

9. BIOLOGÍA VEGETAL (13 horas)

Presentación realizada a partir de la creada por Aureliano Fernández (IES Martínez Montañes de Sevilla)
<https://sites.google.com/site/iesmmibiologia/>

*IES Santa Clara.
1ºBACHILLER
Dpto Biología y Geología.
<https://biologiageologiaiessantaclarabelenruiz.wordpress.com/bachillerato-internacional/biologia-nivel-superior/>*

CONTENIDOS

9.1. TRANSPORTE EN EL XILEMA DE LAS PLANTAS.

9.2. TRANSPORTE EN EL FLOEMA DE LAS PLANTAS.

9.3. CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.

9.4. REPRODUCCIÓN EN LAS PLANTAS.

9.4. REPRODUCCIÓN DE LAS PLANTAS.



*IES Santa Clara.
1ºBACHILLER*

Dpto Biología y Geología.

<https://biologiageologiaiessantaclarabelenruiz.wordpress.com/bachillerato-internacional/biologia-nivel-superior/>

9.4. Reproducción de las plantas.



Naturaleza de las ciencias

Cambio de paradigma: más del 85% de las 250.000 especies 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

- Métodos usados para inducir la floración en plantas de fotoperíodo corto fuera de temporada.



Habilidades

- Dibujo de la estructura interna de las semillas.
- Dibujo de vistas de secciones de flores polinizadas por animales.
- Diseño de experimentos para comprobar hipótesis sobre los factores que afectan a la germinación.

Orientación:

- 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.

Utilización:

- En el año 2005 la universidad alemana de Göttingen llevó a cabo una exhaustiva revisión de los estudios científicos de 200 países sobre los 115 cultivos globales más importantes. En dicha investigación se determinó que 87 de las plantas de cultivo dependen en cierto grado de la polinización animal, incluidas las abejas. Ello supone un tercio de la producción global de todos los cultivos.



1. Floración y expresión génica.

Término clave

La floración implica un cambio en la expresión génica en el brote apical.

Cuando una semilla germina, se forma una planta joven que desarrolla raíces, tallos y hojas. A estos se les llama **estructuras vegetativas** y se dice que la planta está en la **fase vegetativa**. Esta fase puede durar semanas, meses o años, hasta que un desencadenante hace que la planta pase a la **fase reproductiva** y produzca flores. *El cambio de la fase vegetativa a la fase reproductiva ocurre cuando los meristemos en el tallo comienzan a producir partes de flores en lugar de hojas.*

Las **flores** son estructuras que permiten la reproducción sexual y aumentan así la variedad. *Son producidas por el meristemo en el brote apical y, por tanto, son un brote reproductivo.*

La transformación de un brote productor de hojas en un brote productor de flores se debe a:

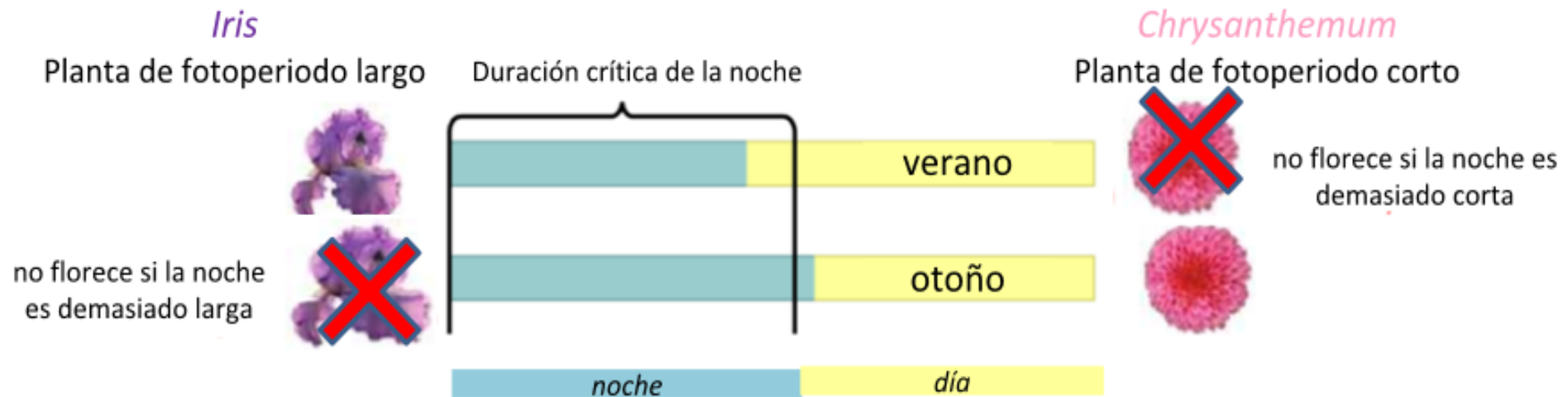
- puede contribuir la **temperatura**.
- pero la duración del día o, más concretamente, la **duración del período de oscuridad** es el desencadenante principal.



*La flor de Pascua (*Euphorbia pulcherrima*), se clasifican como plantas de fotoperiodo corto porque florecen cuando el período de oscuridad sobrepasa una duración determinada, por ejemplo en el otoño*



*El trébol violeta (*Trifolium pratense*), son plantas de fotoperiodo largo porque florecen durante los largos días de principios de verano, cuando las noches son corta*

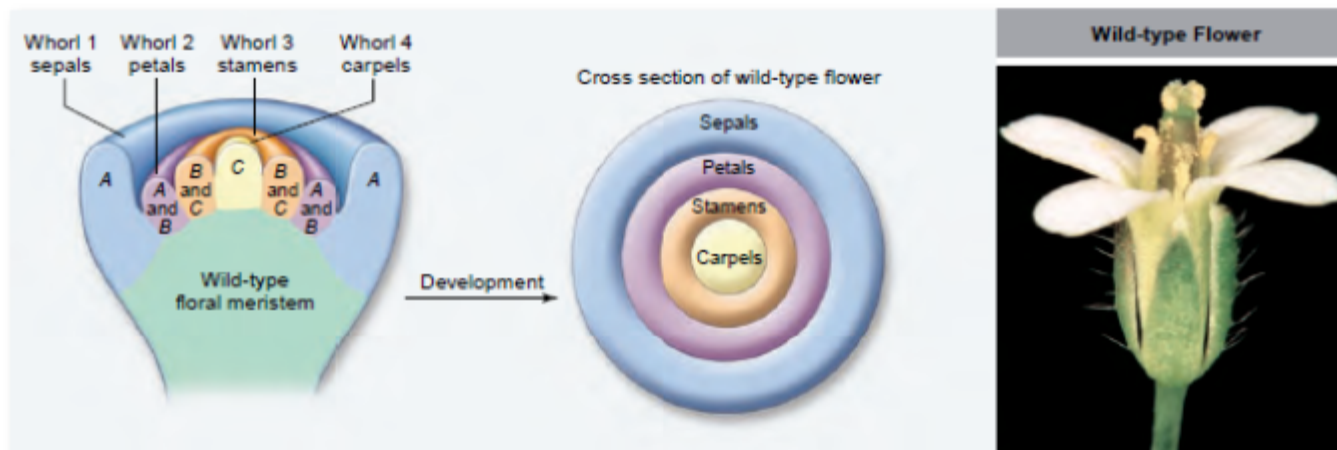
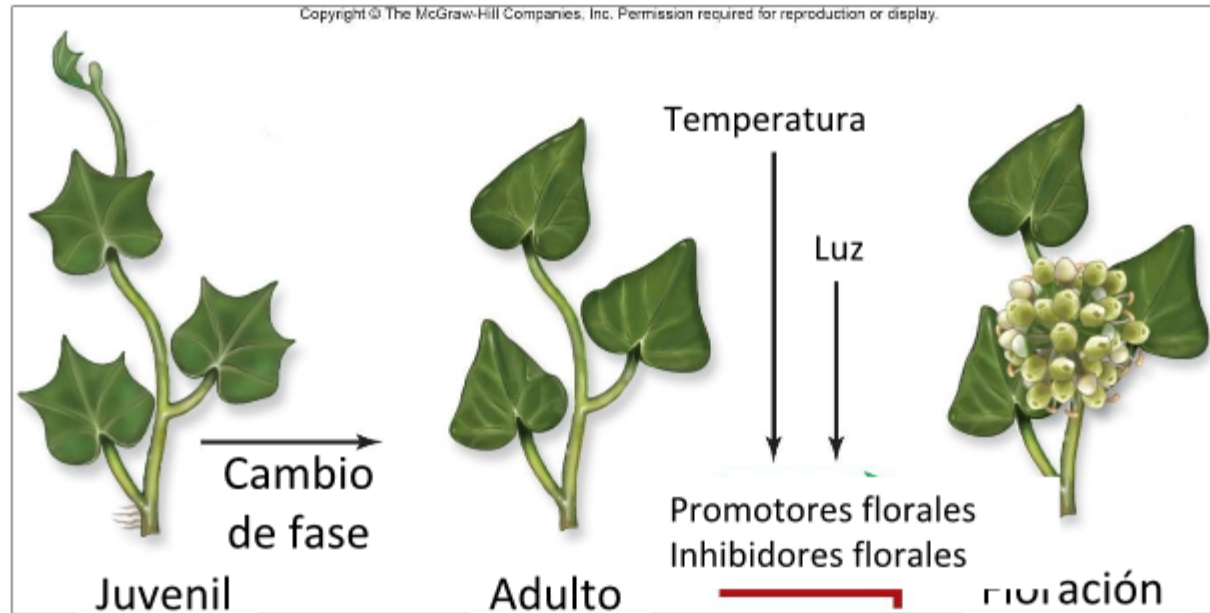


https://www.lcmrschooldistrict.com/roth/PowerPoint_Lectures/chapter30/videos_animations/day_length.swf

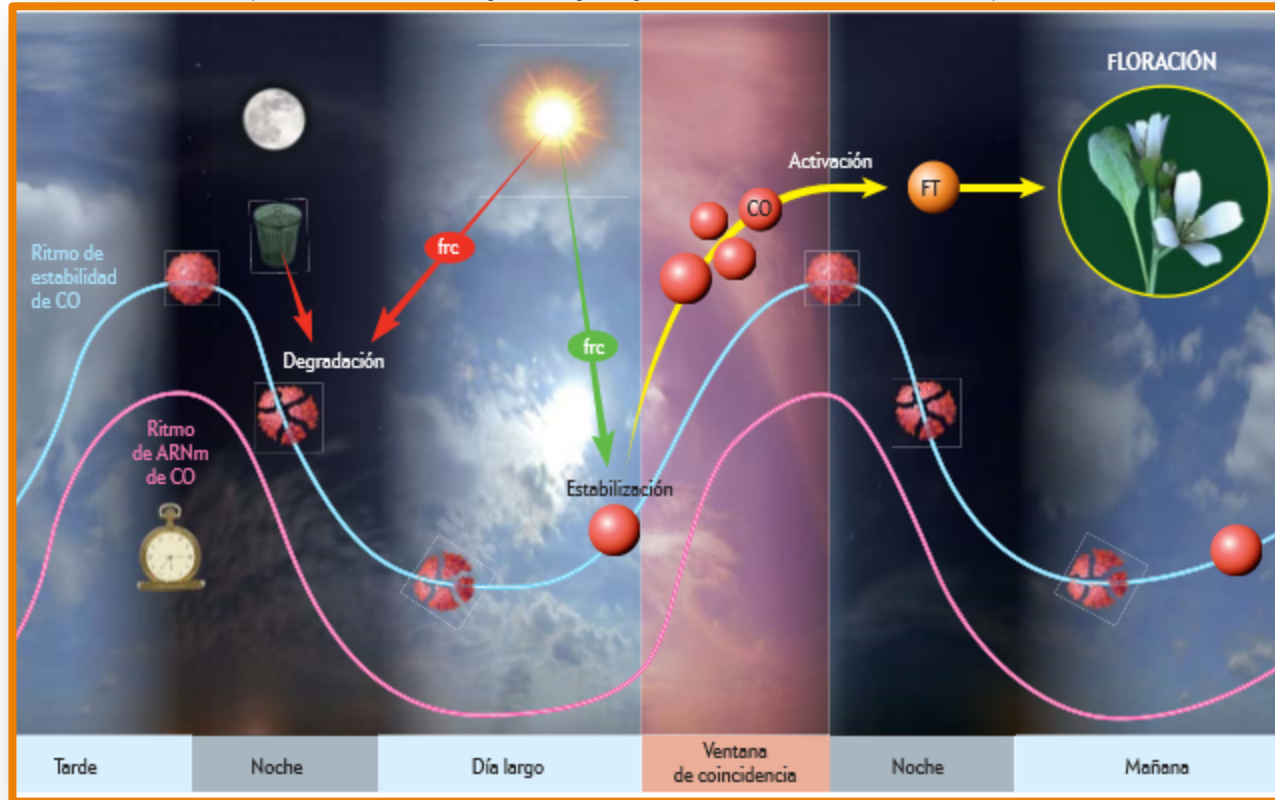
El control de la floración se consigue gracias a un proceso denominado **fotoperiodismo** o **fotoperiodicidad**. El factor crítico desencadenante de la floración parece que no es **la duración del día**, sino **la duración de la noche**.

