoma)
  - *TOMATE, GIRASOL*

# Fotoperiodismo



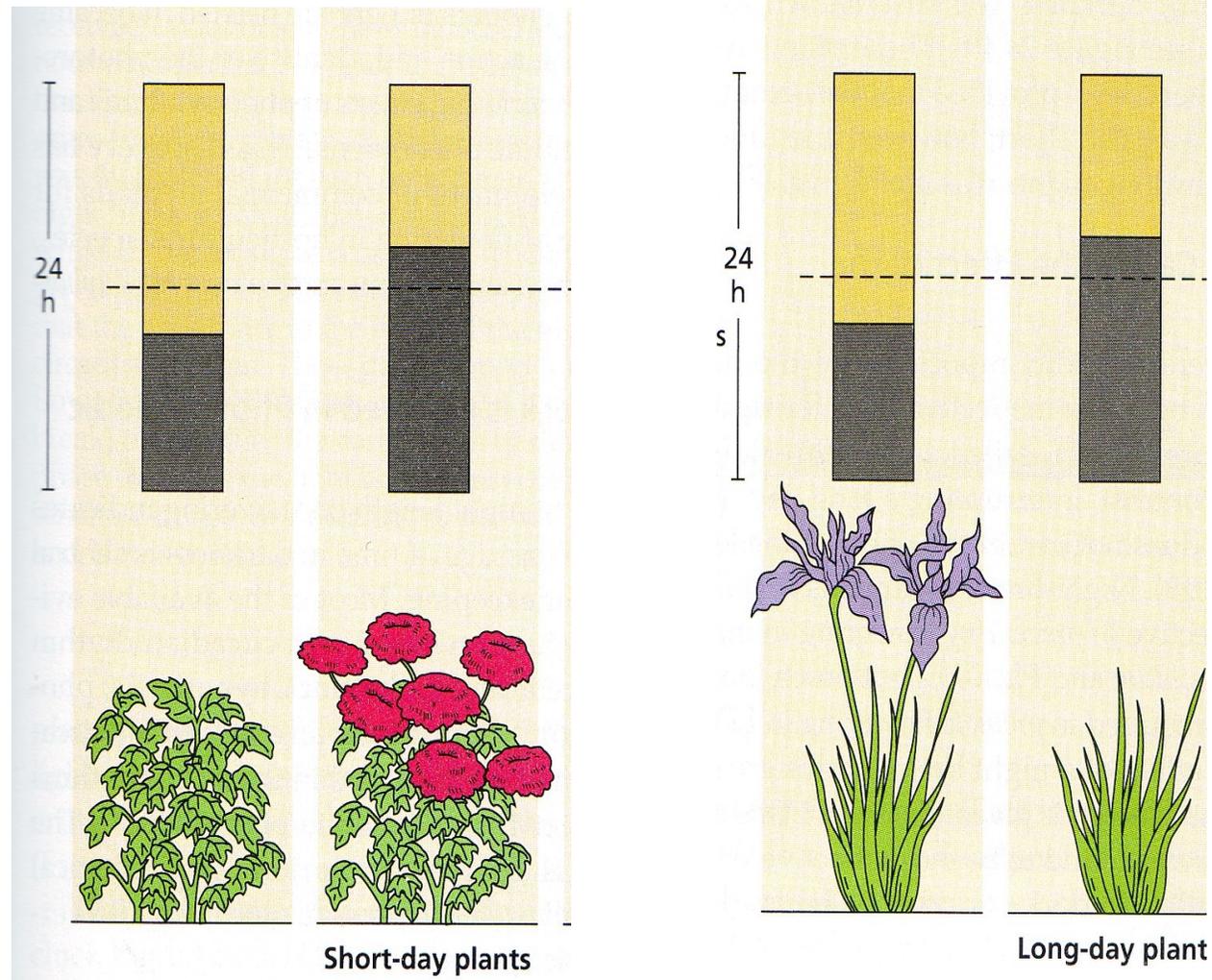
# Floración en función del fotoperíodo

Plantas de día corto (noche larga)



Plantas de día largo (noche corta)

# Floración en función del fotoperíodo



(Tomado de Taiz y Zeiger 2002)

**CUADRO 25-1. Plantas representativas de los principales tipos de respuestas al fotoperíodo en la inducción de la floración.**

<p><b>I Plantas de día corto, PDC</b></p> <p><i>Allium cepa</i> (cebolla)  <i>Cannabis sativa</i> (cáñamo)  <i>Chrysanthemum morifolium</i><sup>a</sup> (crisantemo)  <i>Datura stramonium</i> (estramonio)  <i>Glycine max</i> (soja)  <i>Gossypium hirsutum</i> (algodón)  <i>Lemna paucicostata</i><sup>b</sup> (lenteja de agua)  <i>Oryza sativa</i><sup>b</sup> (arroz)  <i>Pharbitis nil</i><sup>b</sup> (ipomea)  <i>Perilla ocymoides</i><sup>a</sup>  <i>Saccharum officinarum</i> (caña de azúcar)  <i>Zea mays</i> (maíz) (existen variedades NF)  <i>Xanthium strumarium</i><sup>a</sup></p>	<p><b>II Plantas de día largo, PDL</b></p> <p><i>Anethum graveolens</i><sup>b</sup> (eneldo)  <i>Antirrhinum majus</i> (boca de dragón)  <i>Arabidopsis thaliana</i>  <i>Avena sativa</i><sup>a</sup> (avena)  <i>Beta vulgaris</i> (remolacha)  <i>Brassica campestris</i> (nabo)  <i>Hordeum vulgare</i> (cebada)  <i>Hyoscyamus niger</i><sup>a</sup> (beleño negro)  <i>Lolium temuletum</i><sup>a</sup>  <i>Pisum sativum</i> (guisante)  <i>Raphanus sativus</i> (rábano)  <i>Sinapis alba</i><sup>b</sup> (mostaza blanca)  <i>Spinacia aleracea</i><sup>a, b</sup> (espinaca)  <i>Triticum aestivum</i> (trigo candeal)</p> <p><b>III Plantas insensibles o neutras al fotoperíodo, PNF</b></p> <p><i>Cucumis sativus</i> (pepino)  <i>Helianthus annuus</i> (girasol) (existen variedades de DC)  <i>Lycopersicum esculentum</i> (tomate)  <i>Nicotiana tabacum</i> (tabaco) (existen variedades de DC)  <i>Phaseolus vulgaris</i> (judía)</p>
---	---

<sup>a</sup> Especies que presentan un requerimiento absoluto.

