Colegio de
San Francisco de Paula

Tema 5. Biología vegetal

5.4 Reproducción de las plantas

Germán Tenorio
Biología NS-Diploma BI

International Baccalaureate

Idea Fundamental: Los medios biótico y abiótico influyen sobre la reproducción en las plantas con flores.

Programación

9.4 Reproducción de las plantas	
Naturaleza de las ciencias: Cambio de paradigma: más del 85% de las 250.000 especie de plantas con flores del mundo depende de los polinizadores para la reproducción. Este conocimiento ha llevado a proteger ecosistemas enteros, en lugar de especies individuales. (2.3)	
Comprensión: • La floración implica un cambio en la expresión génica en el brote apical. • El cambio al estado de floración es una respuesta a la duración de los períodos de luz y sombra en muchas plantas. • El éxito en la reproducción de las plantas depende de la polinización, la fertilización y la dispersión de semillas. • La mayoría de las plantas con flores tienen relaciones de mutualismo con polinizadores para su reproducción sexual. **Aplicaciones y habilidades:** • Aplicación: Métodos usados para inducir la floración en plantas de fotoperíodo corto fuera de temporada. • Habilidad: Dibujo de la estructura interna de las semillas. • Habilidad: Dibujo de vistas de secciones de flores polinizadas por animales. • Habilidad: Diseño de experimentos para comprobar hipótesis sobre los factores que afectan a la germinación. **Orientación:** • Los alumnos deben comprender las diferencias entre la polinización, la fertilización y la dispersión de semillas. Sin embargo, no se requiere que conozcan los detalles de cada proceso. • La floración de las denominadas “plantas de fotoperíodo corto”, tales como los crisantemos, es estimulada por las noches largas y no por los días cortos.	

Floración y expresión génica

- Cuando una semilla germina, una joven plántula desarrolla raíces, tallos y hojas. Estas estructuras vegetativas, son típicas de las plantas durante la **fase vegetativa**, que puede durar desde semanas hasta años, hasta un momento en el que la planta desarrolla flores y comienza la **fase reproductora**.

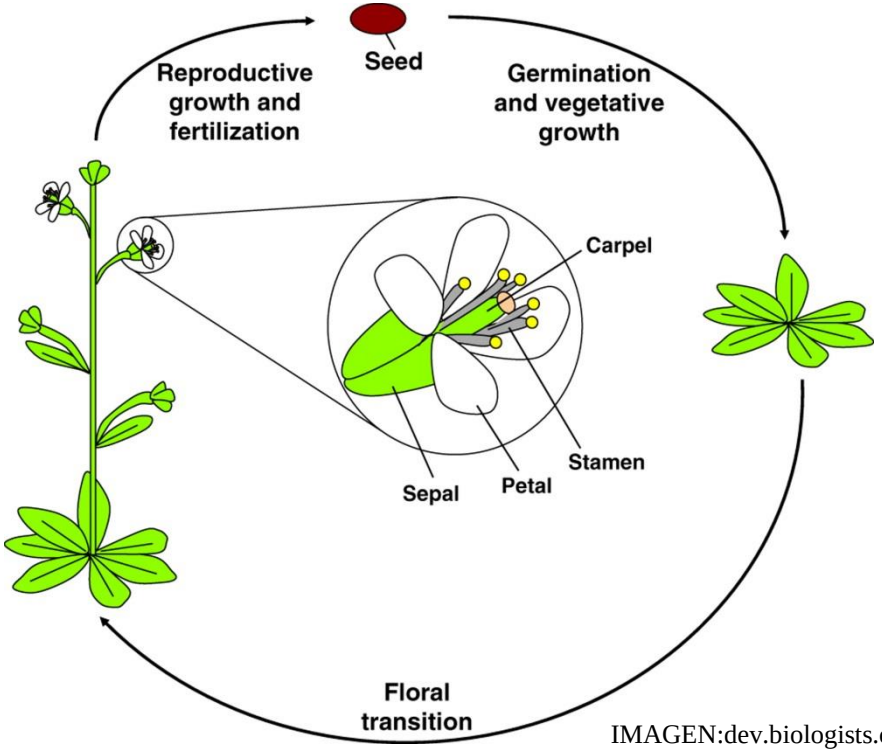


IMAGEN:dev.biologists.org

- El cambio de fase vegetativa a fase reproductora ocurre cuando los meristemos en el tallo comienzan a producir flores en lugar de hojas. Es decir, **la floración implica un cambio en la expresión génica en el brote apical**.

- Las flores son estructuras que permiten la reproducción sexual, incrementando la variabilidad genética. Son producidas por el meristemo apical del tallo (brote apical), por lo que son brotes reproductores.

Floración y expresión génica

- La temperatura puede jugar un papel en la transformación de los brotes productores de hojas en brotes productores de flores, pero es **la longitud del periodo de oscuridad el desecandenante más importante de la floración**.
- Algunas plantas, como los crisantemos (*Chrysanthemum*) se denominan **plantas de día corto**, porque florecen cuando las noches se hacen lo suficientemente largas, como en otoño.
- Otras plantas, como el beleño (*Hyoscyamus albus*) se denominan **plantas de día largo**, porque florecen en primavera-verano cuando las noches se hacen lo suficientemente cortas.
- **El cambio al estado de floración es una respuesta a la duración de los periodos de luz y oscuridad (fotoperiodo) en muchas plantas.**

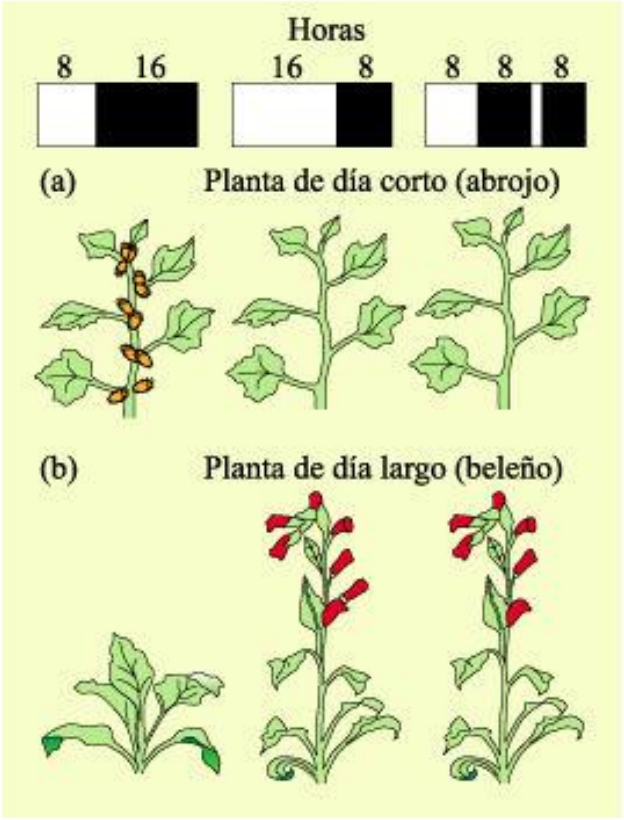


IMAGEN: iesicaria.xtec.cat

Floración y expresión génica

- La luz juega por tanto un papel en la producción de inhibidores o activadores de genes que controlan la floración.
- Así por ejemplo, en **plantas de día largo (LD)**, la forma activa de un pigmento denominado fitocromo, permite la transcripción del **gen FT** (flowering time) en la hoja.
- La proteína FT es transportada en el floema hacia el meristemo del brote apical, donde se une a factores de trancripción que permiten la activación de mucho genes implicados en la floración, transformando al meristemo apical productor de hojas en meristemo reproductivo productor de flores.

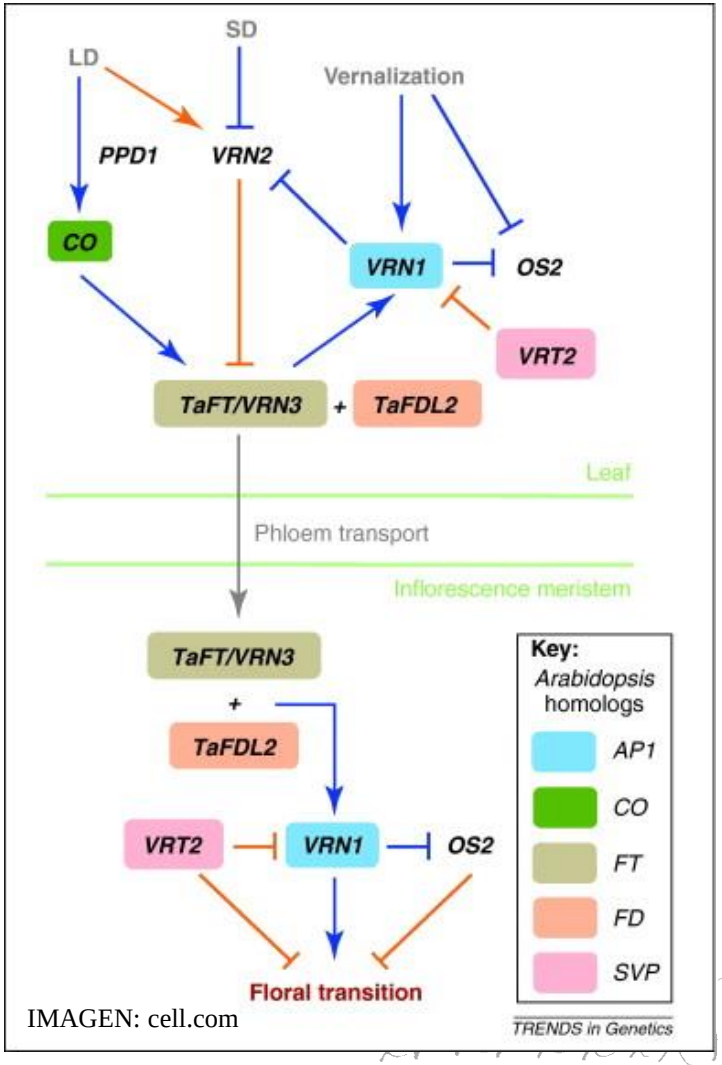
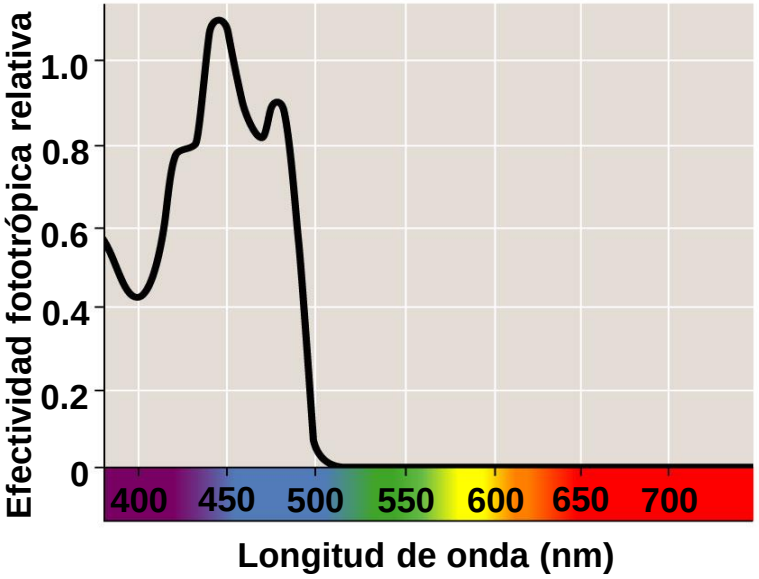