Floración

La floración de la planta es un proceso que ocurre en meristemos de tallos y ramas adultas, que se convierten en meristemos florales, y que se desencadena por la acción de la luz y de la temperatura, solas o combinadas.



Las piezas florales se desarrollan en el meristemo floral en verticilos



La **luz influye en la producción de inhibidores o activadores de genes que controlan la floración**. Por ejemplo, en las **plantas de fotoperiodo largo**, la **forma activa del pigmento fitocromo (Pfr)** hace que se transcriba un gen de floración (gen FT). El **ARNm del gen FT** se transporta en el floema hasta el meristemo en el brote apical, donde se traduce en la proteína FT. Esta proteína **se une a un factor de transcripción**, y la interacción entre ambos conduce a la **activación de muchos genes de floración que transforman el meristemo apical productor de hojas en un meristemo reproductivo**.



2. Fotoperiodos y floración

Término clave

El cambio al estado de floración es una respuesta a la duración de los períodos de luz y sombra en muchas plantas.

Las plantas de **fotoperiodo largo florecen en verano**, cuando las noches son suficientemente cortas.

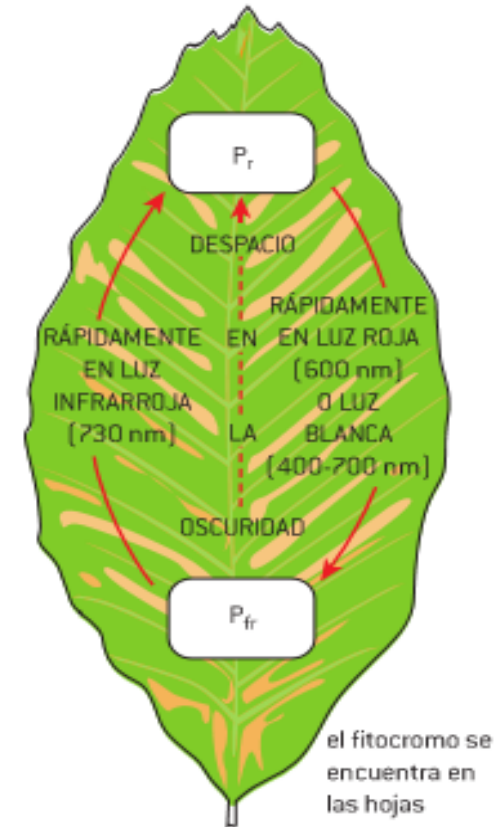
Las plantas de **fotoperiodo corto florecen en otoño**, cuando las noches son suficientemente largas. Las observaciones sugerían que el desencadenante de la floración en algunas plantas podía ser una duración concreta del día, pero los experimentos han demostrado que **lo que importa es la duración de la noche**.

Se descubrió en las hojas un **pigmento que las plantas utilizan para medir la duración de los períodos de oscuridad: se llama fitocromo y es inusual porque puede alternar entre dos formas, Pr y Pfr**.

- Cuando Pr absorbe la luz roja de la longitud de onda 660 nm se convierte en Pfr.
- Cuando Pfr absorbe la luz infrarroja de la longitud de onda 730 nm se convierte en Pr. Esta conversión no tiene gran importancia, ya que la luz solar contiene más luz de longitud de onda 660 nm que 730 nm, así que la luz solar normal convierte rápidamente el fitocromo en Pfr.
- Sin embargo, Pr es más estable que Pfr, por lo que en la oscuridad Pfr se transforma muy gradualmente en Pr.

Otros experimentos han demostrado que Pfr es la forma activa del fitocromo y que en el citoplasma hay proteínas receptoras de Pfr, pero no de Pr.

- En las **plantas de fotoperiodo largo**, al final de las noches cortas quedan cantidades suficientes de Pfr para unirse al receptor; esta unión promueve la transcripción de los genes necesarios para la floración.
- En las **plantas de fotoperiodo corto**, la unión entre Pfr y el receptor inhibe la transcripción de los genes necesarios para la floración. Sin embargo, al final de las noches largas queda muy poco Pfr, así que no llega a haber inhibición y la planta florece.



el fitocromo se encuentra en las hojas

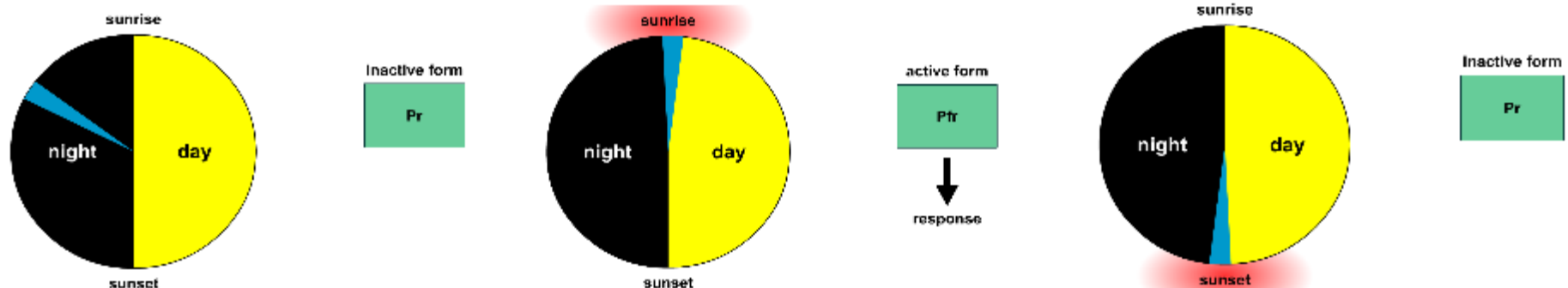
Interconversiones de fitocromo

Fitocromo

Los fitocromos son pigmentos presentes en las hojas de todas las plantas, que interviene en diversos procesos como respuesta a la luz (germinación de la semilla, elongación del tallo, floración, etc.). Por ejemplo, en la floración, los fitocromos “miden” la longitud de la noche sin interrupción.

El fitocromo puede existir en dos formas isómeras interconvertibles: $P_r \leftrightarrow P_{fr}$

P_r	P_{fr}
Fitocromo rojo	Fitocromo rojo lejano
Forma inactiva (no desencadena respuesta biológica)	Forma activa (desencadena respuesta biológica cuando alcanza un determinado nivel)
Absorbe la luz roja (red) de 660 nm	Absorbe la luz del rojo lejano (far-red) de 730 nm
Es la forma predominante durante la noche	Es la forma predominante durante el día



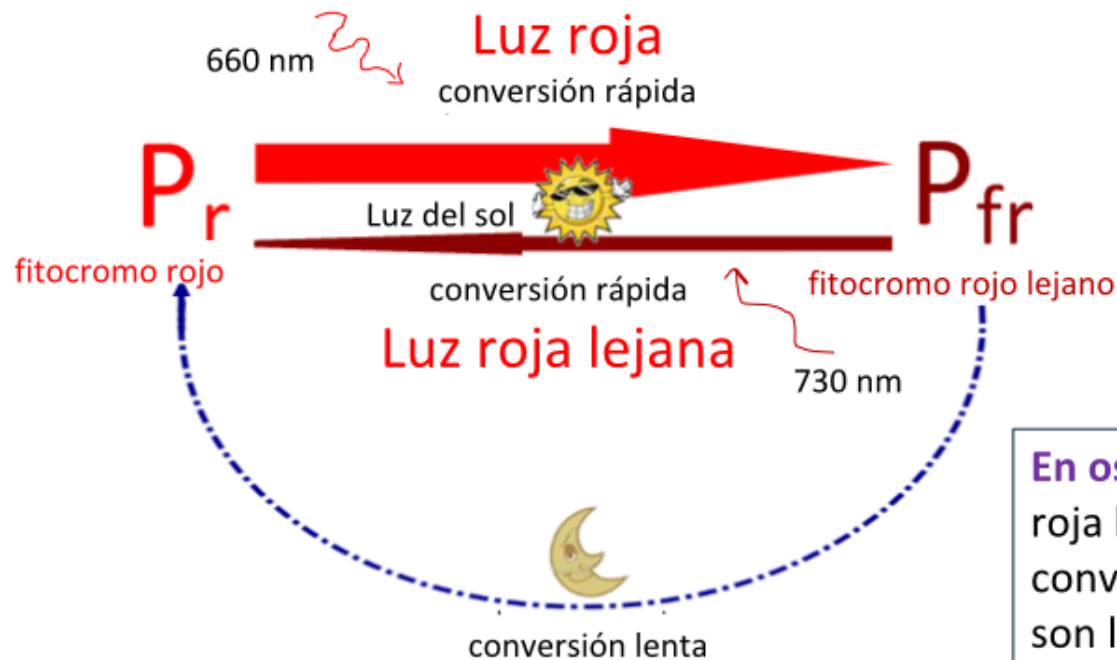
Fitocromo y floración

Los fitocromos son los pigmentos de las hojas que “miden” la longitud de la noche sin interrupción.