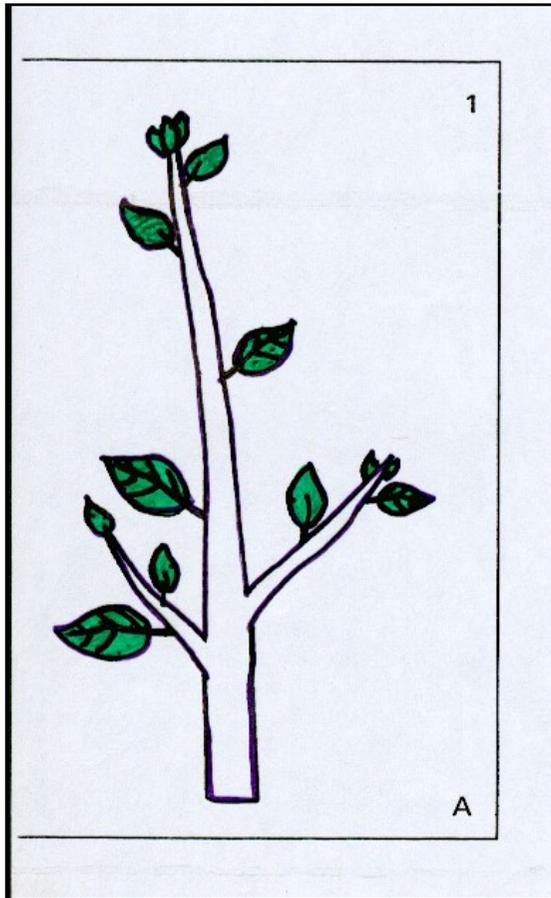
<sup>b</sup> Especies que florecen en respuesta a un único ciclo inductivo.

## Ejemplos de inducción de la floración por tratamientos con giberelinas

Flowering requirement	Plant	Effect of gibberellins
Long-day plants	<i>Arabidopsis</i>	Promotes in SD ←
	<i>Lolium</i>	Promotes in SD ←
	<i>Fuchsia</i>	Inhibits in LD
	<i>Anagallis</i>	No effect
Short-day plants	<i>Zinnia</i>	Promotes in LD
	<i>Fragaria</i>	Inhibits in SD
	<i>Xanthium</i>	No effect
Dual-day length plants	<i>Bryophyllum</i> (LSDP)	Promotes in SD
	<i>Coreopsis</i> (SLDP)	Promotes in SD
	<i>Cestrum</i> (LSDP)	Inhibits
Day-neutral plants	Many conifers	Promotes ←
	Many woody angiosperms	Inhibits
Plants requiring vernalization	<i>Daucus</i>	Promotes ←
	<i>Oenothera</i>	No effect

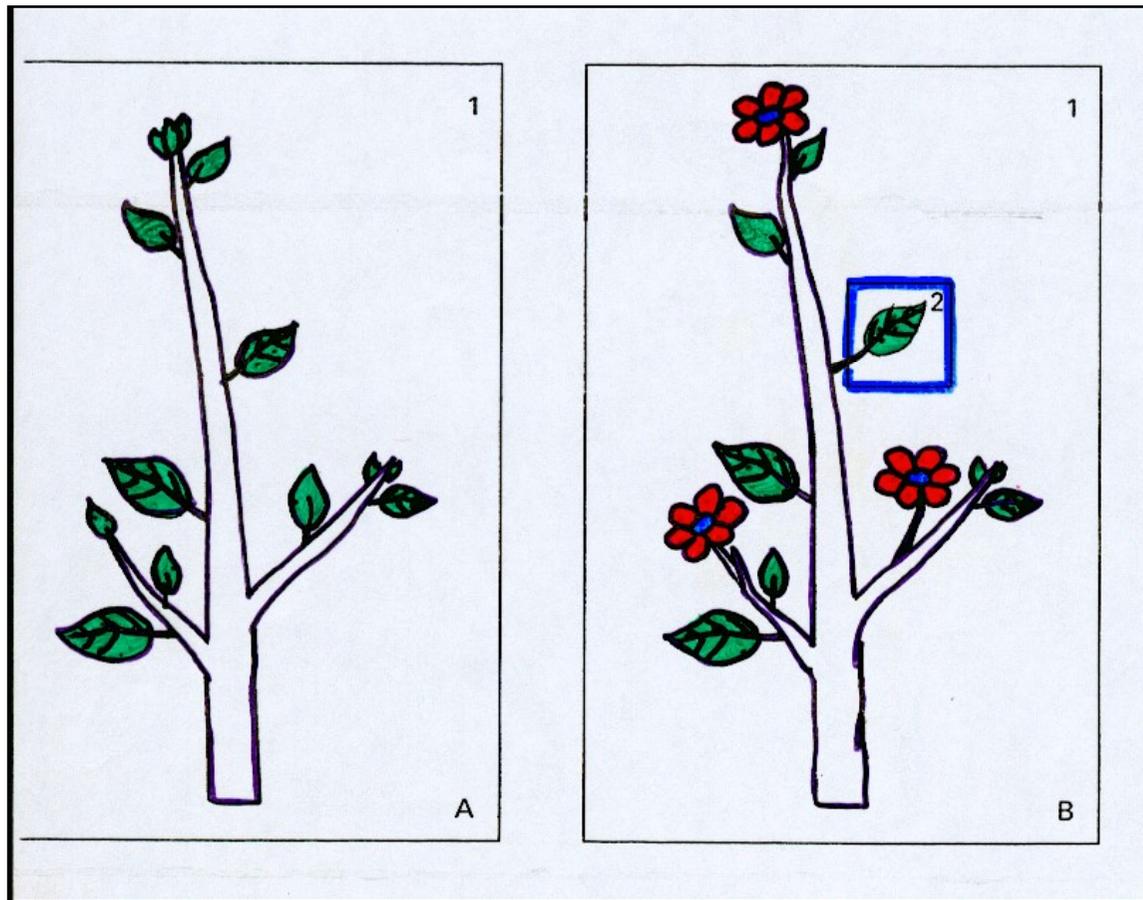
Note: LSDP, long-short-day-plants; SLDP, short-long-day plants; LD, long days; SD, short days.