IMAGEN: cell.com

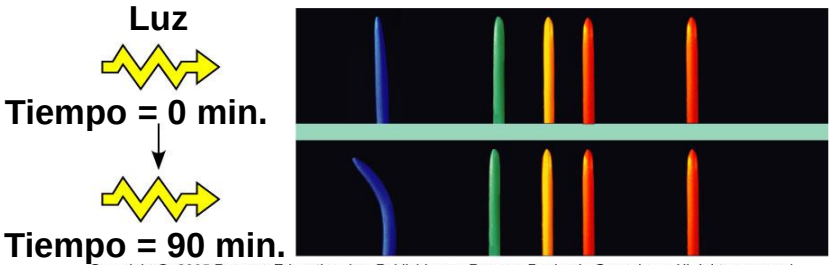
Los fitocromos

- En las plantas existen dos grupos principales de **fotorreceptores**, es decir, pigmentos vegetales con capacidad para captar la luz: las fototropinas (receptores de luz azul) y los fitocromos.
- Las fototropinas controlan diversas acciones, como el fototropismo.
- Los **fitocromos** son pigmentos de la hoja que miden la longitud de la noche.
- En la hoja se encuentra bajo dos formas fotorreversibles: **Fitocromo rojo (Pr) que absorbe luz roja** y **Fitocromo infrarrojo (Pfr) que absorbe luz infrarroja**.



P_r Se produce lentamente durante la noche.

P_{fr} Se produce rápidamente durante el día.

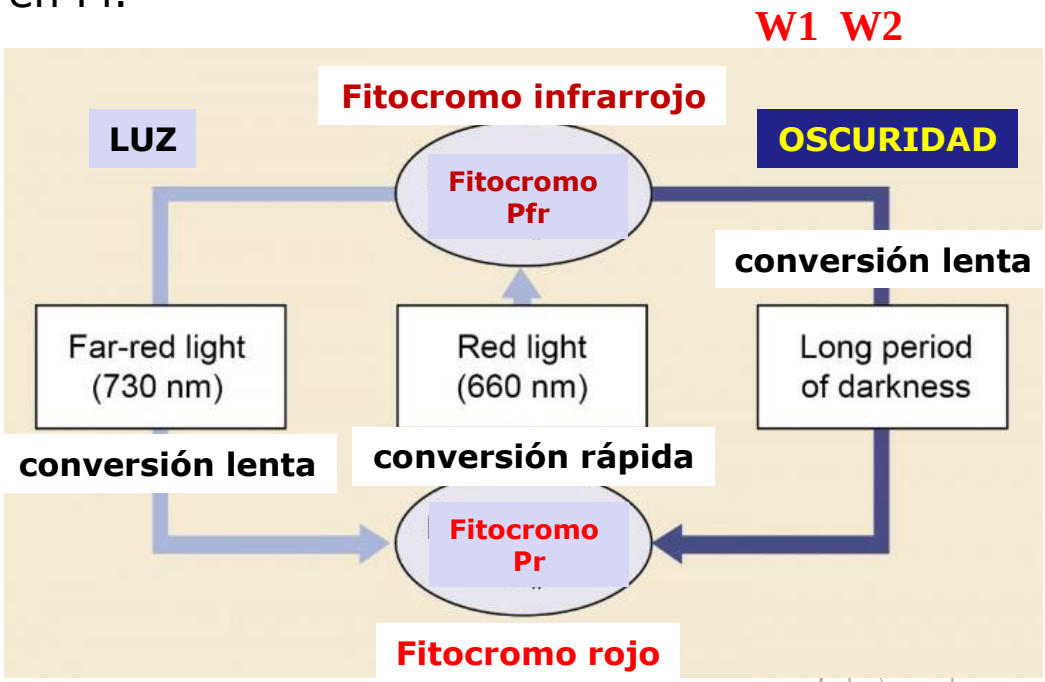


Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Los fitocromos y la floración

- Cuando Pr (fitocromo rojo) absorbe luz roja de longitud de onda 660 nm es convertido en Pfr. Y cuando Pfr absorbe luz infraroja de longitud de onda 730 nm es convertido en Pr.

- Durante el día, la forma mayoritaria es el Pfr, dado que la luz solar posee más 660 nm que 730 nm.
- Sin embargo, en oscuridad, el Pfr se convierte lentamente en Pr al ser la forma más estable.
- Cuanto mayor sea la duración de la noche, más Pfr se convierte en Pr.



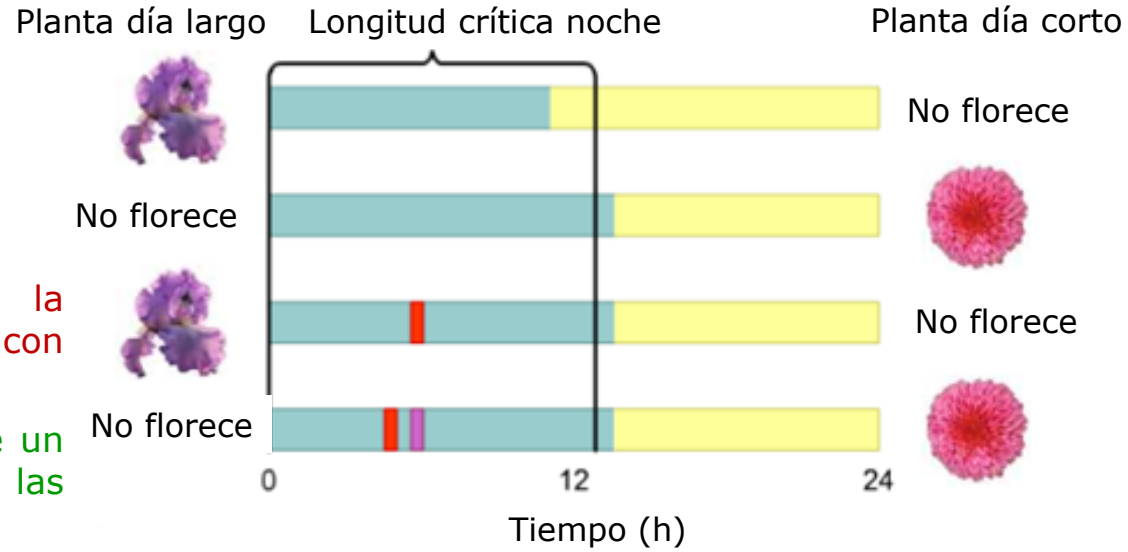
- El **Pfr es la forma activa del fitocromo**, dado que existen proteínas receptoras del mismo en el citoplasma, pero que no se unen al Pr. Por tanto, **los niveles de Pfr determinan la longitud de la noche**.

Los fitocromos y la floración

W3

Un pulso de luz roja altera la oscuridad, reseteando el reloj con efectividad.

Un pulso de luz roja seguido de un pulso de luz infrarroja retorna a las condiciones normales.



- Estos experimentos muestran que las plantas de fotoperiodo corto (SD) florecen al medir la longitud de la noche.

Colegio de
San Francisco de Paula

Los fitocromos y la floración: Verano

Planta fotoperiodo largo (LD) florece

e.g iris

Planta fotoperiodo corto (SD) NO florece

e.g chrysanthemum

florecen porque

no florecen porque

Las noches son cortas

Por lo que

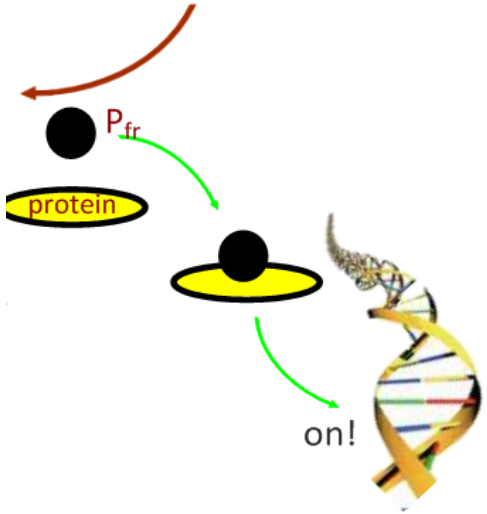
Menos Pfr se convierte en Pr

resultando en

Altos niveles Pfr

- **Pfr actúa como un promotor de la floración en plantas de fotoperiodo largo.**

- Periodos de oscuridad inferiores a una determinada longitud crítica, permiten altos niveles de Pfr al final de la misma, uniéndose al receptor, lo que promueve la transcripción de genes necesarios para la floración.