P_r Fitocromo rojo
Se produce lentamente en oscuridad

P_{fr} Fitocromo rojo lejano
Se produce rápidamente a la luz del día



Durante el día hay mucha luz roja del sol (longitud de onda 660 nm). También hay algo de luz roja lejana (730 nm), no mucha. En estas condiciones, se forma más P_{fr} que P_r :

$$P_{fr} > P_r$$

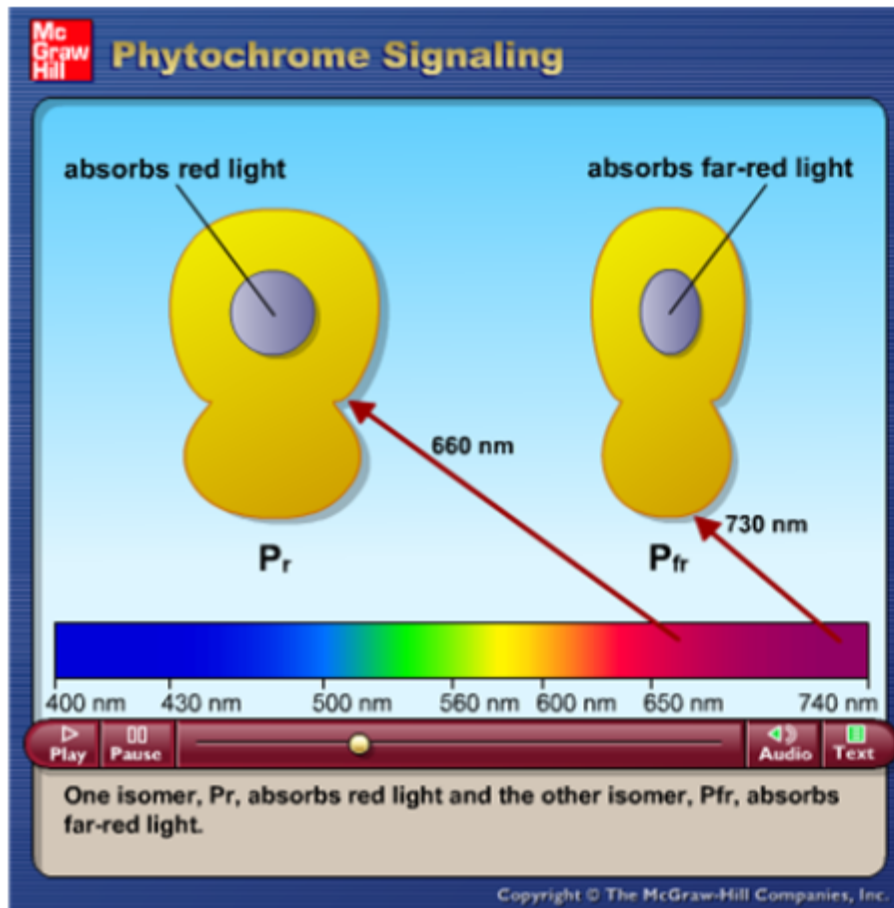
En oscuridad, no hay ni luz roja ni roja lejana. P_{fr} es lentamente convertido a P_r . Cuando las noches son largas, mucho P_{fr} es convertido en P_r :

$$P_{fr} < P_r$$

Las plantas utilizan los niveles altos o bajos de P_{fr} para determinar la duración de la noche:

- Las plantas de fotoperiodo largo (LDP's) necesitan altos niveles de P_{fr} para florecer;
- Las plantas de fotoperiodo corto (SDP's) necesitan bajos niveles de P_{fr} para florecer.

La actividad de los fitocromos controla la floración de la planta



http://glencoe.mheducation.com/sites/9834092339/student_view0/chapter41/animation_-_phytochrome_signaling.html

Los **fitocromos** son **pigmentos de la planta**, localizados en la hoja, que actúan como un reloj biológico. **Miden la duración de la noche** para **controlar la floración** de la planta.

P_r es convertido rápidamente en P_{fr} por la luz del día.
 P_{fr} es reconvertido lentamente a P_r en oscuridad.



Las **plantas de fotoperiodo largo**, por ej. *Iris*, florecen cuando la duración del día es larga. Esto permite que se acumule P_{fr} y cuando supera un nivel crítico, se estimula la floración.

Las **plantas de fotoperiodo corto**, por ej. *Chrysanthemum*, requieren un largo periodo de oscuridad, de forma que cuando P_{fr} descienda de un nivel crítico entonces se estimula la floración.

Los P_{fr} activan o inactivan los genes responsables de la floración

Plantas de fotoperiodo largo (LDP)

Ej.: *Iris*



Plantas de fotoperiodo corto (SDP)

Ej.: *Chrysanthemum*



florece cuando



Las noches son cortas

Las noches son largas



porque

menos P_{fr} es convertido

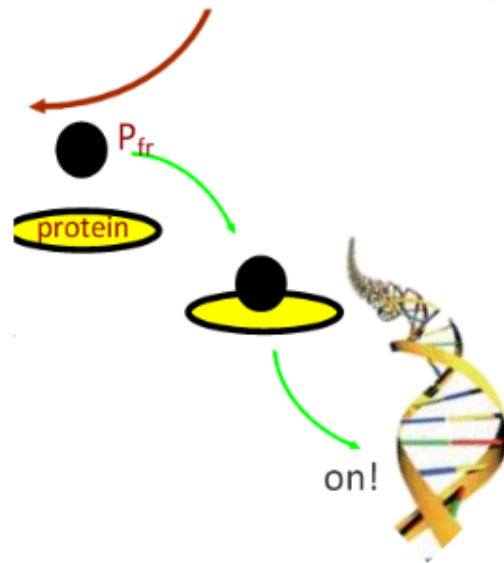
más P_{fr} es convertido

lo que produce

Altos niveles de P_{fr}

bajos niveles de P_{fr}

P_{fr} se une a una proteína, la cual actúa como un factor de transcripción, activando los genes para la floración (es un **promotor** de la floración)



P_{fr} actúa como un **inhibidor** de la floración a niveles bajos en SDP's. Cuando P_{fr} baja, deja de inhibir al gen de la floración.

Long-day plants

When subjected to the light regimes on the right, the 'long-day' plants below flowered as indicated:

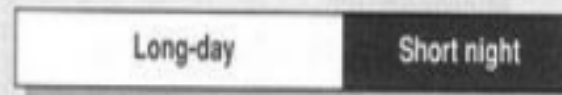


lechuza Trich
Examples: lettuce, clover, delphinium, gladiolus, beetscorn, coreopsis

Photoperiodism in Plants

An experiment was carried out to determine the environmental cue that triggers flowering in 'long-day' and 'short-day' plants. The diagram below shows 3 different light regimes to which a variety of long-day and short-day plants were exposed.

0 ← hours → 24



Long night interrupted by a short period exposed to light

Short-day plants

When subjected to the light regimes on the left, the 'short-day' plants below flowered as indicated:



Examples: potatoes, asters, dahlias, cosmos, chrysanthemums, poinsettias










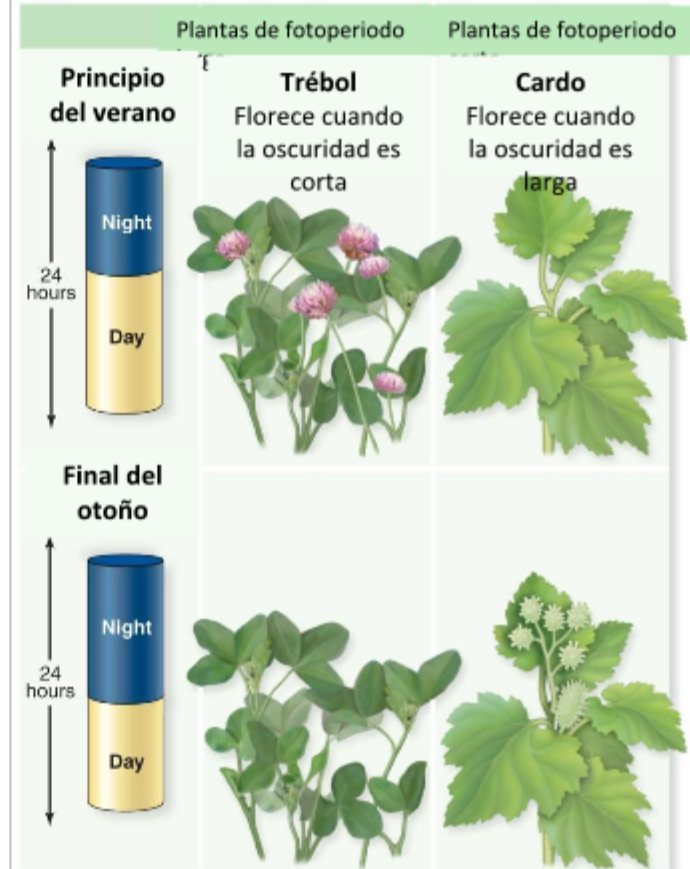
	Long-day plants	Short-day plants
Early summer 		
Late fall  (a)		
 (b)		
	Iris Short length of dark required for bloom	Goldenrod Long length of dark required for bloom

FIGURE
How flowering responds to day length.
(a) This iris is a long-day plant that is stimulated by short nights to flower in the spring. The goldenrod is a short-day plant that, throughout its natural distribution in the northern hemisphere, is stimulated by long nights to flower in the fall. (b) If the long night of winter is artificially interrupted by a flash of light, the goldenrod will not flower, and the iris will. In each case, it is the duration of uninterrupted darkness that determines when flowering will occur.

El papel de los fitocromos se ha determinado experimentalmente:

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



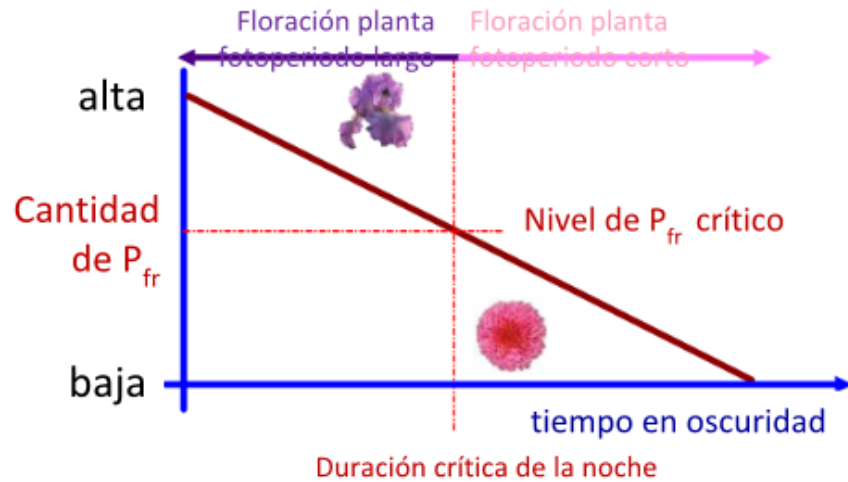
a.



b.

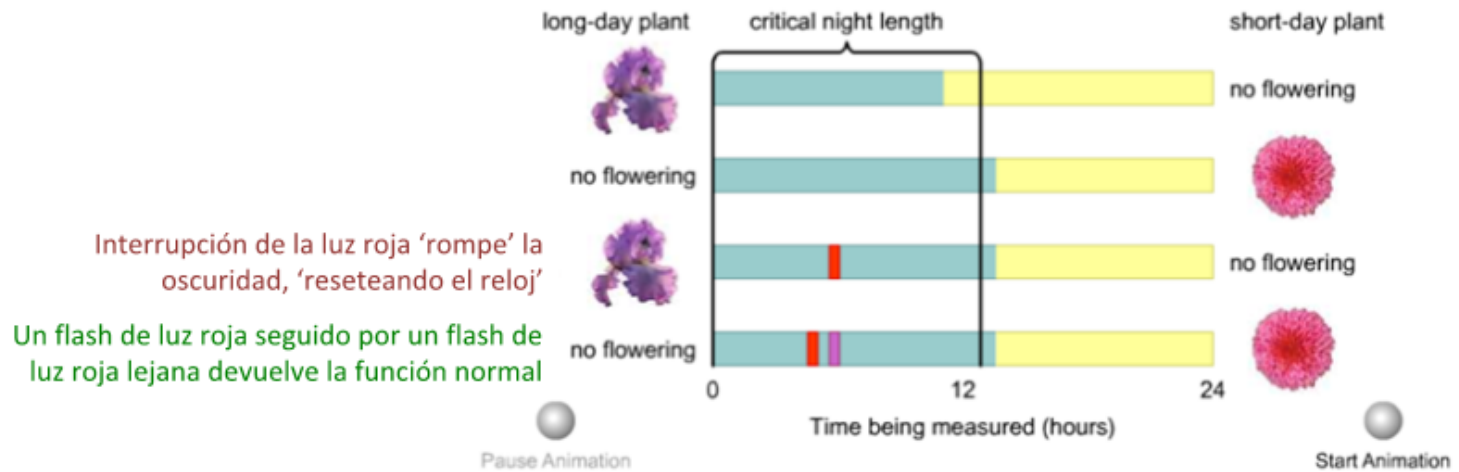
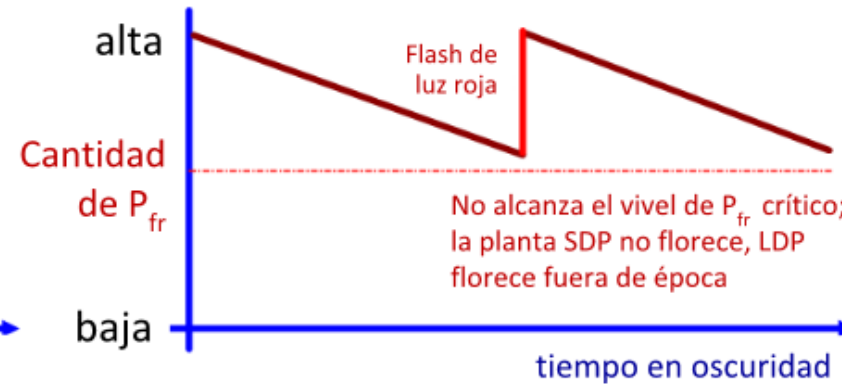
El papel de los fitocromos se ha determinado experimentalmente:

Condiciones normales de luz:



“Flash” de luz roja:

Interrupción de la oscuridad con un flash de luz roja; ‘resetea el reloj’



Interrupción de la luz roja ‘rompe’ la oscuridad, ‘reseteando el reloj’

Un flash de luz roja seguido por un flash de luz roja lejana devuelve la función normal

Experiments showing that short-day plants flower by measuring night length. Click Start Animation. The red band shows a burst of red light. The purple band shows a burst of far-red light.

https://www.lcmrschooldistrict.com/roth/PowerPoint_Lectures/chapter30/videos_animations/day_length.swf

Photoperiodism

Photoperiodism is based on a system that monitors the day/night cycle. The photoreceptor involved in this, and a number of other light-initiated plant responses, is a blue-green pigment called **phytochrome**. Phytochrome is universal in vascular plants and has two forms: active and inactive. On absorbing light, it readily converts from the inactive form (P_r) to the active form (P_{fr}). P_{fr} predominates in daylight, but reverts spontaneously back to the inactive form in the dark. The plant measures daylength (or rather night length) by the amount of phytochrome in each form.

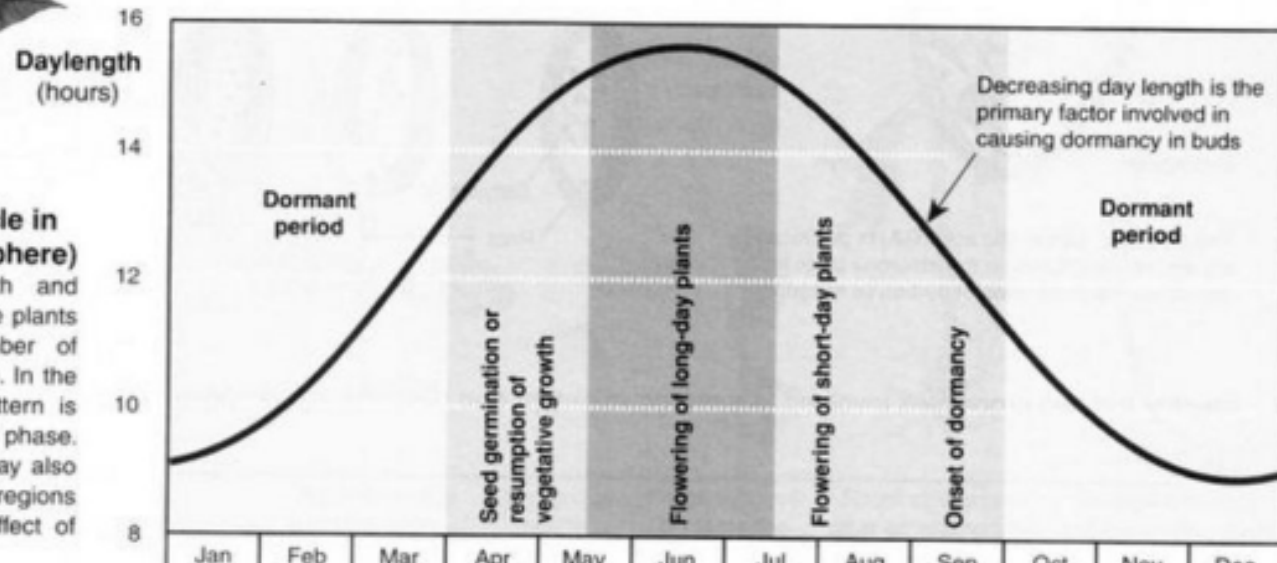
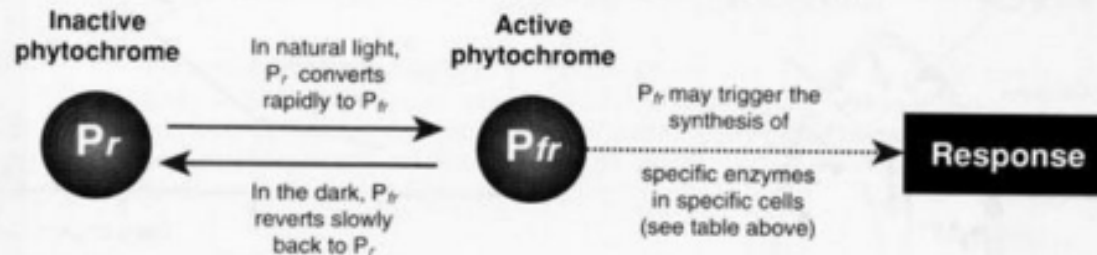


Day length and life cycle in plants (Northern Hemisphere)

The cycle of active growth and dormancy shown by temperate plants is correlated with the number of daylight hours each day (right). In the southern hemisphere, the pattern is similar, but is six months out of phase. The duration of the periods may also vary on islands and in coastal regions because of the moderating effect of nearby oceans.

Summary of phytochrome related activities in plants

Process	Effect of daylight	Effect of darkness
Conversion of phytochrome	Promotes $P_r \rightarrow P_{fr}$	Promotes $P_{fr} \rightarrow P_r$
Seed germination	Promotes	Inhibits
Leaf growth	Promotes	Inhibits
Flowering: long day plants	Promotes	Inhibits
Flowering: short day plants	Inhibits	Promotes
Chlorophyll synthesis	Promotes	Inhibits



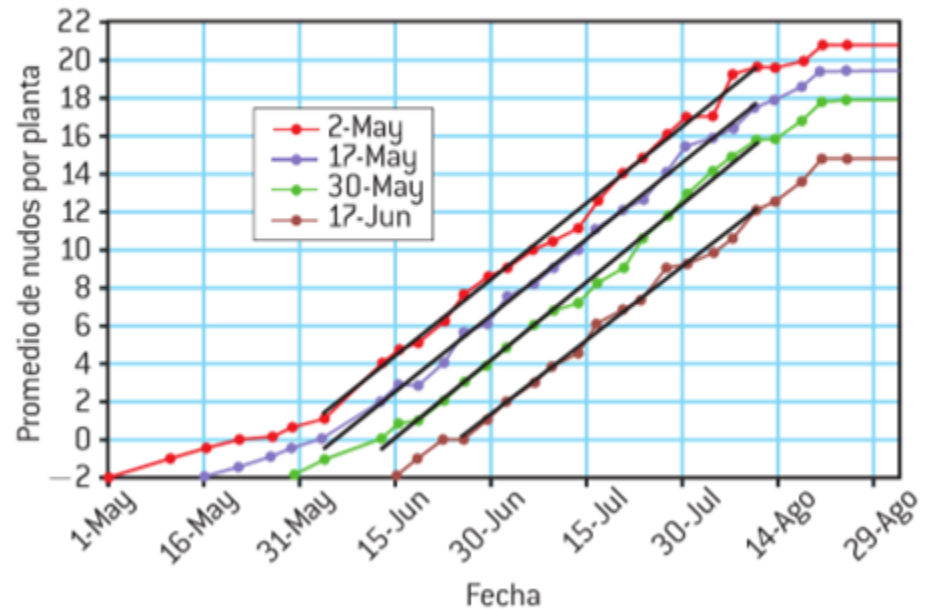
Preguntas basadas en datos: Época de siembra de la soja

La soja es rica en proteínas y la comen tanto los seres humanos como el ganado. Después de la germinación, las plantas de soja desarrollan una serie de secciones en el tallo separadas por nudos. Las hojas se producen en los nudos. Las secciones del tallo se denominan entrenudos. En cada nudo se producen flores a partir de las cuales se desarrollan vainas que contienen granos de soja. Cuando las plantas de soja empiezan a florecer, dejan de producir nudos y entrenudos.

La figura 4 muestra el número promedio de nudos en plantas de soja sembradas en diferentes fechas en Nebraska.

- 1 Compara el crecimiento de las plantas de soja sembradas en las diferentes fechas. [5]
- 2 a) Deduce cuándo empezaron a florecer las plantas de soja. [2]
 - b) Deduce, aportando razones, el factor que desencadena la floración en las plantas de soja. [3]
- 3 a) En lo que respecta a la productividad de la soja, explica la ventaja de sembrar los cultivos lo antes posible. [3]

- b) Sugiere dos posibles desventajas de la siembra de plantas de soja antes de las fechas utilizadas en el experimento. [2]



▲ Figura 4



Inducción de la floración de plantas fuera de temporada

Métodos usados para inducir la floración en plantas de fotoperíodo corto fuera de temporada

La inducción de la floración es un procedimiento concebido para hacer que las plantas florezcan fuera de temporada o en un momento específico, como la época de vacaciones. Los cultivadores pueden manipular la duración de los días y las noches para inducir la floración.

Las flores del tulipán de Siam (*Curcuma alismatifolia*) se venden cortadas. Esta planta normalmente produce flores durante la temporada de lluvias, cuando los días son largos. El uso de iluminación adicional durante la noche hace que florezca fuera de temporada si cuenta con suficiente humedad y nutrientes.

https://es.123rf.com/photo_41797665_foto-de-curcuma-flor-alismatifolia-en-tailandia-.html



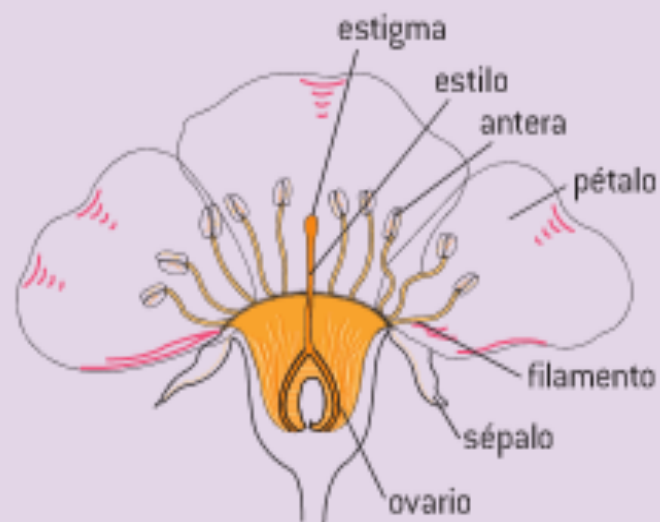
Foto de *Curcuma flor alismatifolia* en Tailandia

Dibujo de una flor polinizada por animales

Dibujo de vistas de secciones de flores polinizadas por animales

La figura 5 muestra una flor de ciruelo (*Prunus domestica*). En la base de la flor hay glándulas secretoras de néctar que atraen a los insectos, especialmente las abejas. Los pétalos son grandes y blancos, lo que ayuda a los insectos a encontrar la flor. Los sépalos protegen el brote de la flor durante su desarrollo y por la noche, cuando los brotes se cierran. Las anteras producen polen, que contiene los gametos masculinos. Los filamentos colocan las anteras en una posición donde es probable que el polen se adhiera a los insectos visitantes. La parte femenina de la flor se llama carpelo y consta de un estigma, un estilo y un ovario. El estigma es pegajoso y captura el polen que traen los insectos

visitantes. El estigma está sostenido por el estilo. El ovario se encuentra dentro de una pequeña estructura redondeada denominada óvulo.