# Percepción del fotoperíodo



No recibe el estímulo lumínico adecuado

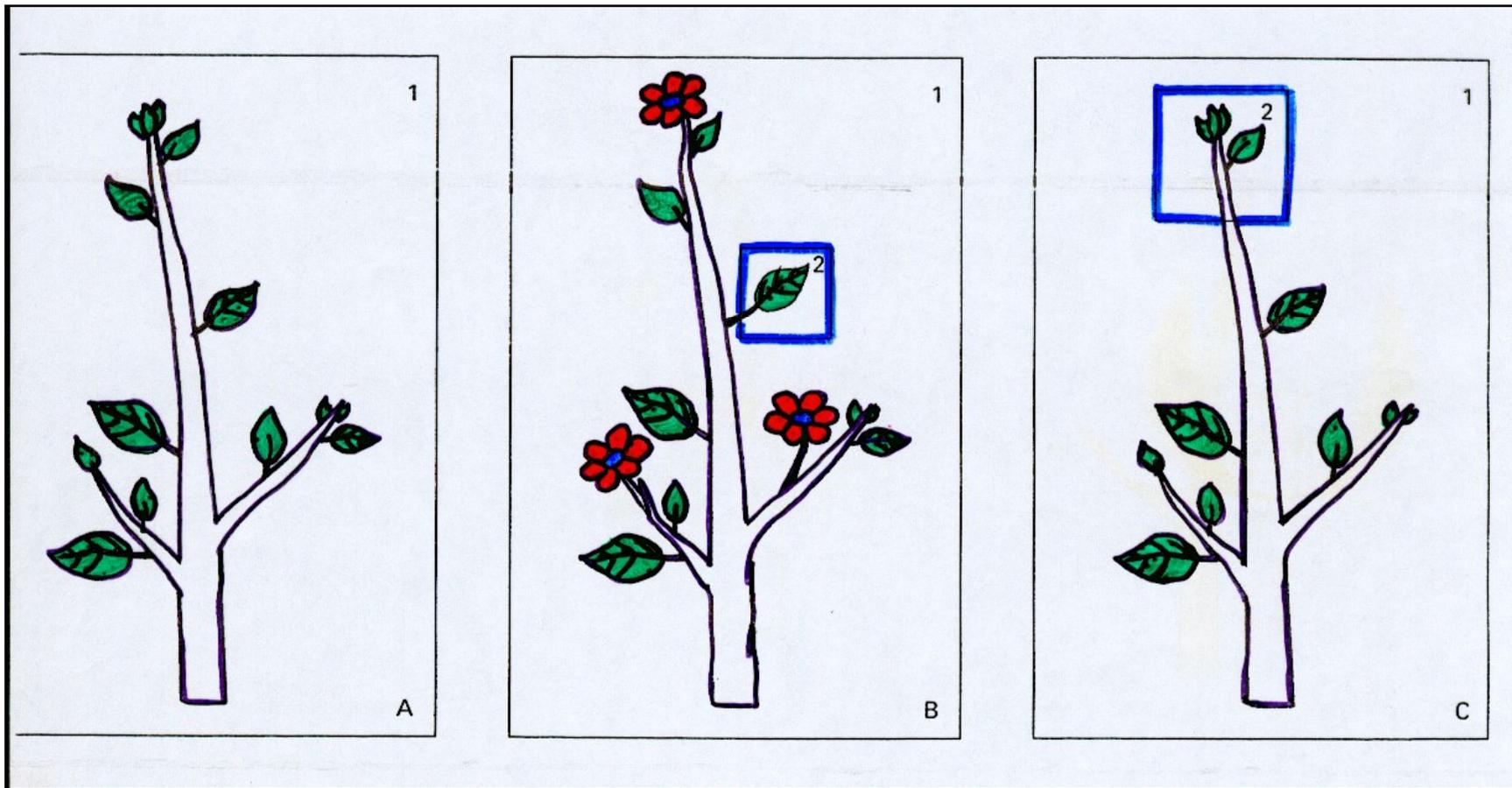
# Percepción del fotoperíodo

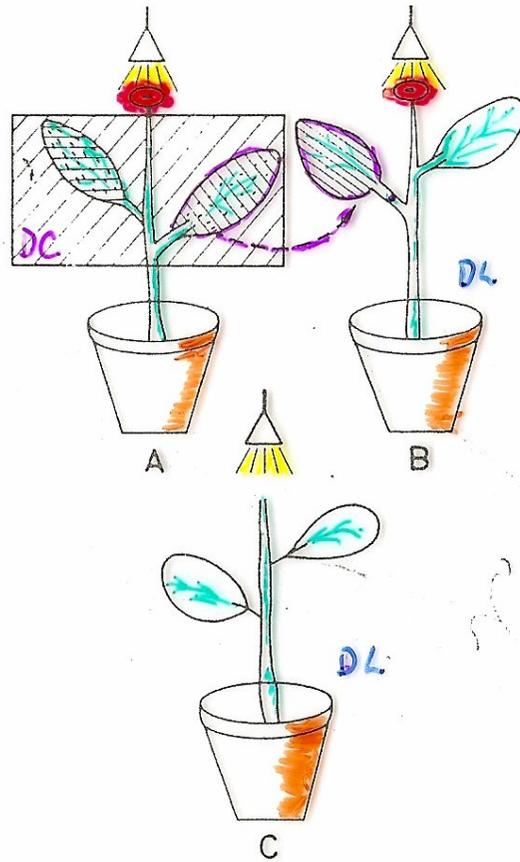


Recibe el estímulo  
en la hoja

# Percepción del fotoperíodo

Recibe el estímulo en el ápice





Planta de día corto

El estímulo lumínico  
lo recibe sólo en la  
parte recuadrada

Figura 208. A) Planta patrón mantenida a día corto; florece. B) Planta brevidiurna sometida a días largos a la cual se ha injertado una hoja fotoinducida bajo días cortos; florece. C) Planta patrón sometida a días largos; no florece.