- **Pfr actúa como un inhibidor de la floración para plantas de fotoperiodo corto.**

- Periodos de oscuridad inferiores a una determinada longitud crítica, permiten altos niveles de Pfr al final de la misma, uniéndose al receptor, lo que promueve la inhibición de la transcripción de los genes necesarios para la floración.

Colegio de
San Francisco de Paula

Los fitocromos y la floración: Invierno

Planta fotoperiodo largo (LD) NO florece

e.g iris

Planta fotoperiodo corto (SD) florece

e.g chrysanthemum

No florecen porque

florecen porque

Las noches son largas

porque

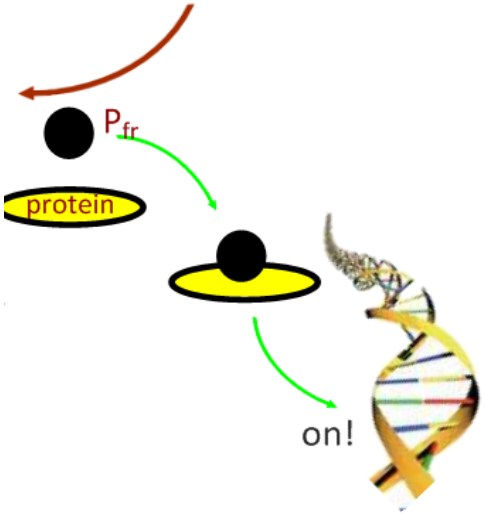
Más Pfr se convierte en Pr

resultando en

Bajos niveles Pfr

- **Pfr actúa como un promotor de la floración en plantas de fotoperiodo largo**.

- Periodos de oscuridad superiores a una determinada longitud crítica, permiten bajos niveles de Pfr al final de la misma, que son insuficientes para unirse al receptor, lo que no promueve la transcripción de los genes necesarios para la floración.



Video1

- **Pfr actúa como un inhibidor de la floración para plantas de fotoperiodo corto.**

- Periodos de oscuridad superiores a una determinada longitud crítica, permiten bajos niveles de Pfr al final de la misma, insuficientes para unirse al receptor que promueve la inhibición de la transcripción de los genes necesarios para la floración, por lo que se transcribirán y la planta florecerá.

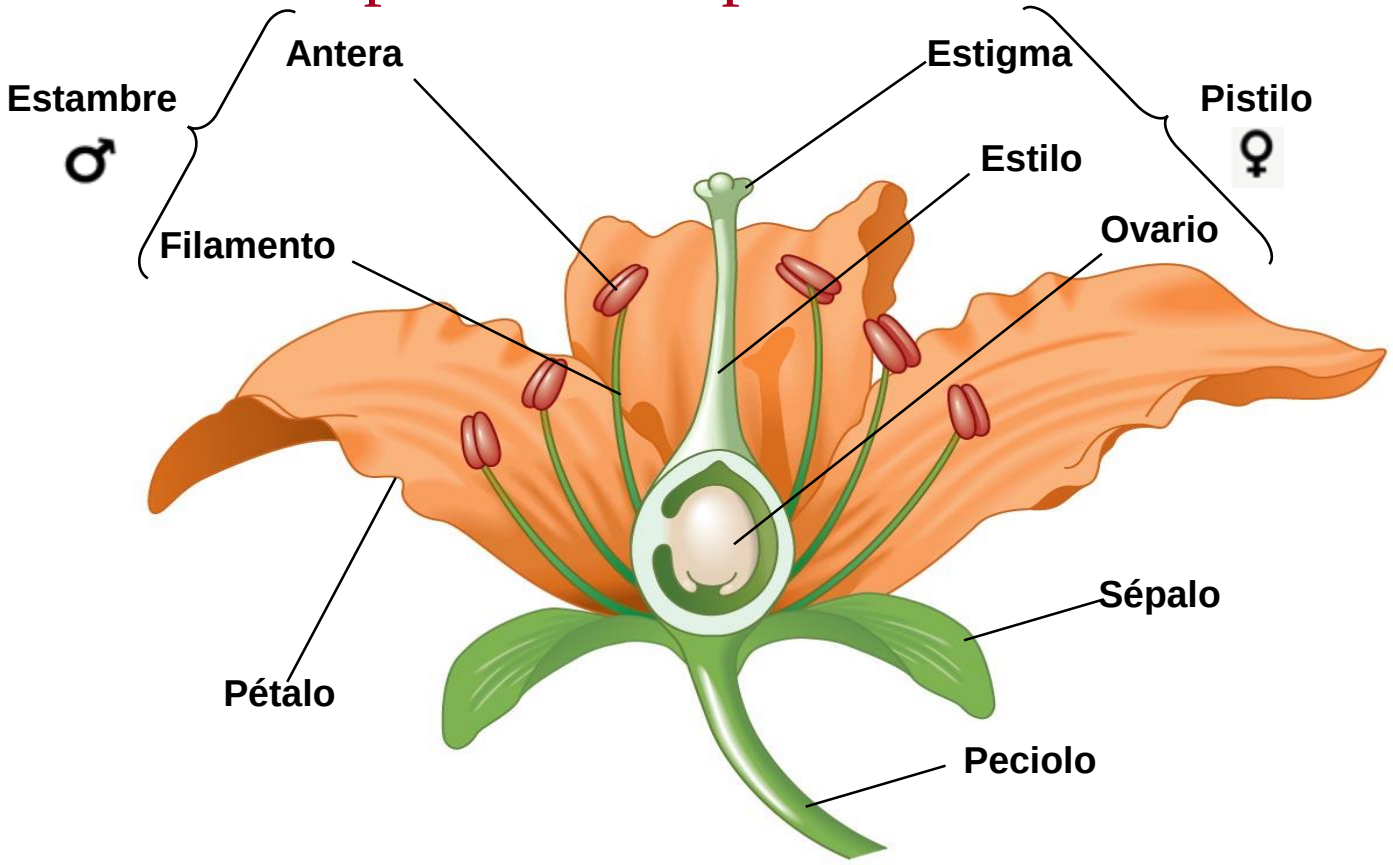
APLICACIÓN: Métodos usados para inducir la floración en plantas fotoperiodo corto SD

- Forzar la floración es un proceso que se realiza cuando se quiere que las plantas florezcan fuera de temporada o en un momento determinado, como puede ser durante las vacaciones.
- Los cultivadores de plantas manipulan la longitud de periodo de luz y oscuridad (fotoperiodo) para forzar la floración de las plantas.
- El tulipán de Siam (*Curcuma alismatifolia*) florece estacionalmente durante las estaciones de lluvia, cuando las condiciones de luz-oscuridad son las adecuadas.
- Proporcionarle luz adicional en mitad de la noche, con la suficiente humedad y nutrientes, permite su floración fuera de temporada.

IMAGEN: flirtyfleurs.com

Colegio de
San Francisco de Paula

HABILIDAD: Dibujo de vistas de secciones de flores polinizadas por animales



Flor idealizada

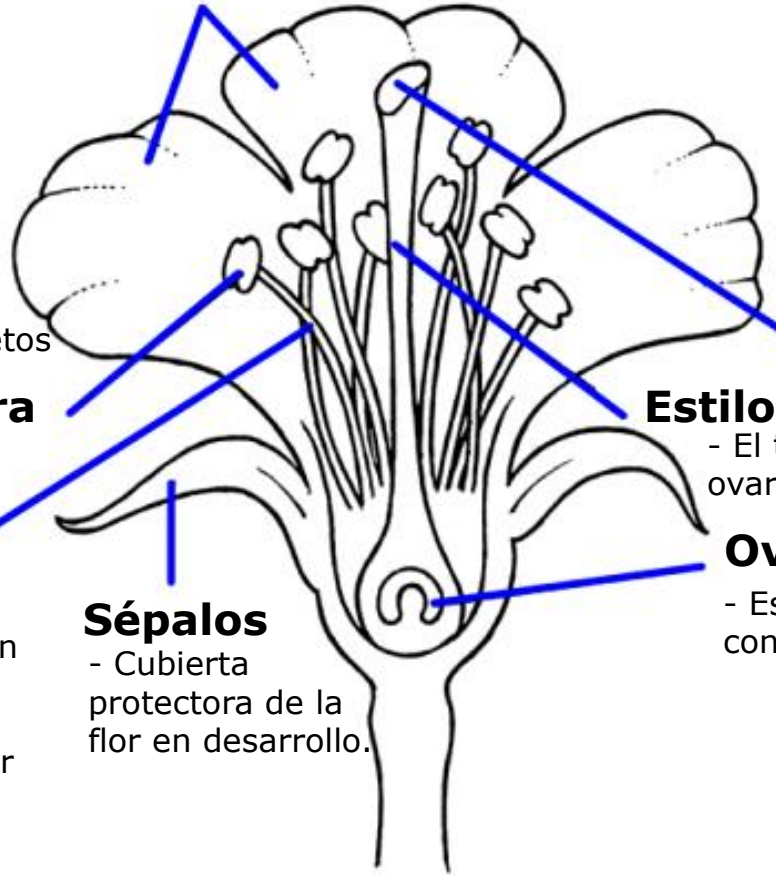
Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Colegio de
San Francisco de Paula

HABILIDAD: Dibujo de vistas de secciones de flores polinizadas por animales

Pétalos

- Atracción de polinizadores (insectos y pequeñas aves) al ser grandes y coloridos.



W4

- Lugar pegajoso para capturar el polen de los insectos visitantes.

Estigma

- Produce el polen, conteniendo los gametos masculinos.

Antera

Estilo

- El tubo polínico crece desde el estigma al ovario a lo largo del estilo.

Filamento

- Mantiene la antera en una posición donde es más probable que el polen sea "barrido" por los insectos visitantes.

Ovario

- Estructura redondeada que contiene los óvulos.