▲ Figura 5 Estructura de una flor de ciruelo

Flor Zoófila

Estambre

Antera
Filamento

Carpelo o pistilo

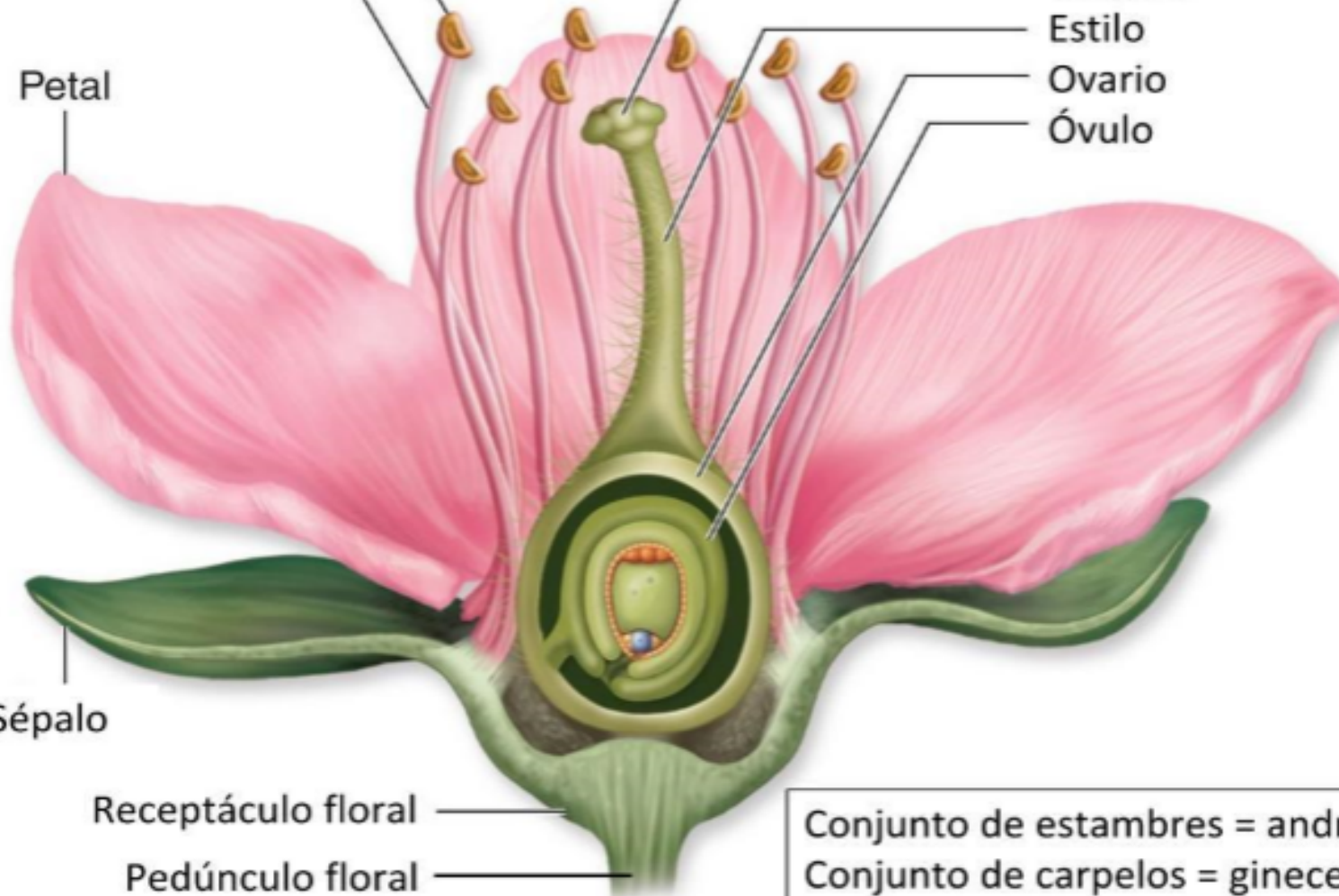
Estigma
Estilo
Ovario
Óvulo

Petal

Sépalo

Receptáculo floral
Pedúnculo floral

Conjunto de estambres = androceo
Conjunto de carpelos = gineceo
Conjunto de pétalos = corola
Conjunto de sépalos = cáliz

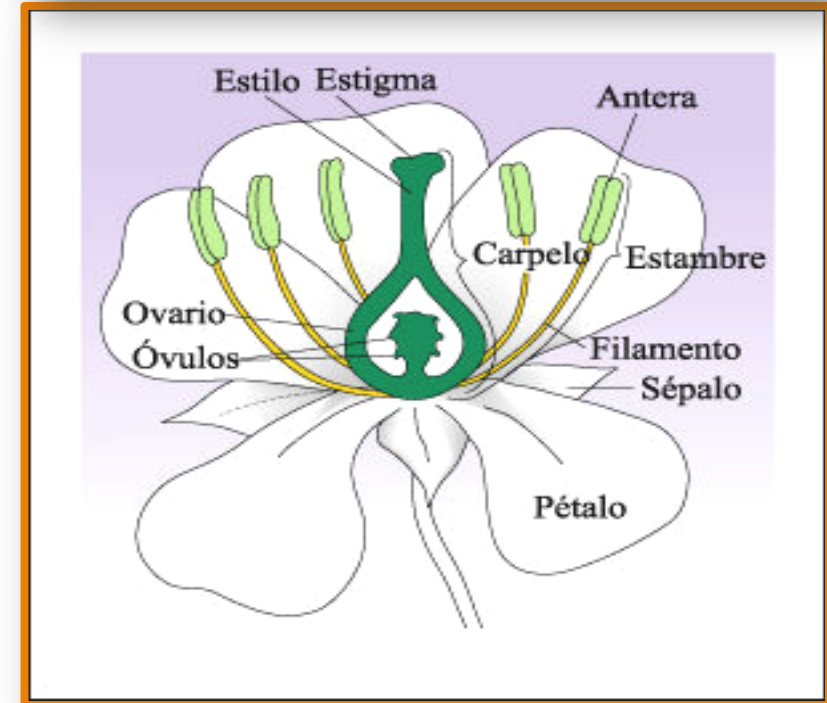
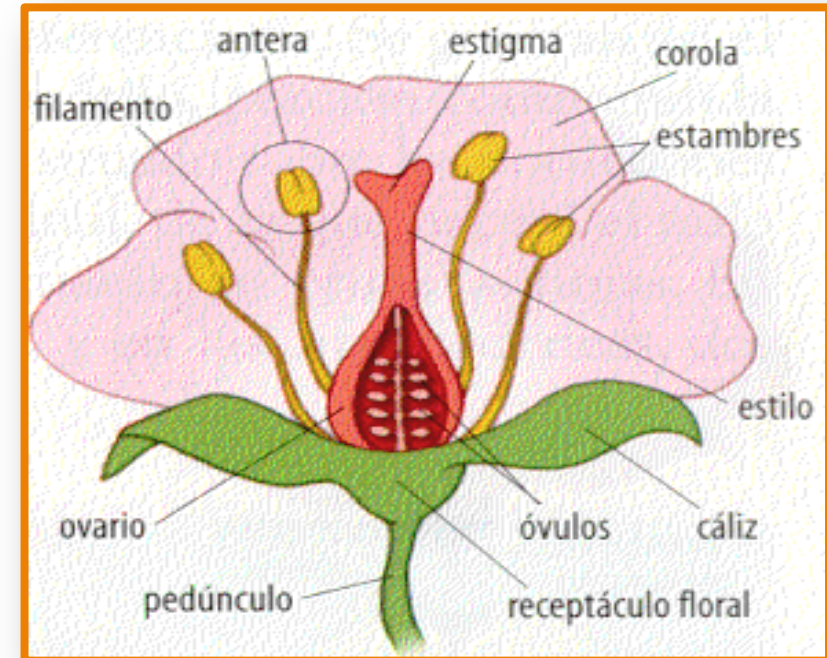


LA REPRODUCCIÓN SEXUAL EN PLANTAS ESPERMAFITAS

REPRODUCCIÓN ANGIOSPERMAS

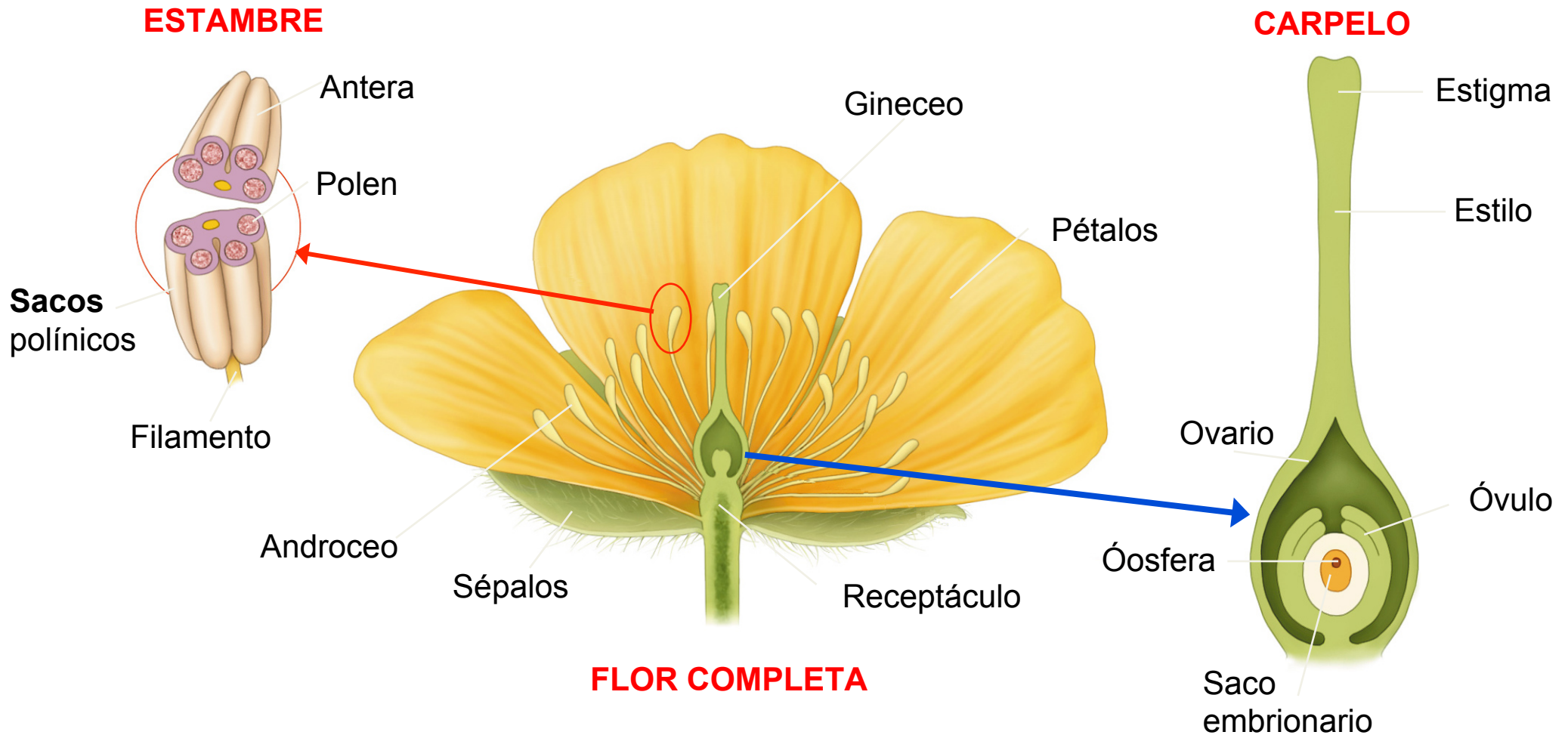
Partes de la flor:

1. **Pedúnculo floral:** unión al tallo.
2. **Receptáculo floral:** ensanchamiento del pedúnculo de donde salen el resto de verticilos florales.
3. **Cáliz:** conjunto de sépalos con función protectora. Con la corola forman el periantio.
4. **Corola:** conjunto de pétalos con función protectora y de atracción para insectos polinizadores.