El estímulo lumínico aplicado en el ápice no produce floración

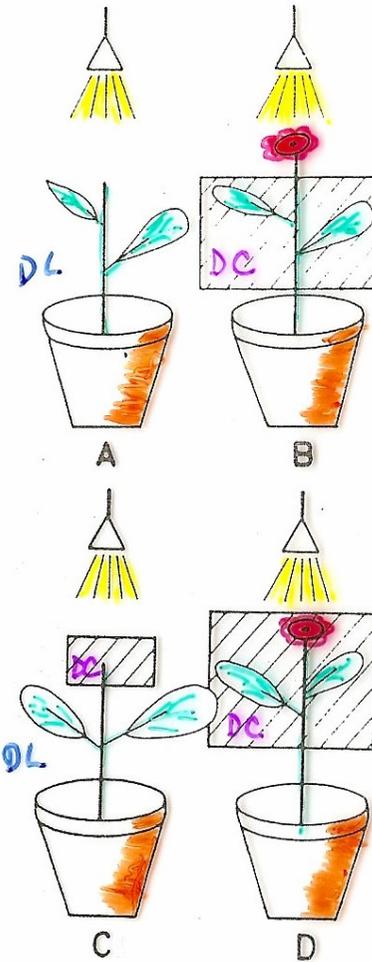


Figura 207. Plantas brevidiurnas, sometidas a días largos, excepto la parte recuadrada que indica días cortos: A) totalmente expuesta a días largos; B) hojas expuestas a días cortos, y ápices a días largos; C) ápice a días cortos y hojas a días largos; D) ápice y hojas sometidos a días cortos. Florecen las plantas de los tratamientos B) y D). Si se trata de una longidiurna florecerán las de los tratamientos A) y C).