Sépalos

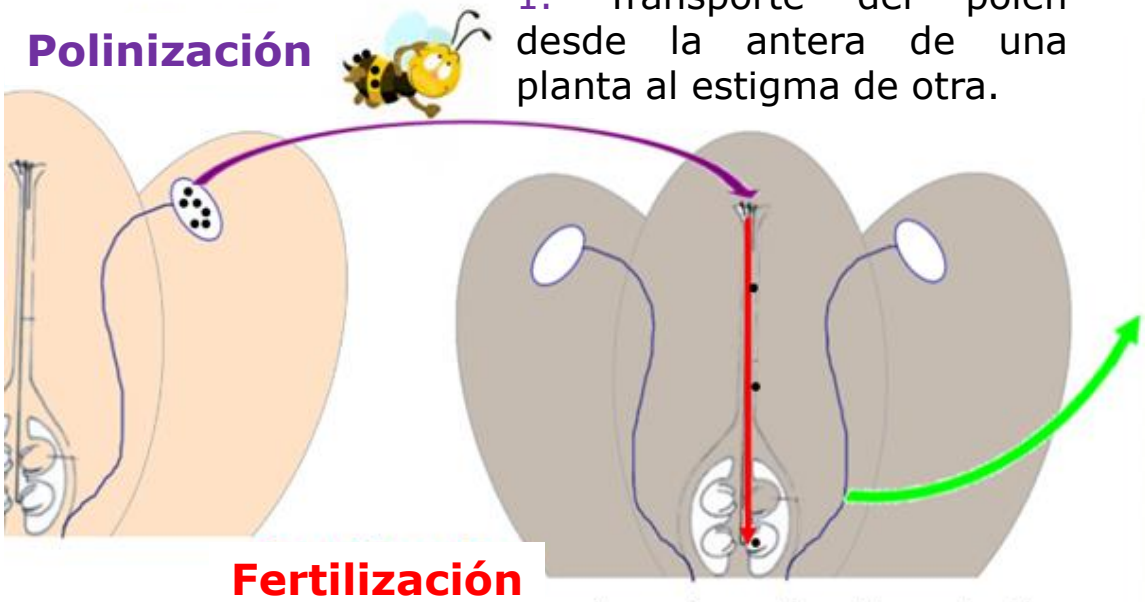
- Cubierta protectora de la flor en desarrollo.

Polinización, fertilización y dispersión de las semillas

- **El éxito en la reproducción de las plantas depende de la polinización, la fertilización y la dispersión de semillas.**

Polinización

1. Transporte del polen desde la antera de una planta al estigma de otra.



Fertilización

2. Fusión de los núcleos de los gametos masculinos (contenido en el grano de polen) y femeninos para formar el cigoto. Para ello, el tubo polínico crece hacia abajo desde el estigma hacia el ovario, a través del estilo, y dos espermas son liberados al ovario, donde ocurre la fertilización.

Diseminación

3. Dispersión de las semillas (óvulo fertilizado) con objeto de no competir por los recursos.

Mutualismo entre flores y polinizadores

- La reproducción sexual en las plantas con flores depende de la transferencia de polen de un estambre al estigma de otra planta.
- Esta transferencia de polen entre plantas es llevada a cabo siguiendo diferentes estrategias, desde el viento (polinización anemófila), el agua (polinización hidrófila) o los animales (polinización zoófila).
- Ejemplos de **animales polinizadores** son los pájaros, murciélagos e insectos, como las mariposas y las abejas.
- **La mayoría de plantas con flores tienen relaciones de mutualismo con polinizadores para su reproducción sexual.**
- Ambos salen beneficiados de la relación, ya que los polinizadores obtienen alimento en forma de néctar, y las plantas una forma de transferir el polen a otra planta.

Video2

IMAGEN: laapicultura.webcindario.com

NATURALEZA CIENCIAS: Preservación de hábitats

- Tradicionalmente las políticas de conservación de la biodiversidad se centraban en la protección de poblaciones o especies concretas. Sin embargo, la estrecha asociación entre tales organismos, como los polinizadores y las plantas con flores, sugiere que son los ecosistemas y los procesos biológicos los que deben ser protegidos.

- Más del 85% de las 250.000 especies de plantas con flores del mundo **dependen de los polinizadores** para la reproducción.
- Este conocimiento ha llevado a proteger ecosistemas enteros, en lugar de especies individuales, como se venía haciendo hasta el momento, constituyendo un **cambio de paradigma**.

IMAGEN: flores.culturamix.com

NATURALEZA CIENCIAS: Preservación de hábitats

- El cactus *Carnegiea gigantea* es una pieza clave del desierto de Sonora, al proporcionar sitios para posarse y para anidar de diferentes aves, como el halcón de cola roja, y cavidades para anidar para el carpintero de California o el búho enano.

IMAGEN: freelybelle.com

IMAGEN: sdakotabirds.com

IMAGEN: windling.typepad.com

- Una vez que el fruto de este cactus madura, el murciélago hocicudo (*Leptonycteris yerbabuenae*) y otras aves, consumen el fruto y dispersan las semillas, que pasa intacta a través de sus intestinos.

NATURALEZA CIENCIAS: Preservación de hábitats

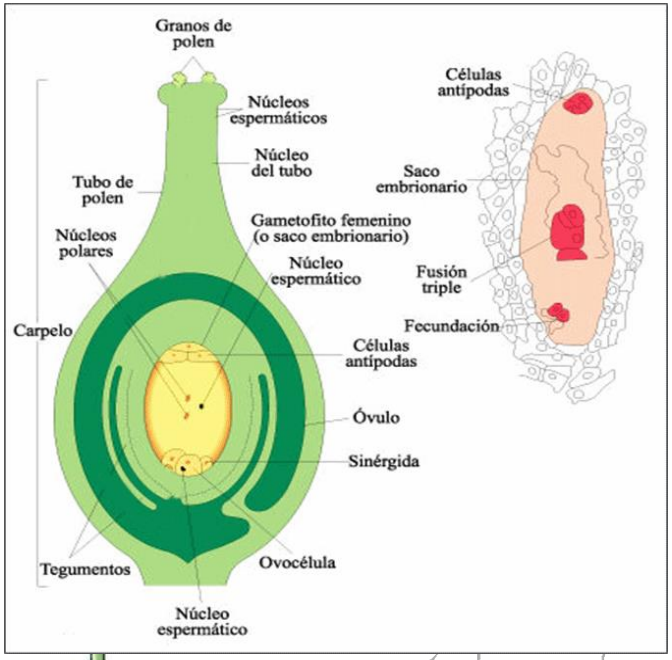
- Las flores de este cactus solo se abren durante una noche cada año, atrayendo a los murciélagos hocicudos hacia el néctar, cubriendo sus cabezas de polen que es dispersado de unas flores a otras a medida que transcurre la noche.

Video3

- Este murciélago se encuentra dentro del listado de especies amenazadas. Además, especies invasivas de pasto introducidas por el hombre, han amenazado el ciclo de vida del cactus.
- La supervivencia de tanto el murciélago como de su fuente de alimento está amenazada por la pérdida de hábitats. Asegurar el futuro del desierto de Sonora pasa por proteger el papel que juega el cactus y el murciélago en dicho ecosistema.

Reproducción en angiospermas: Fertilización

- Tras la polinización, el siguiente proceso en la reproducción de las plantas es la **fertilización**.
- De cada grano de polen depositado en el estigma, crece un tubo polínico a lo largo del estilo hasta el ovario, donde se encuentran los gametos femeninos en el interior de una pequeña estructura redondeada denominado óvulo.