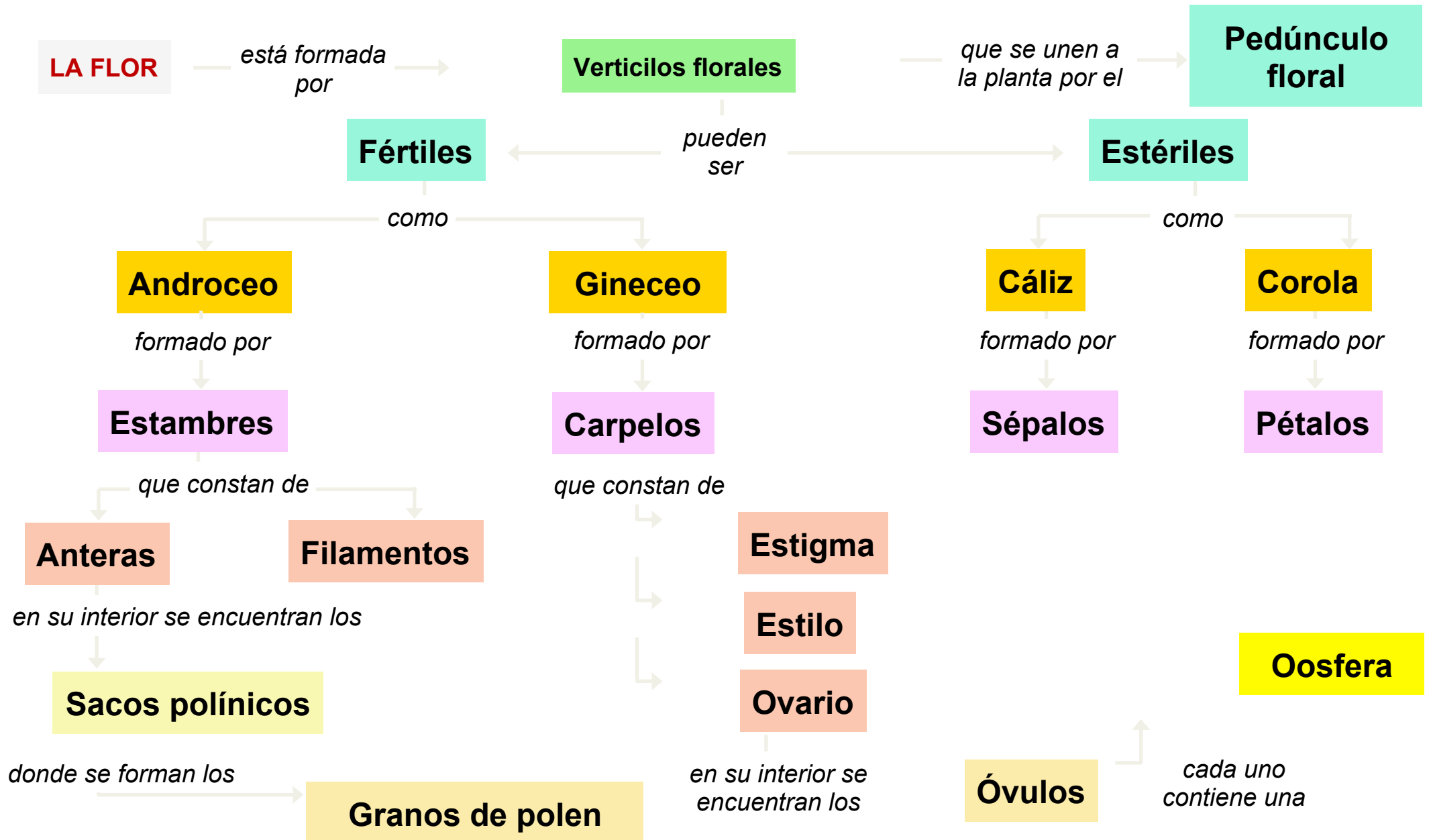


LA FLOR

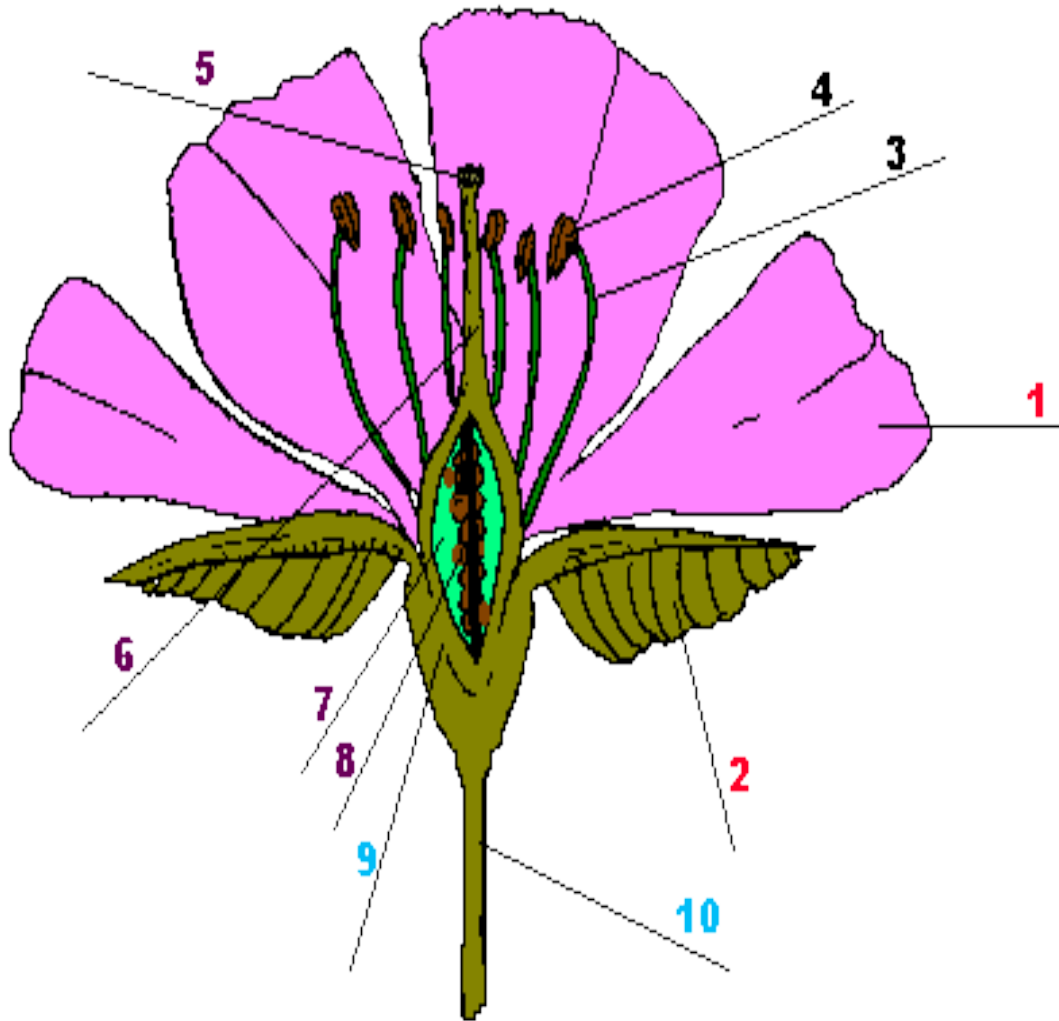
Es el órgano reproductor de las plantas espermatofitas. Está formada por un conjunto de hojas muy modificadas agrupadas en círculos llamados **verticilos florales**.



ESQUEMA DE LAS ESTRUCTURAS FLORALES



LA FLOR : PARTES



EL PERIANTO

La Corola

1. Pétalos

El Cáliz

2. Sépalos

EL ANDROCEO

Estambres.