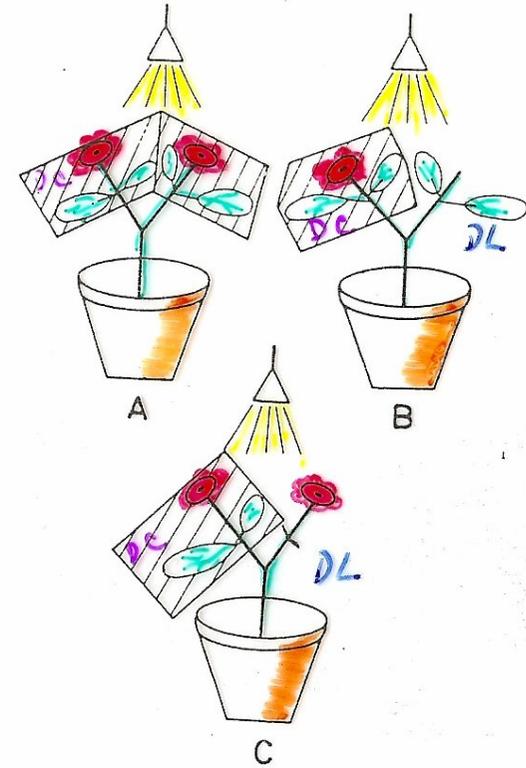
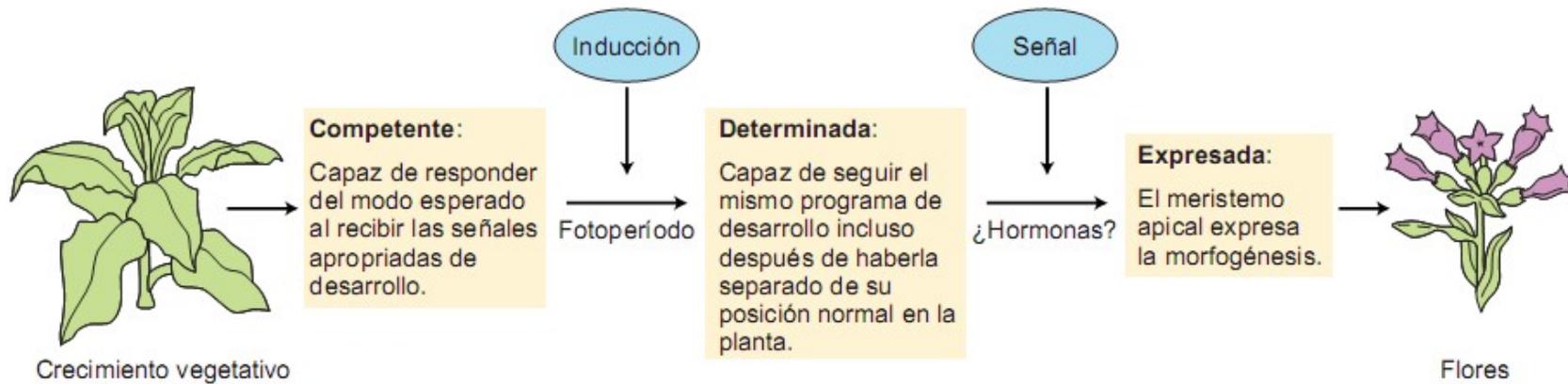
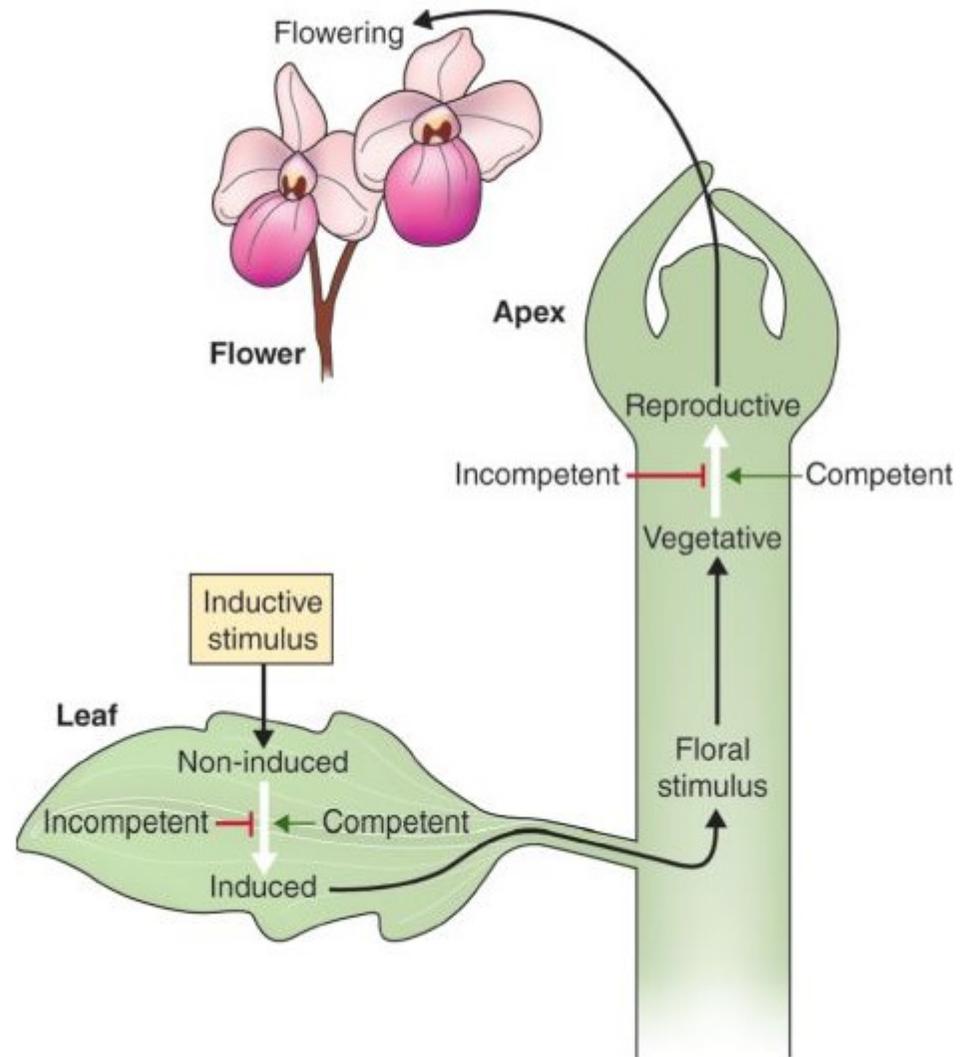


Figura 206. Plantas de perilla con tallo bifurcado; A) las dos ramas sometidas a días cortos, ambas florecen; B) la rama de la izquierda fue sometida a días cortos y la de la derecha a días largos, esta última no florece; C) la rama de la izquierda fue sometida a días cortos, la de la derecha a días largos y defoliada; ambas florecen. Se deduce que los fotoperíodos largos inhiben la floración, actuando sobre las hojas que no recibieron la fotoperiodicidad inductiva.