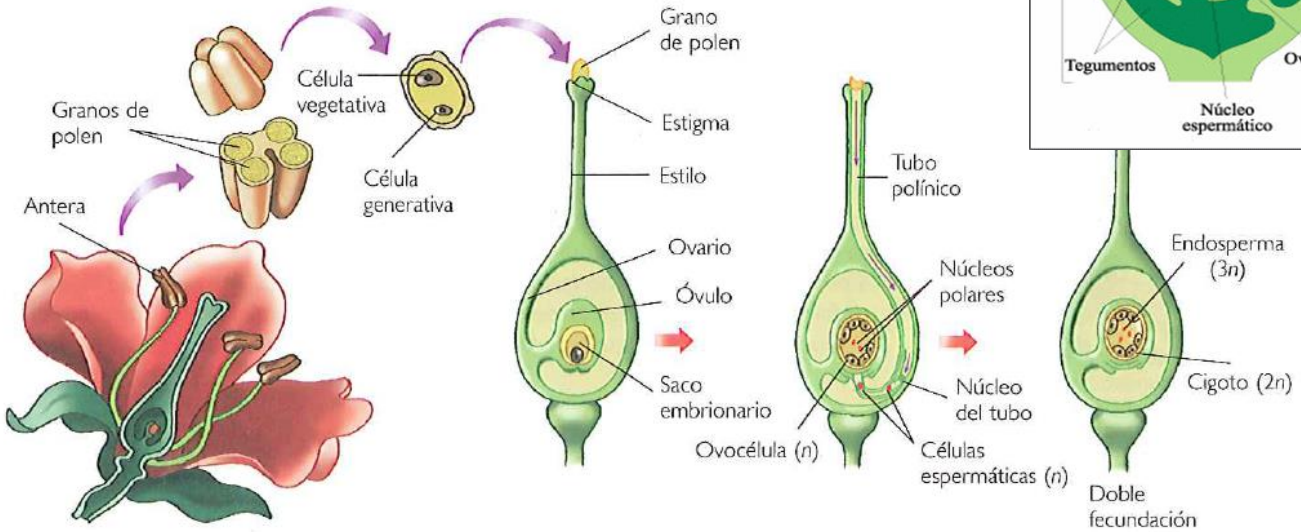
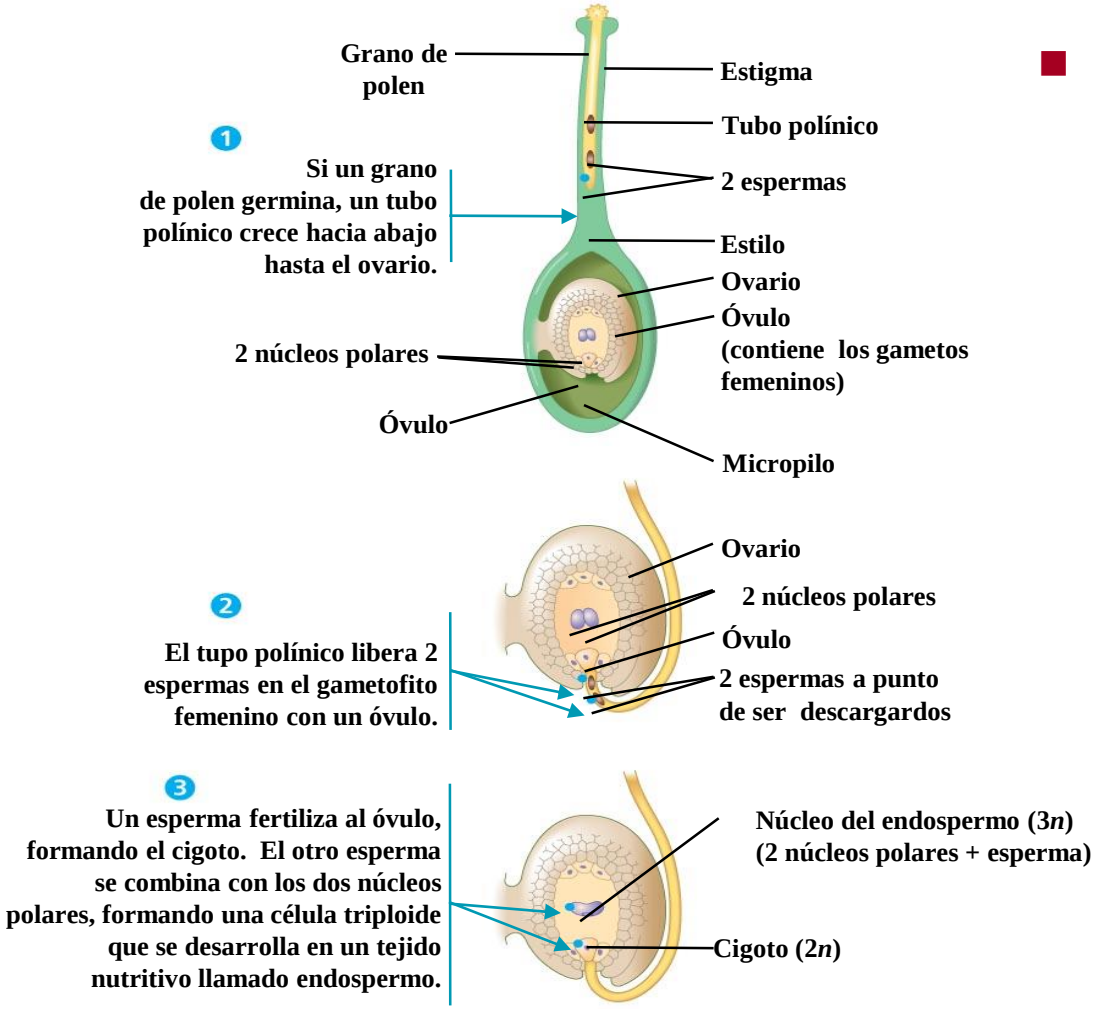


IMAGEN: 1.bp.blogspot.com

IMAGEN: efn.uncor.edu

Colegio de
San Francisco de Paula

Reproducción en angiospermas: Fertilización



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

- La fertilización en plantas se denomina **doble**, dado que uno de los gametos masculino se fusiona con el único gameto femenino, produciendo el cigoto, mientras que el otro se fusiona con los dos núcleos polares de la meiosis produciendo el endospermo, un tejido nutritivo para para germinación de la semilla.

Reproducción en angiospermas: Fertilización

- El óvulo fecundado se transformará en **semilla**, mientras que el ovario se transformará en un **fruto**.

Animación1
Actividad1

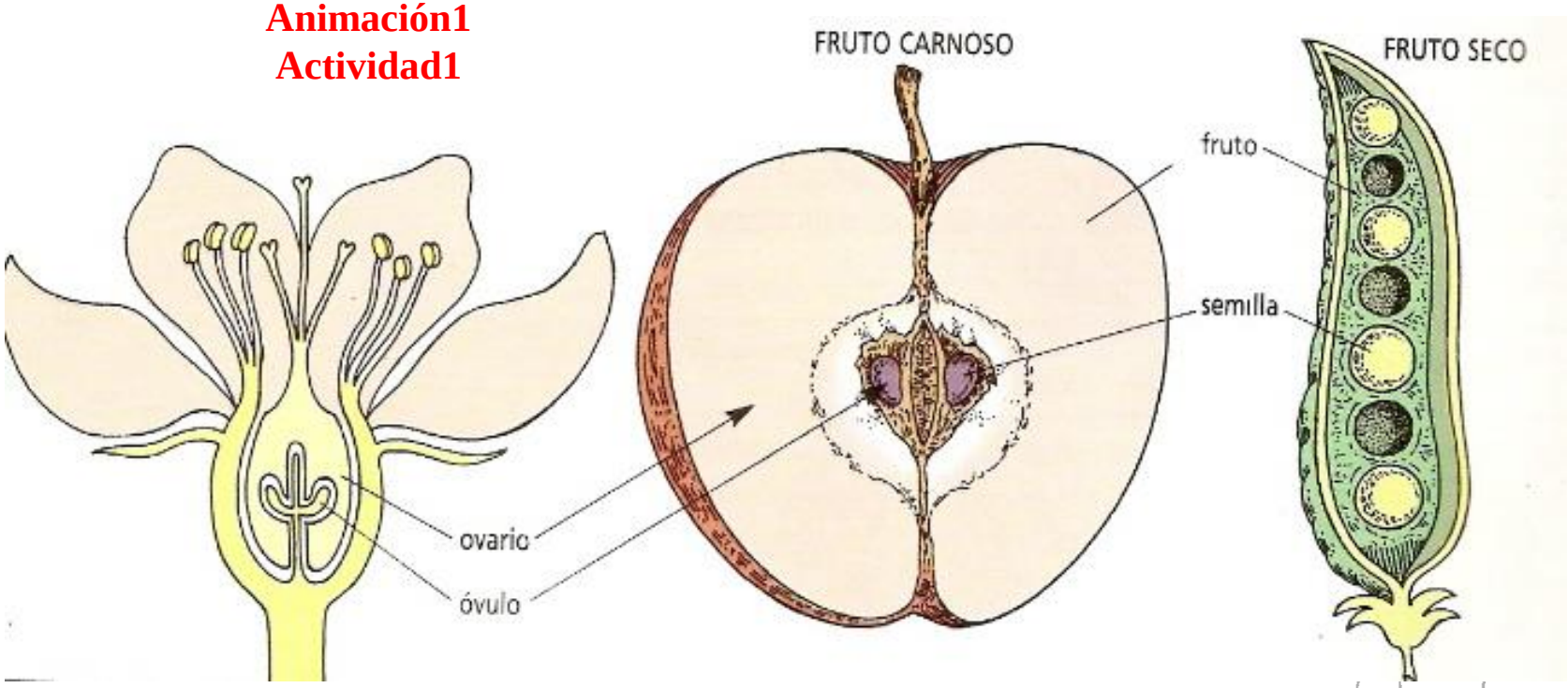
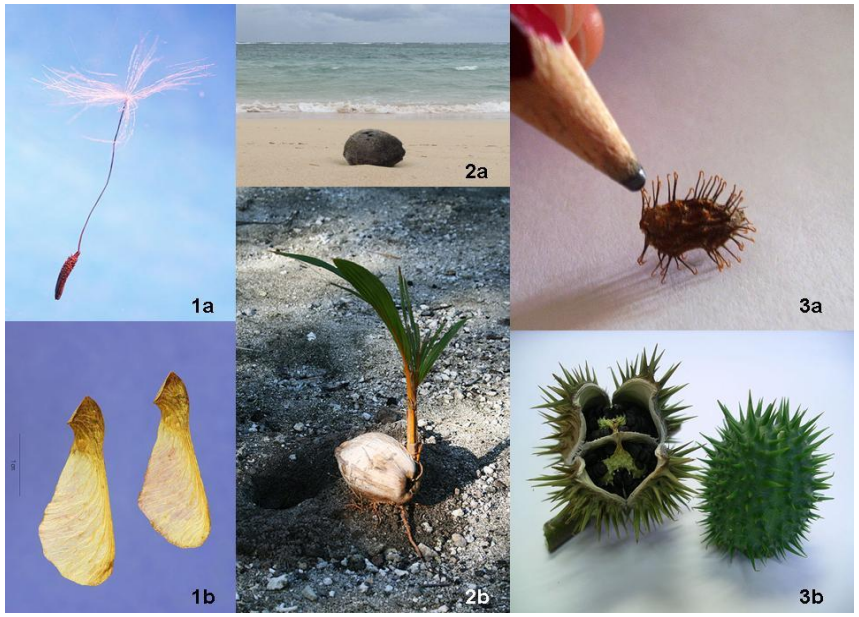


IMAGEN: aplicaciones.info

Reproducción en angiospermas: Diseminación

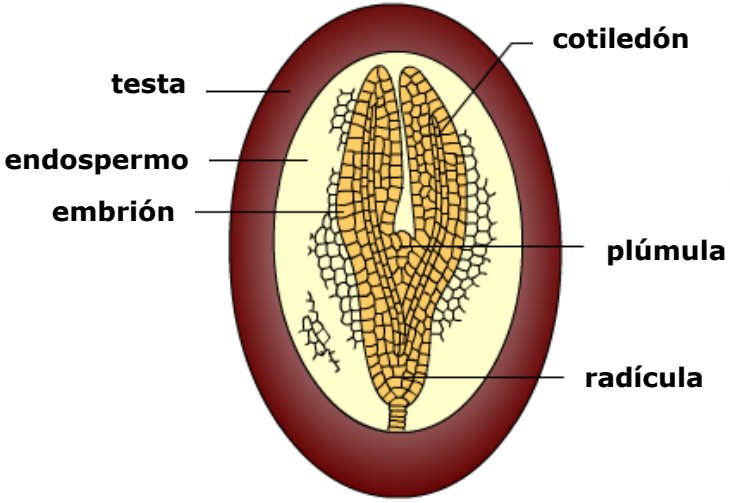
- Aunque las semillas no pueden moverse por si solas, son capaces de recorrer grandes distancias. Las plantas han desarrollado varios mecanismos para la **diseminación de sus semillas**, de manera que las nuevas plantas puedan establecerse a cierta distancia de sus parentales para **evitar la competencia por los recursos**.
- El tipo de dispersión de la semilla depende de la estructura del fruto.