3. Filamento

4. Antera

EL GINECEO

Carpelo

5. Estigma

6. Estilo

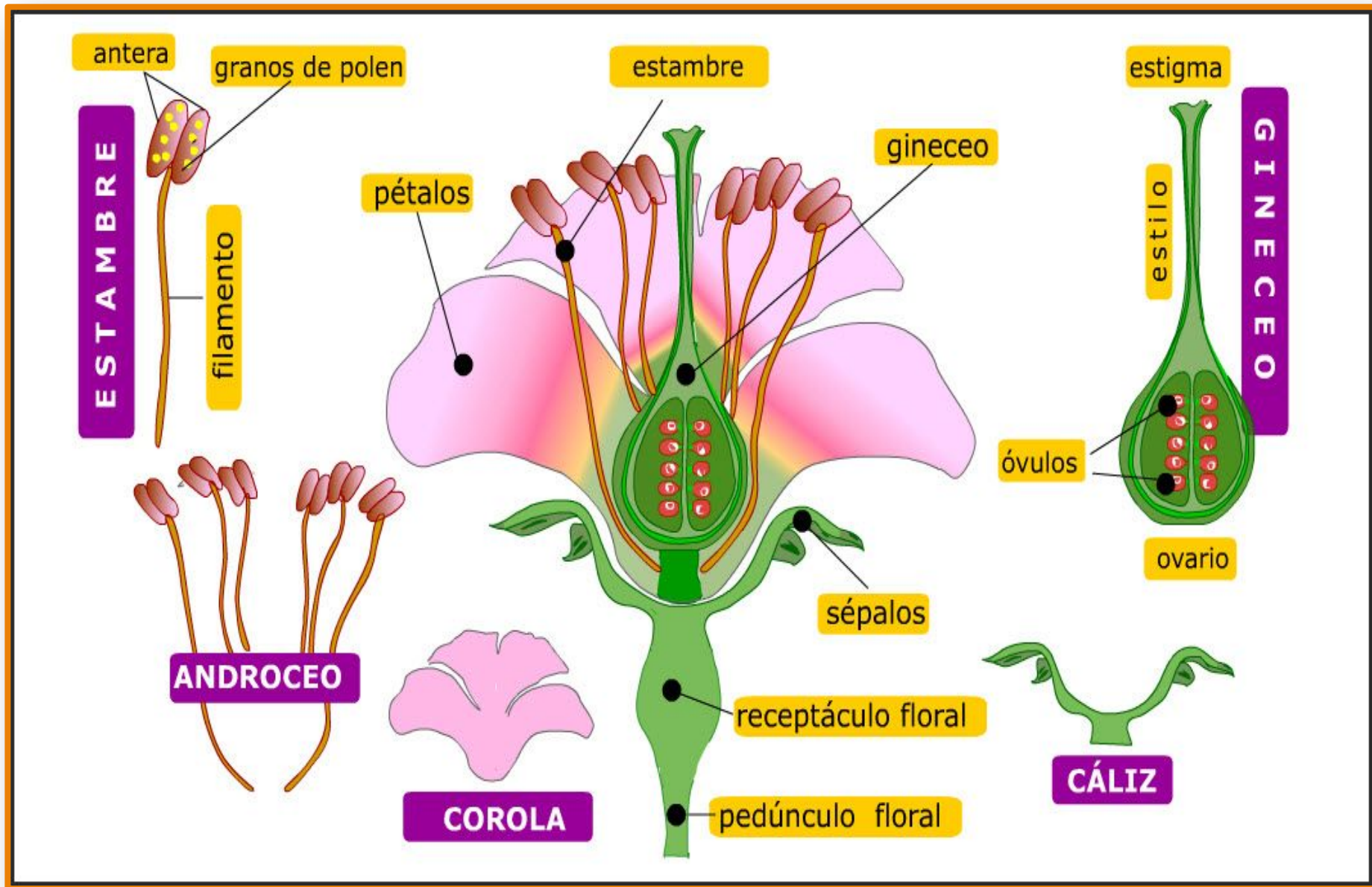
7. Ovario

8. Óvulos

EL EJE FLORAL

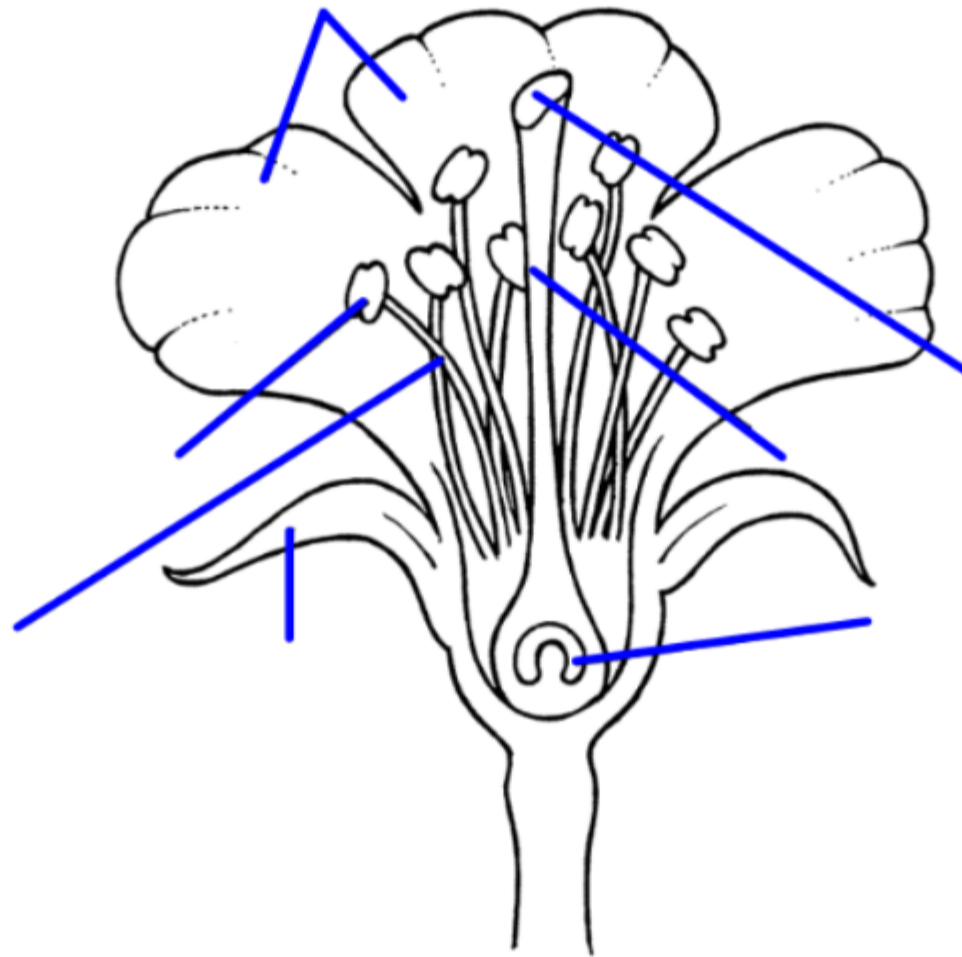
9. Tálamo

10. Pedúnculo



La flor es la unidad reproductora de una angiosperma

¿Esta flor es de una monocotiledónea o de una dicotiledónea? ¿Cómo lo sabes?



Etiquete las siguientes partes:

Pétalos

Estigma

Estilo

Antera

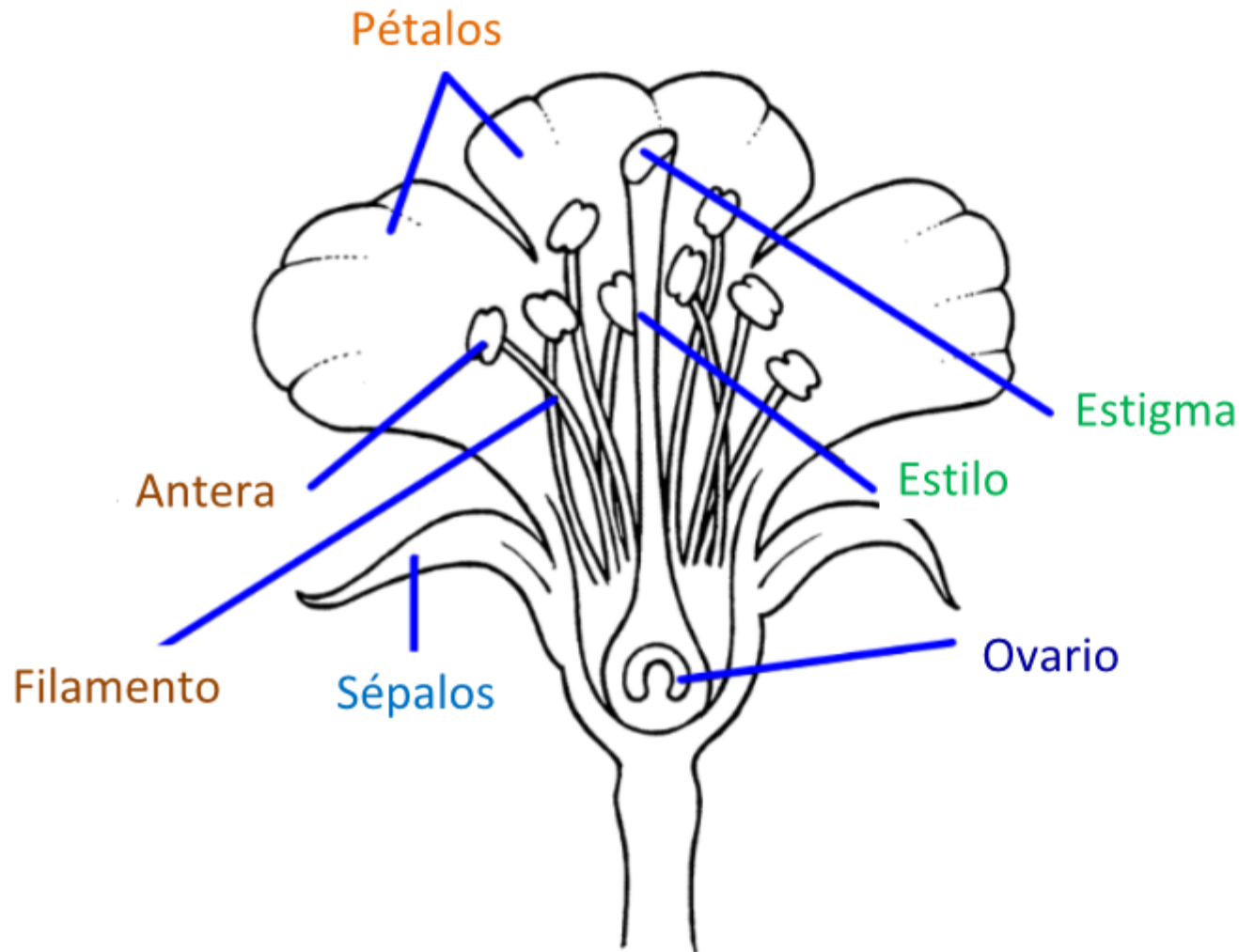
Filamento

Sépalos

Ovario

La flor es la unidad reproductora de una angiosperma

¿Esta flor es de una monocotiledónea o de una dicotiledónea? ¿Cómo lo sabes?



Añada estas funciones:

Atrae a los polinizadores (insectos/ pequeños pájaros)

Lugar de aterrizaje del polen

Lugar por donde el tubo polínico crece hasta llegar al ovario

Contiene óvulos

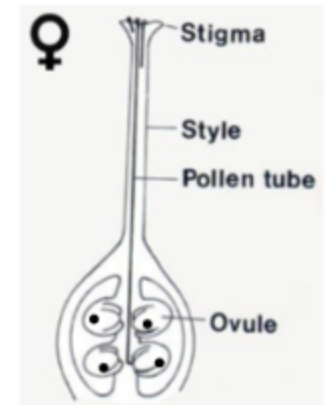
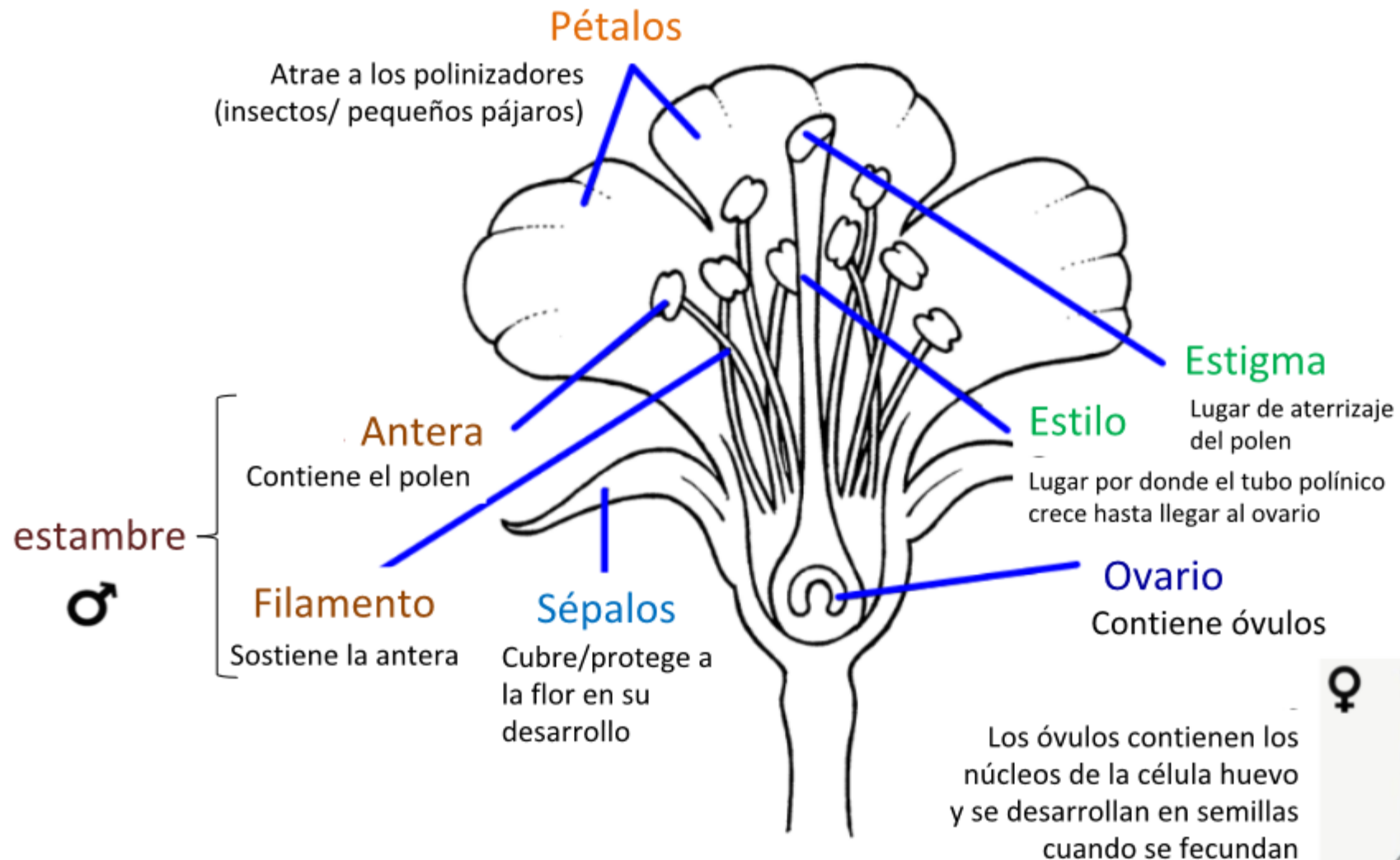
Cubre/protege a la flor en su desarrollo

Sostiene la antera

Contiene el polen

La flor es la unidad reproductora de una angiosperma

¿Qué partes se pueden considerar 'masculinas' o 'femeninas'?