# Modelo de induccion (fotoperíodo) floral



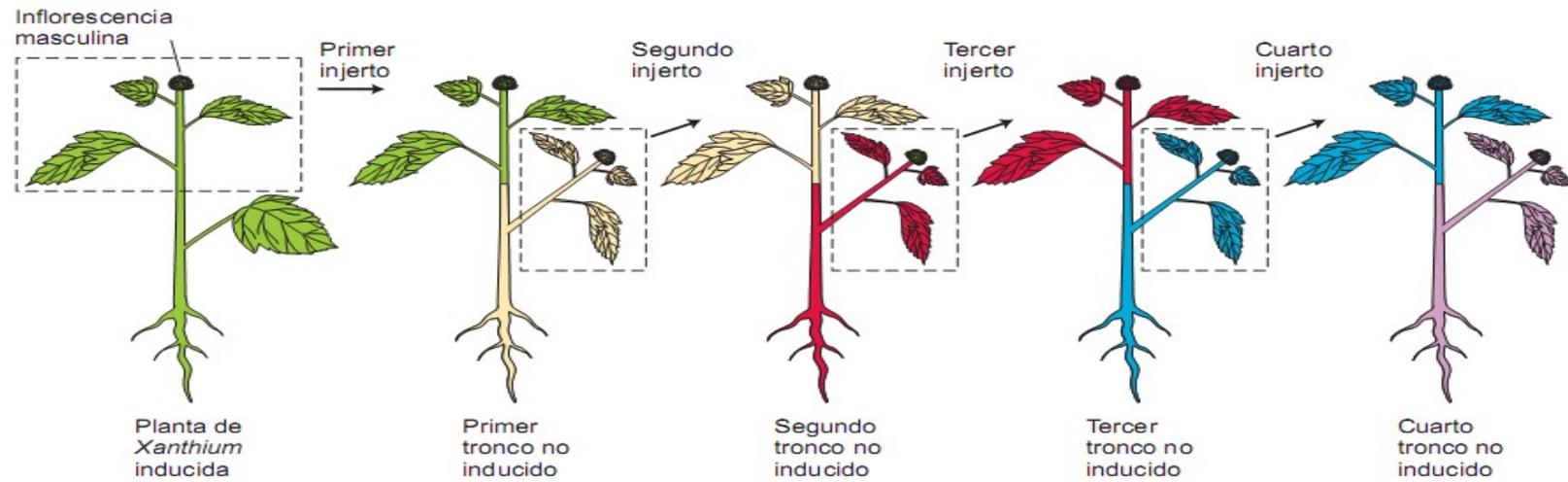




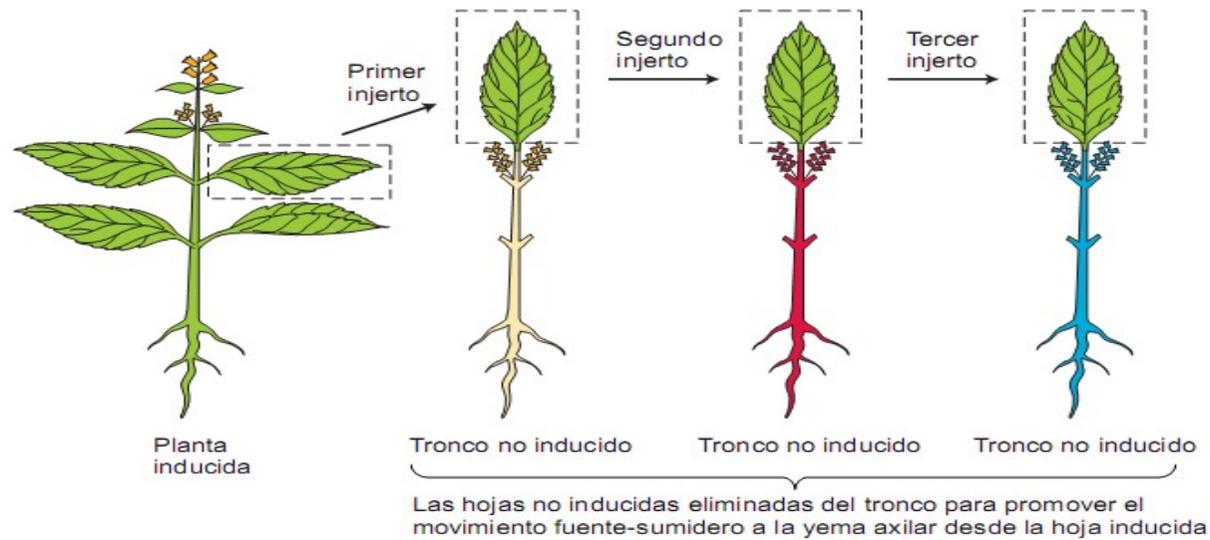
Injerto dador  
inducido

Injerto dador  
no inducido

A) Se puede demostrar la inducción indirecta en una serie de experimentos de injertado de *Xanthium*.



(B) El injertado de una hoja inducida en una brote no inducido provoca la floración en muchos injertos de *Perilla*.