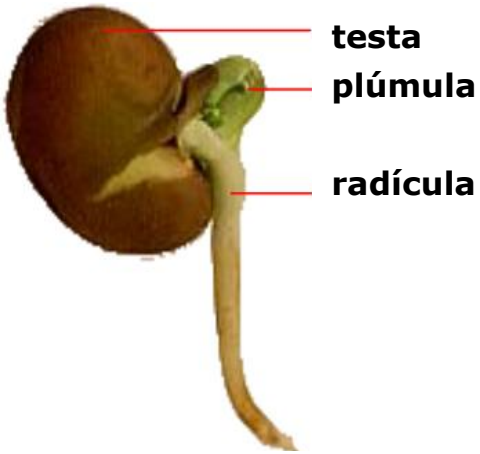


- Algunas presentan expansiones laminares para ser transportadas por el viento, otras lejos de la planta madre (1a y 1b). Otras semillas se pegan al cuerpo de los animales, enganchados al pelo de mamíferos (3a y 3b). Otras semillas se encuentran dentro de llamativos y sabrosos frutos carnosos, para ser ingeridos por los animales. También los hay en frutos que flotan para ser arrastrados por la corrientes a lugares más lejano, como los cocos (2a y 2b).

Estructura de las semillas

- Una semilla (óvulo fecundado) es una estructura recubierta por una cubierta protectora denominada **testa** y en cuyo interior se encuentra el **embrión** de la planta junto con una reserva de alimento, el **endospermo**.
- El embrión de la planta consiste de una **raíz embrionaria o radícula**, un **tallo embrionario o plúmula** y una (monocotiledóneas) o dos (dicotiledóneas) **hojas embrionarias o cotiledones**.

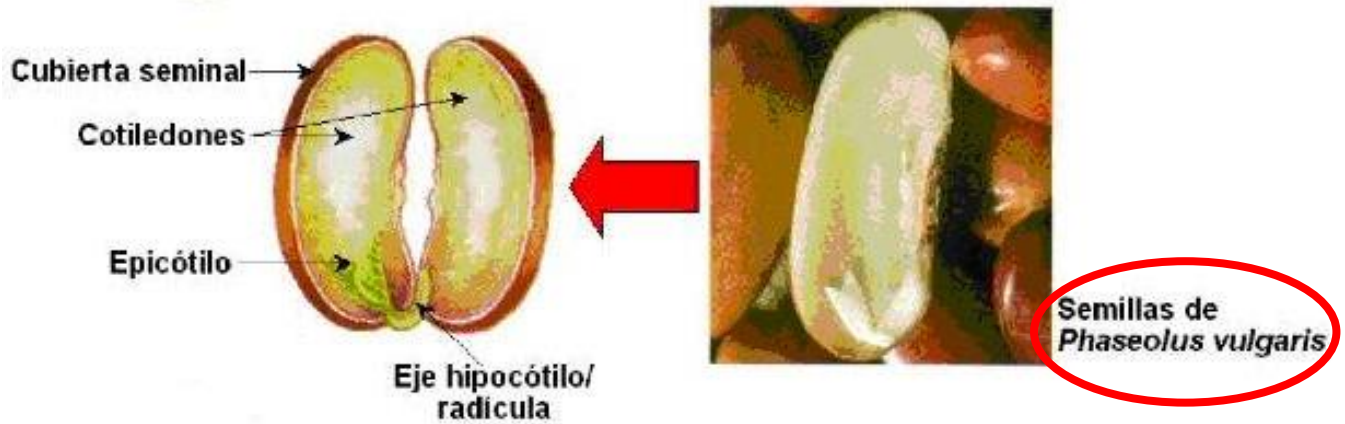


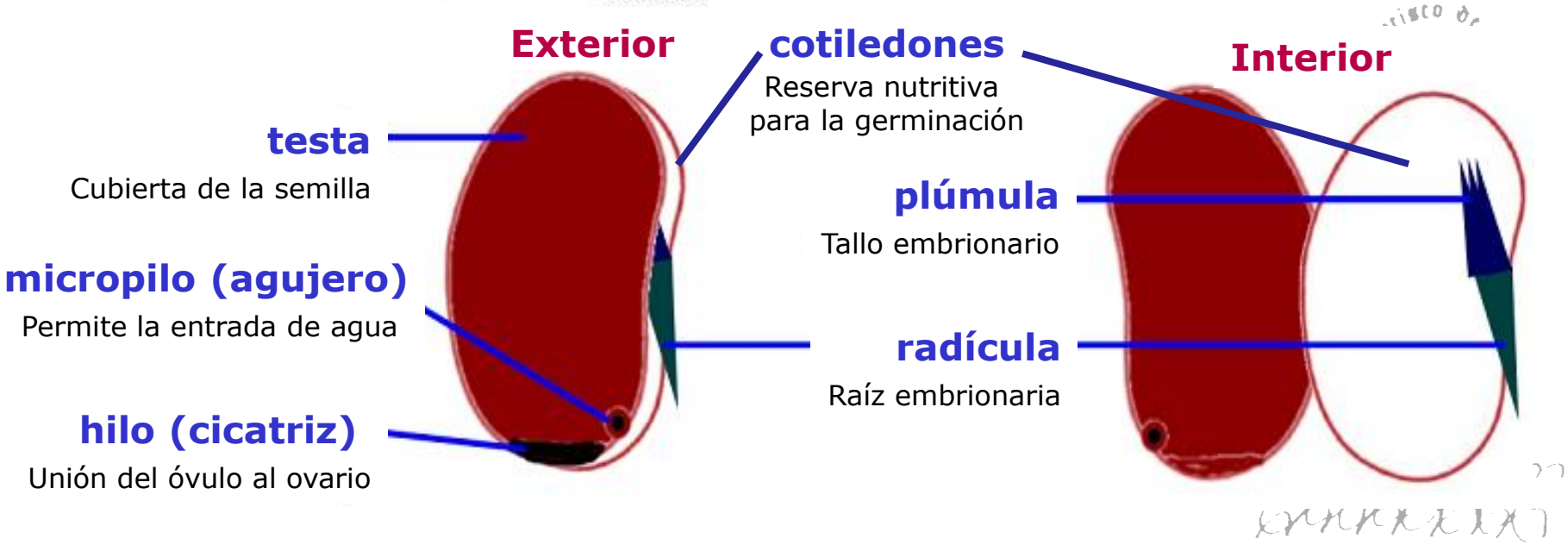


- La testa tiene un pequeño agujero, el **micropilo**, localizado junto a una cicatriz, el **hilo**, por el que el óvulo se unía al ovario.
- Los cotiledones en muchas plantas contienen reservas de alimentos. En otras plantas, dichas reservas de nutrientes se encuentran en un tejido especial denominado **endospermo**.

Colegio de
San Francisco de Paula

HABILIDAD: Dibujo estructura de las semillas





Factores que influyen en la germinación

- Algunas semillas no germinan inmediatamente, ni incluso cuando tienen las condiciones requeridas, proceso denominado **dormancia**.
- Todas las semillas necesitan **agua** para germinar:

  - Muchas son secas y necesitan agua para rehidratar sus células.

  - Otras contienen una hormona que inhibe la germinación, por lo que el agua es necesaria para "lavar" la semilla.

  - La germinación implica el crecimiento de la raíz y tallo embrionarios, por lo que también necesitan agua.

IMAGEN: bioversityinternational.org

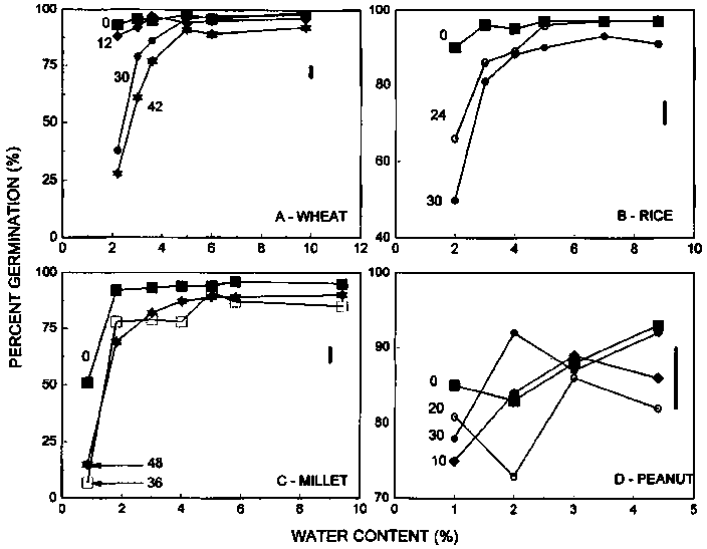
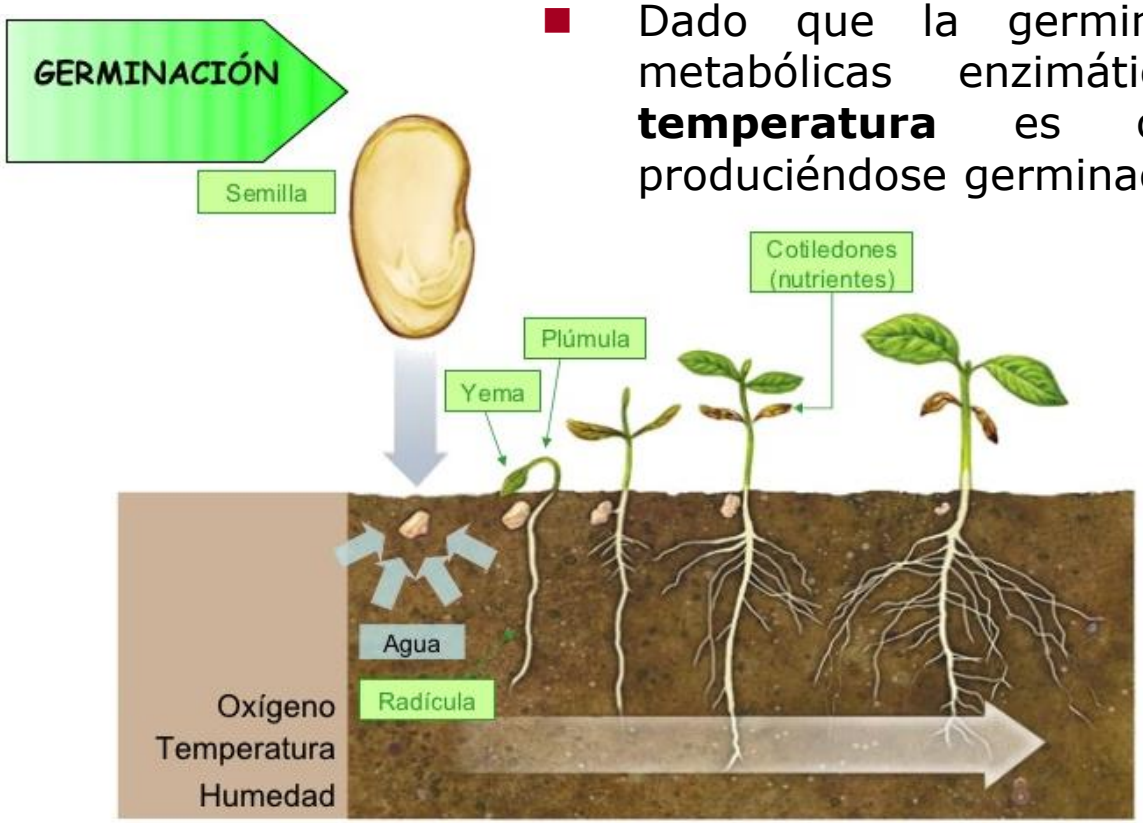


IMAGEN: agronotas.es

Factores que influyen en la germinación

- La tasa metabólica de una semilla deshidratada y durmiente es cercana a cero, pero después de la absorción de agua, se activa el metabolismo para la producción de energía mediante respiración celular, por lo que otro requerimiento para la germinación es el **aporte de oxígeno**.

- Dado que la germinación implica reacciones metabólicas enzimáticamente catalizadas, la **temperatura** es otro requerimiento, no produciéndose germinación a bajas temperaturas.



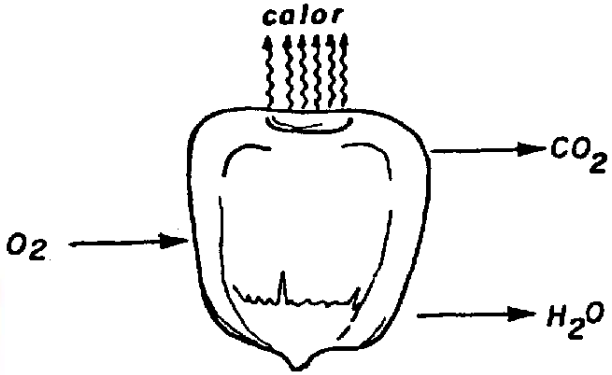
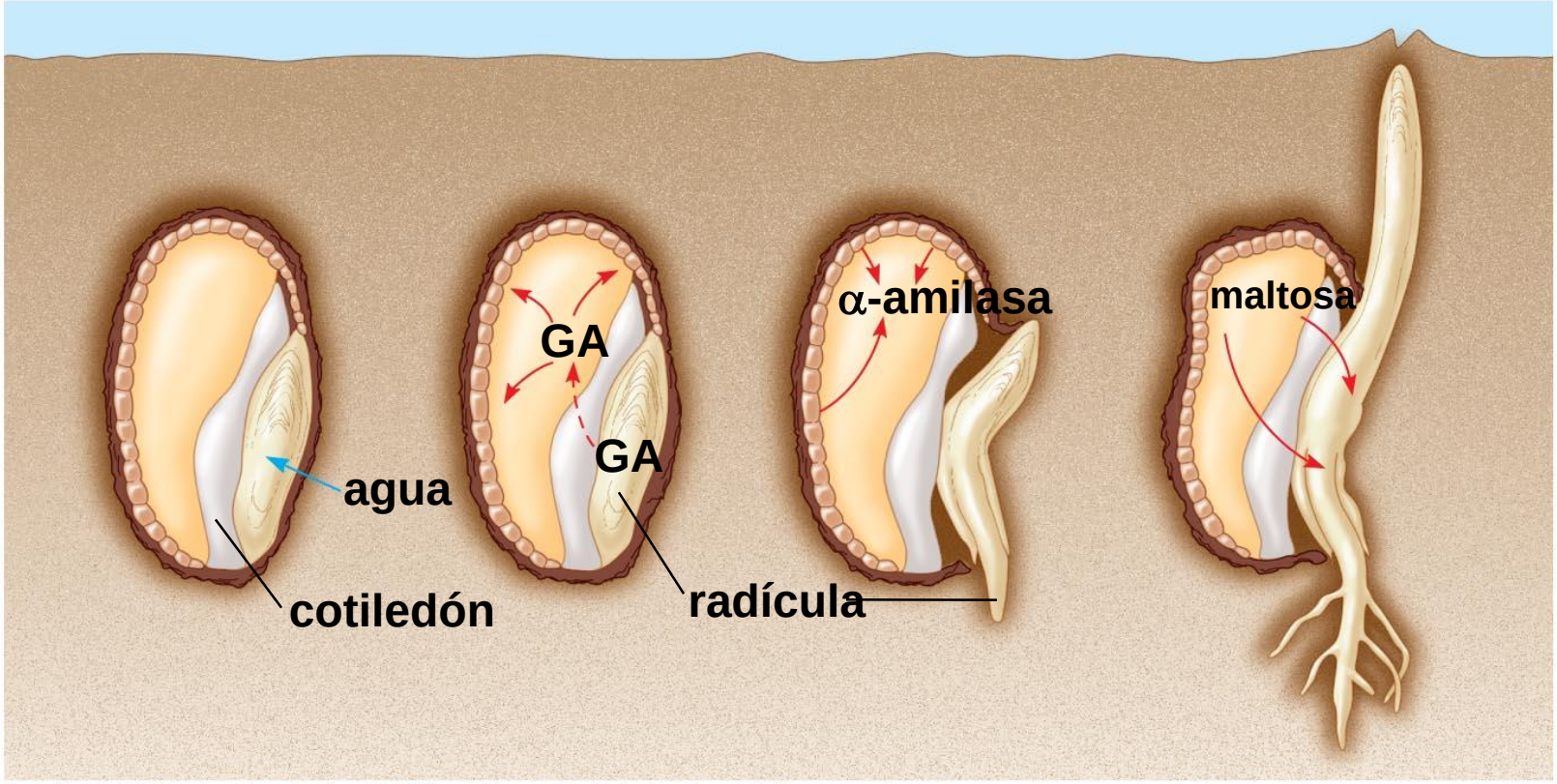


IMAGEN: fao.org

IMAGEN: image.slidesharecdn.com

Factores que influyen en la germinación

- Otro proceso metabólico que ocurre al comienzo de la germinación es la síntesis de **giberelina**, una hormona vegetal que estimula la mitosis y la división celular del embrión.



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Factores que influyen en la germinación

- En semillas con almidón (polisacárido insoluble), la hormona giberelina también estimula la producción de la enzima amilasa, que hidroliza el almidón generando disacáridos de maltosa.
- La maltosa dará lugar a glucosa o sacarosa por otras enzimas, moléculas solubles, que son absorbidas por la raíz y tallo embrionarios.
- Además de aminoácidos y otros nutrientes que incorpora en elmbrión, la glucosa o sacarosa son necesarios para la obtención de energía para el crecimiento mediante respiración celular.