# Luz

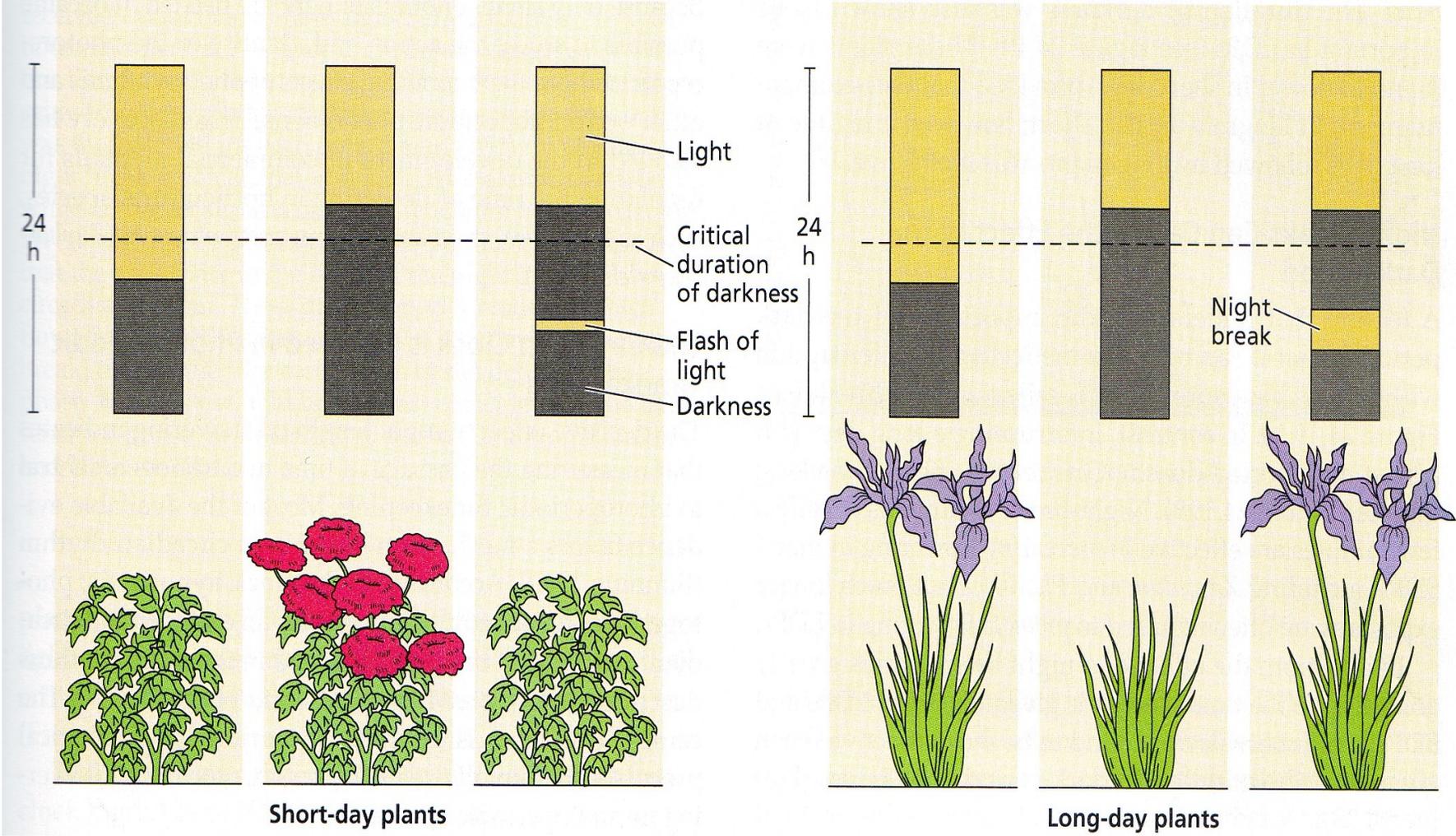
Cantidad –  $\text{Watts/m}^2$

Calidad – longitud de onda o frecuencia

Duración – duración de las horas de luz/oscuridad  
fotoperíodo, efectos fotomorfogénicos.

¿las plantas detectan la duración del día o lo que perciben es la duración de la noche?

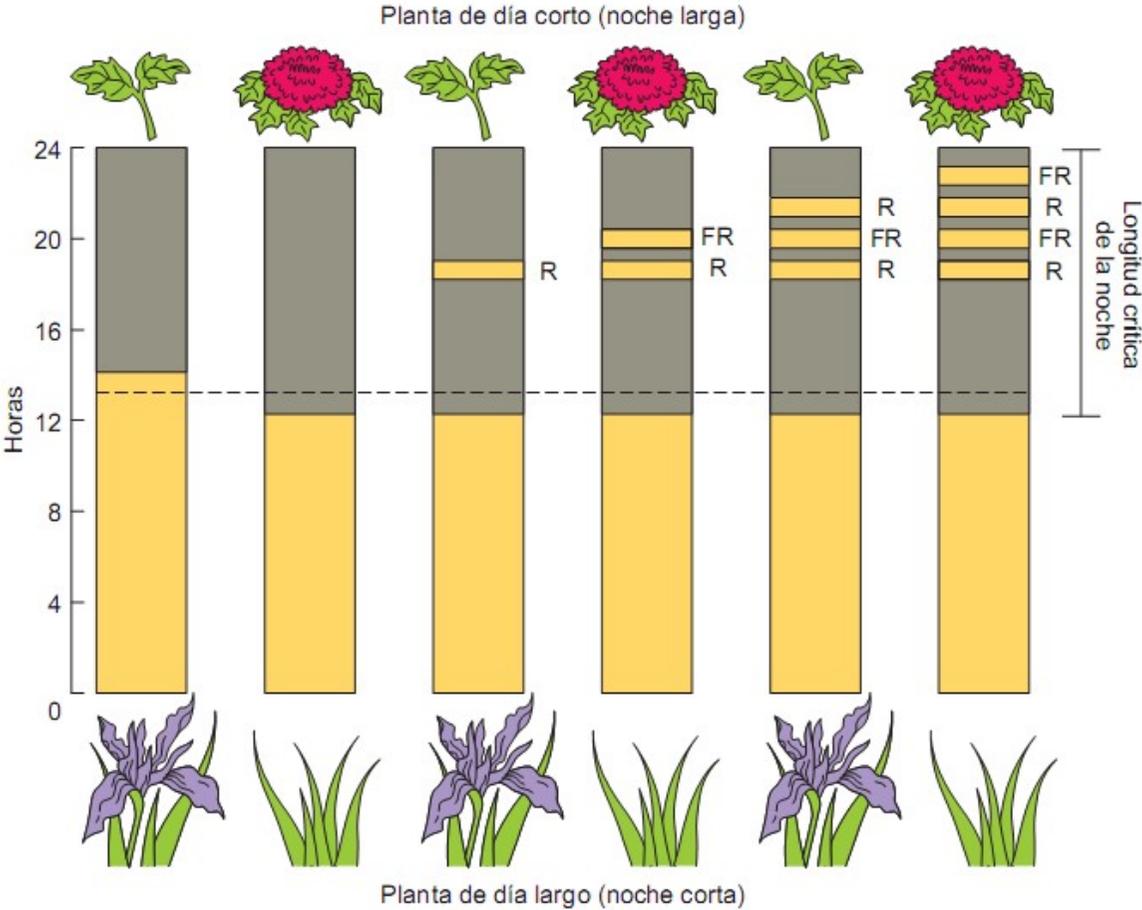
# Floración en función del fotoperíodo



(Tomado de Taiz y Zeiger 2002)