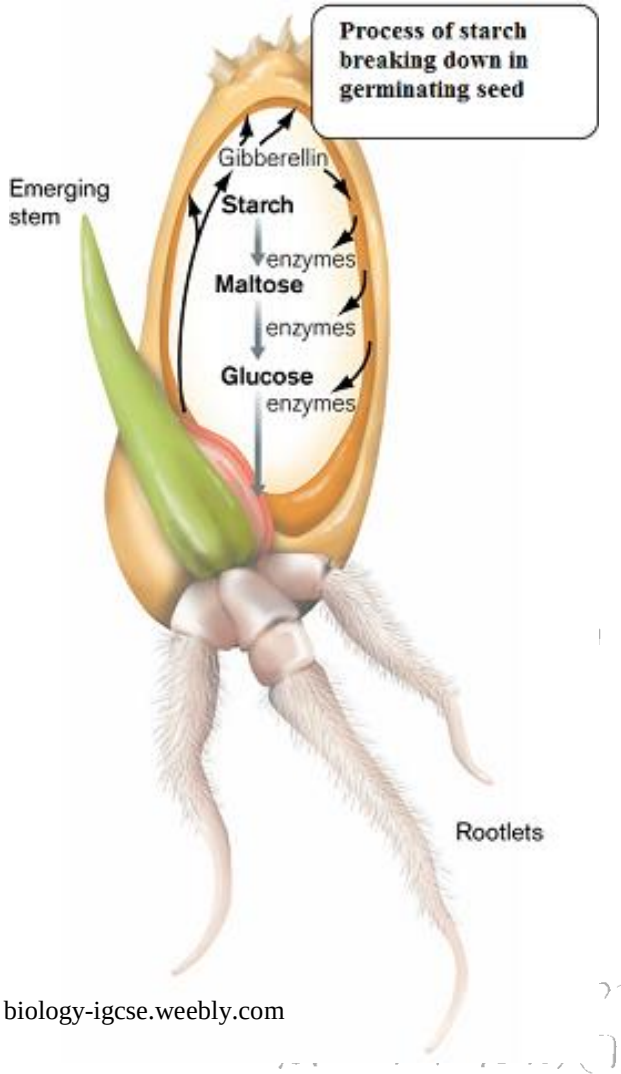
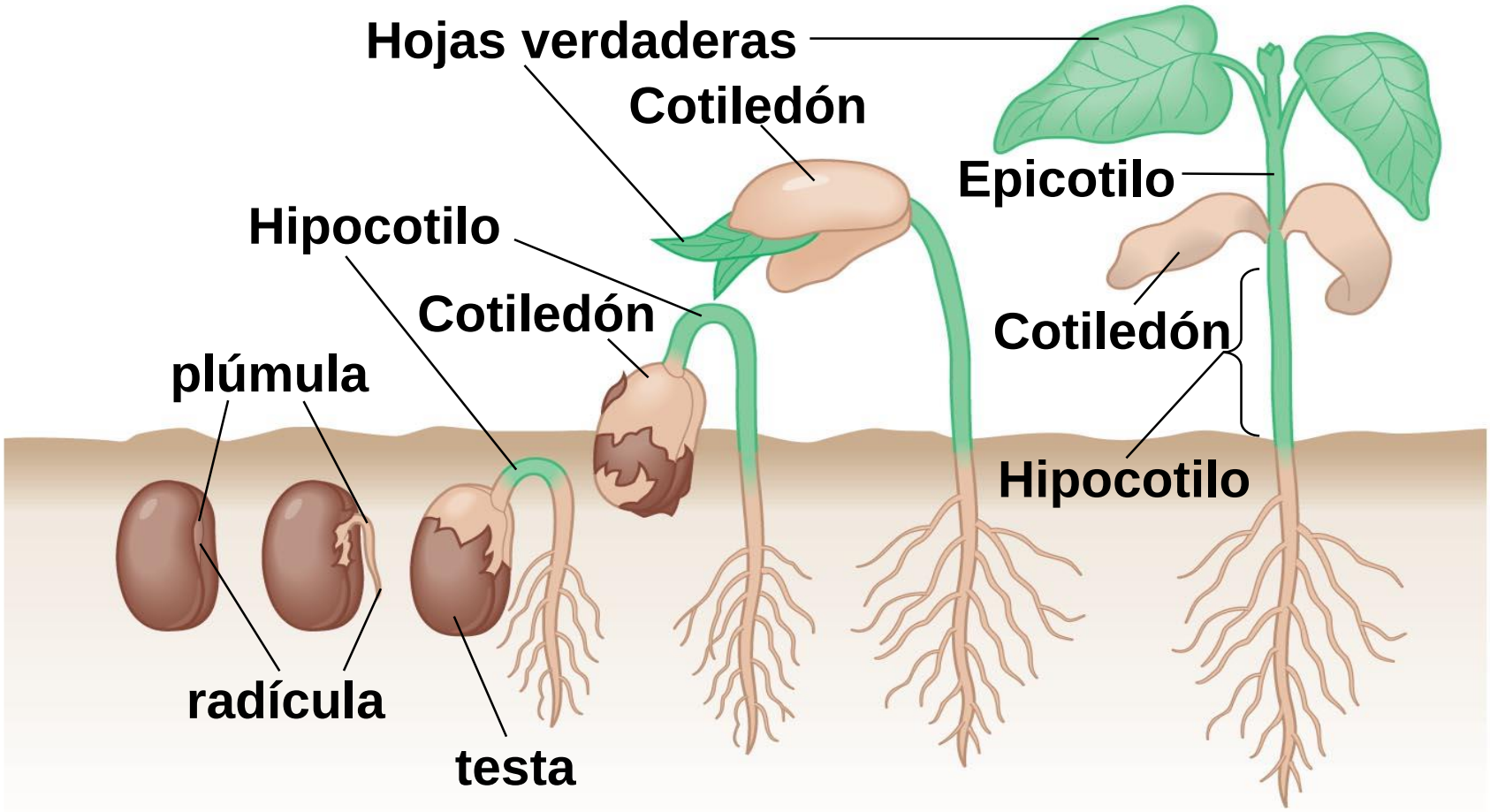


IMAGEN: biology-igcse.weebly.com

Germinación



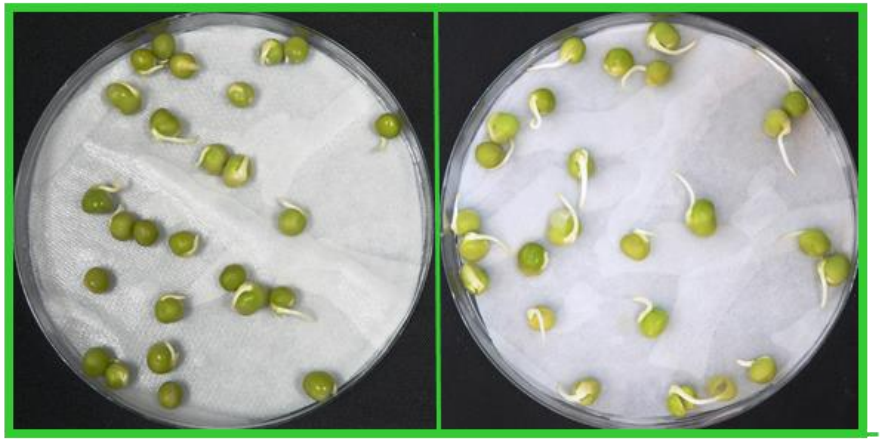
Video4

(a) Alubia

Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

HABILIDAD: Diseño investigación factores germinación

- Algunas recomendaciones que se deben tener en cuenta al diseñar este tipo de experimentos científicos:
- Si tu **variable dependiente** es la tasa de germinación, ¿cómo la medirías? ¿qué instrumento utilizarías?
- ¿Qué factor investigarías como **variable indepediente**? ¿Cómo la manipularías?
- ¿Qué otros factores mantendrías constantes para asegurarte de que no interfieren en el que estás investigando?
- ¿Qué tipo de semilla utilizarías?



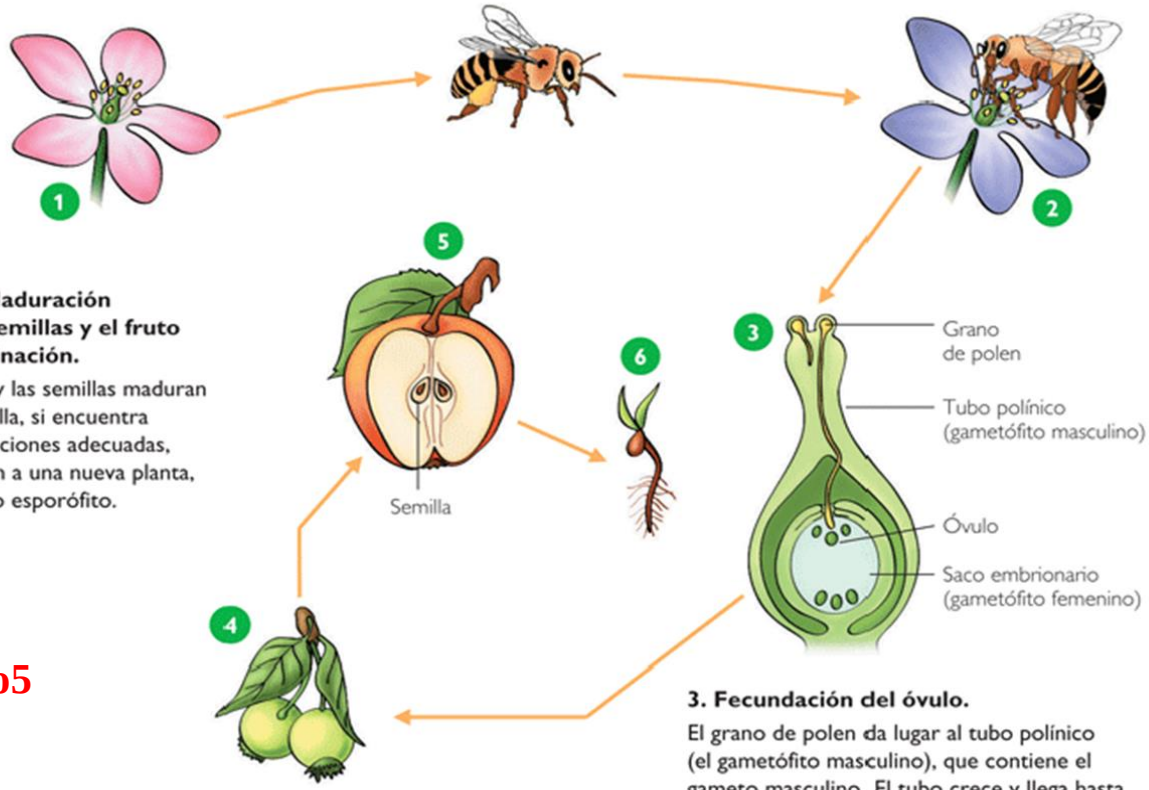
Efecto del agua oxigenada sobre la germinación de semillas de guisante.

- ¿Cuántas mediciones o trials llevarías a cabo para obtener un valor medio?
- ¿Qué tipo de test significación estadística podrías llevar a cabo?

Resumen reproducción plantas con flores

1. Producción del polen.
La flor produce granos de polen (esporas masculinas) en las anteras.

2. Polinización.
Los insectos transportan el polen hasta el gineceo de otra flor.



5 y 6. Maduración de las semillas y el fruto y germinación.
El fruto y las semillas maduran y la semilla, si encuentra las condiciones adecuadas, da origen a una nueva planta, un nuevo esporófito.

Video5

3. Fecundación del óvulo.
El grano de polen da lugar al tubo polínico (el gametófito masculino), que contiene el gameto masculino. El tubo crece y llega hasta el interior del óvulo, donde se encuentra el gametófito femenino o saco embrionario. El gameto masculino fecunda la oosfera, el gameto femenino.

4. Formación de las semillas y el fruto.
El óvulo fecundado se transforma en la semilla, que lleva un embrión en su interior. A su vez, el ovario se transforma en el fruto.