# Floración en función del fotoperíodo

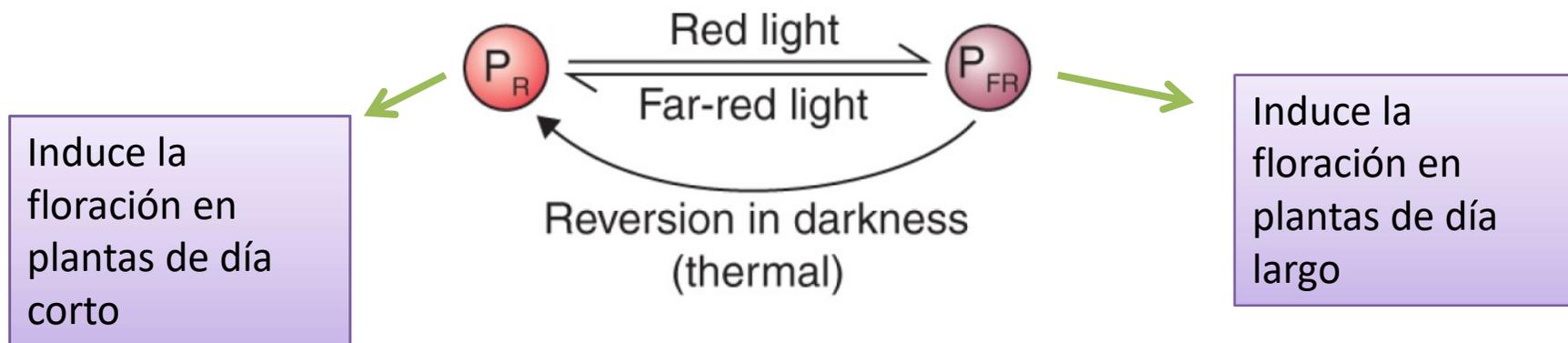
## Plantas de día corto (noche larga)



## Plantas de día largo (noche corta)

# El fitocromo es el fotoreceptor principal en el registro del fotoperíodo

- En plantas etioladas, el fitocromo está presente en la forma  $P_r$  (forma en que es sintetizado) y absorbe luz roja.



**FOTOREVERSIBILIDAD**

## Light source

Light source	Electric power (W)	R/FR
Incandescence	95	0.7
Fluorescence	36	11.5
Metal halide	400	3.5
High pressure sodium	360	4.4



1.15

# Senescencia

- Senescencia (PCD) células individuales, xilema.
- Plantas policárpicas, senescencia de órganos  
senescencia en hojas, flores y frutos.
- Plantas monocárpicas, muerte de la planta  
completa toda la planta comienza el proceso  
de senescencia luego de la floración.

# Senescencia foliar

- Es un proceso secuencial y ordenado
- Se reciclan nutrientes, **hacia semillas, hojas nuevas o estructuras de reserva.**

# Senescencia de hojas

- Secuencial desde las hojas basales, mas viejas
- Estacional árboles caducifolios pierden todas sus hojas al bajar la T y acortarse los días
- Inducida por estrés se produce por condiciones desfavorables, (sequía, deficiencia de nutrientes, oscuridad)

# Senescencia de hojas

- Es parte del desarrollo de las plantas
  - Edad, desarrollo reproductivo, niveles hormonales, actividad fotosintética, estrés (altas temperaturas, sequía, nutricional, patógenos), cambios estacionales
- Pasa a ser fuente de N
- Disminuye la fotosíntesis y aumenta la respiración
- Degradación de proteínas (Rubisco)
- Se fragmentan las membranas
- Abscisión

# Procesos de senescencia en diferentes etapas

## Plántula

- Cotiledones
- Diferenciación de traqueidas y tubos cribosos
- Pelos radicales y células del ápice en raíz

## Vegetativo

- Diferenciación y recambio celular
- Hojas, de forma secuencial o sincrónica
- Desarrollo de espinas o púas
- Procesos de abscisión

# Procesos de senescencia en diferentes etapas

## Floración

- Senescencia y abscisión de partes florales
- Senescencia de tejidos vegetativos

## Fructificación

- Senescencia de toda la planta (monocárpicas)
- Tallos aéreos
- Senescencia y dehiscencia de frutos secos
- Senescencia y abscisión de frutos carnosos



FIGURE 16.36 Monocarpic senescence in soybeans (*Glycine max*). The entire plant on the left underwent senescence after flowering and producing fruit (pods). The plant on the right remained green and vegetative because its flowers were continually removed. (Courtesy of L. Noodén.)

# Senescencia de flores y frutos

- Flores: senescencia de sépalos, pétalos, estambres. Si no se produjo la fecundación termina con la abscisión del pedicelo.
- Frutos: durante la última etapa de maduración del fruto hay hidrólisis de macromoléculas, sin que se transporten a otra parte de la planta. Cambios de coloración, degradación de paredes celulares,

# Preguntas de desarrollo y senescencia

- ¿Qué diferencia hay entre “vernalización” y las horas de frío que requieren los árboles caducifolios para brotar?
- ¿qué hacen los floricultores para demorar la floración de crisantemo (planta de día corto)? Interprete la respuesta
- Dos especies bienales con requerimientos cualitativos para vernalización y fotoperiodismo que florecen con fotoperíodos superiores a 13 horas una y 15 horas la otra, son sembradas en octubre en la Ciudad de La Plata ¿Cuándo florecen?

- ¿cómo actúan las giberelinas exógenas en el desarrollo de las plantas?
- ¿qué utilidad tiene para la planta el proceso de senescencia de la hoja? Explique el proceso de reciclaje en la senescencia foliar
- ¿Cuándo florece una especie bienal con requerimientos cuantitativos para vernalización y cualitativos para fotoperiodismo, que florece con fotoperíodos superiores a 15 horas, sembradas en marzo y octubre en la ciudad de La Plata?

- Explique la senescencia en una especie monocárpica
- ¿Qué características fisiológicas presentan las plantas durante el período juvenil?
- ¿cómo actúa el fitocromo en el fotoperiodismo?  
Explique porqué no se puede interrumpir el escotoperíodo de una especie brevidiurna
- Explique el proceso de senescencia del fruto