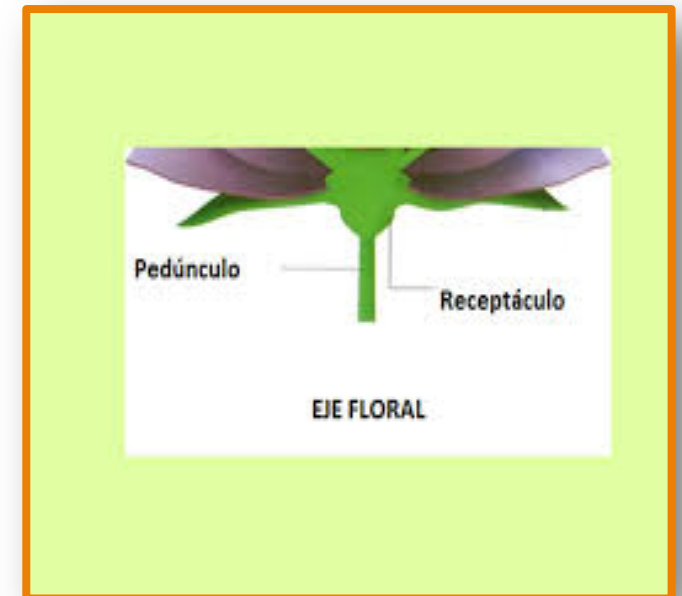
http://www.learner.org/jnorth/images/graphics/t/flower_parts.gif

<http://jpkc.sdau.edu.cn/zbgpp/vocabulary/ovule.htm>

EL EJE FLORAL

Es la estructura que soporta las partes de la flor.

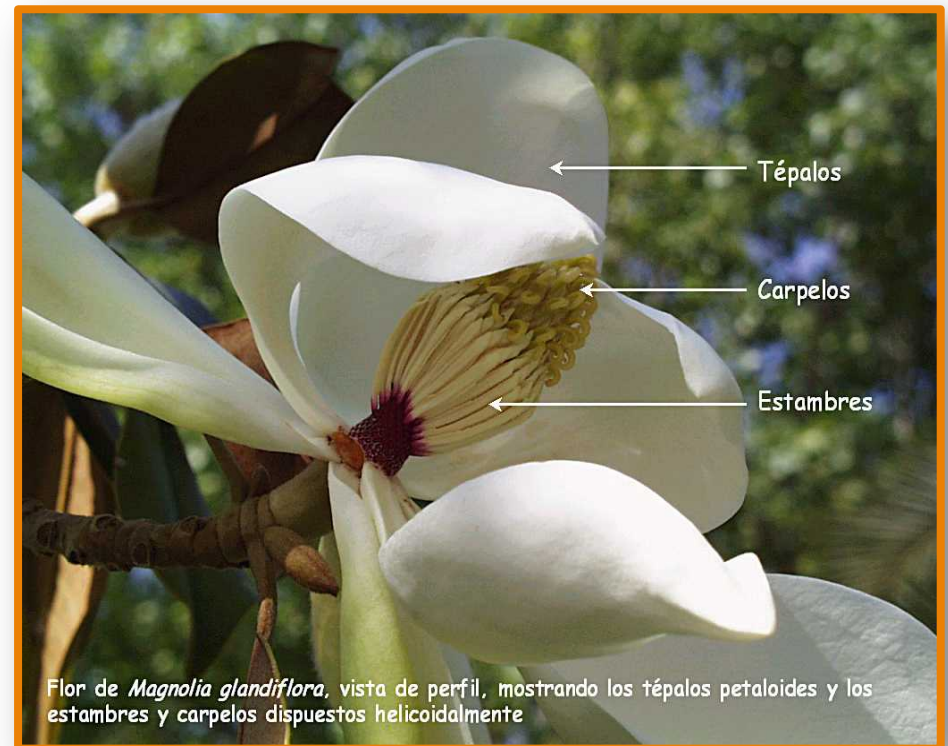
- Además de aguantar las piezas florales protege los óvulos de los animales.
- Tiene forma de copa y se llama **tálamo o receptáculo**. Entre éste y la ramita se encuentra el **pedúnculo** .



EL PERIANTO

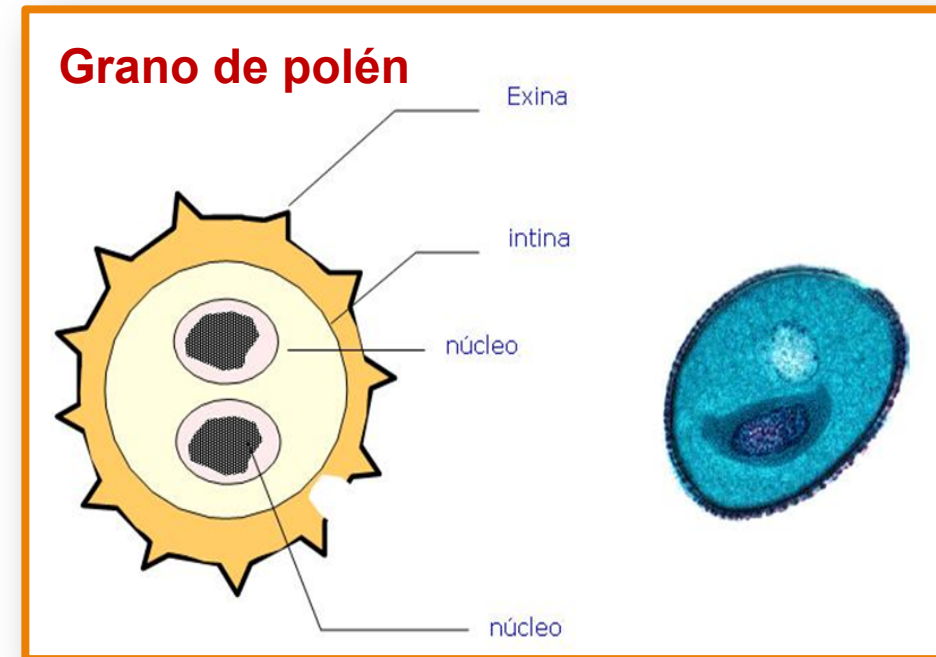
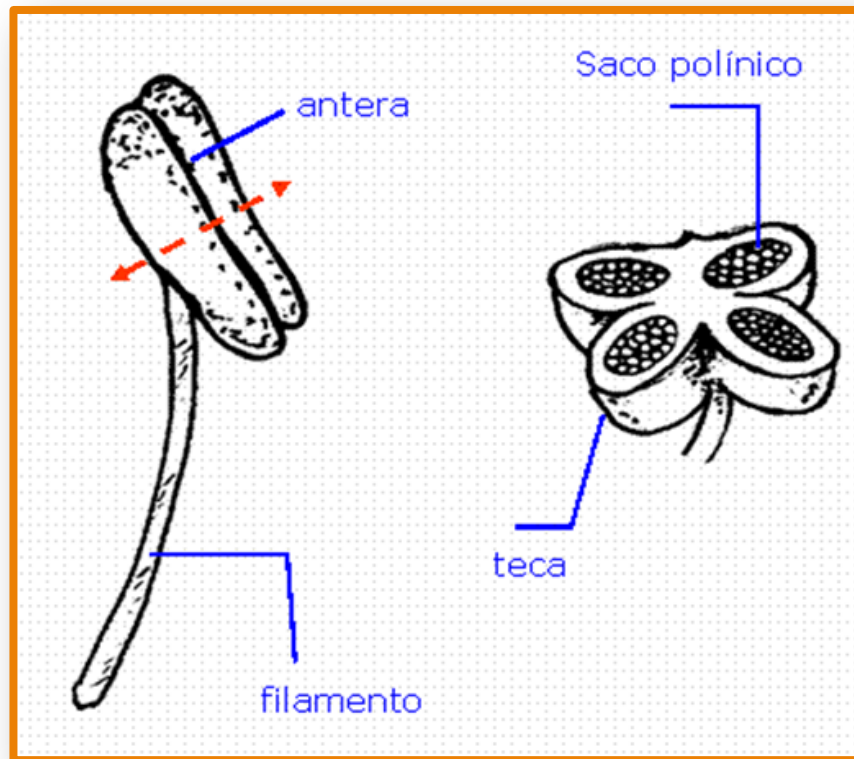
Constituye la parte no reproductiva de la flor. Está formada por dos tipos de piezas:

- La corola que está formada por los pétalos que son las piezas coloreadas de las flores. Su función es atraer a los animales portadores del polen.
- El cáliz que es la parte verde de la flor. Tiene una consistencia más fuerte que la corola y a sus piezas les llamadas sépalos.



A veces los pétalos y los sépalos tienen el mismo color y forma, entonces les llamamos ***tépalos***.

EL ANDROCEO



Es la parte masculina de la flor. Está constituida por los estambres que no son otra cosa que unas hojitas que se han transformado con la finalidad de llevar el polen. Cada estambre tiene dos partes:

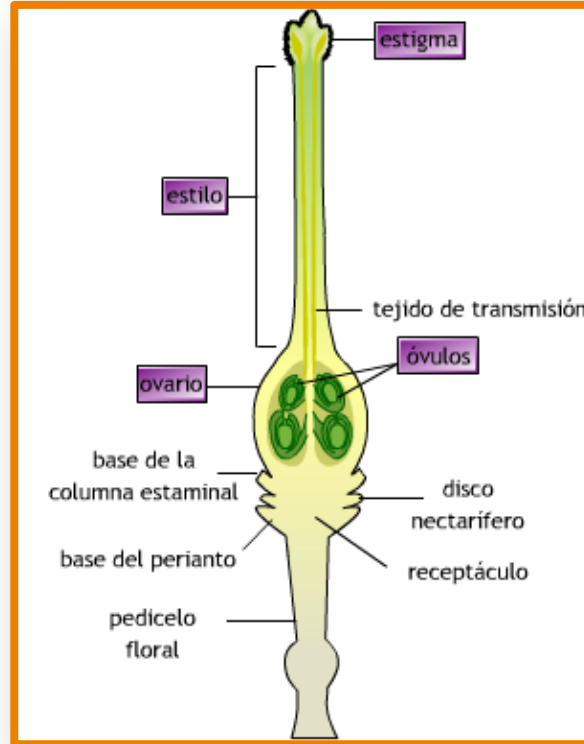
- El **filamento** por el que está unido al resto de la flor. Lleva encima de él una especie de "bolsita" cargada de polen.
- La **antera** que es la "bolsita" superior donde están encerrados los granos de polen. Cada antera está formada por **dos tecas**, cada una tiene **dos sacos polínicos** repletos de **granos de polen**.

EL GINECEO

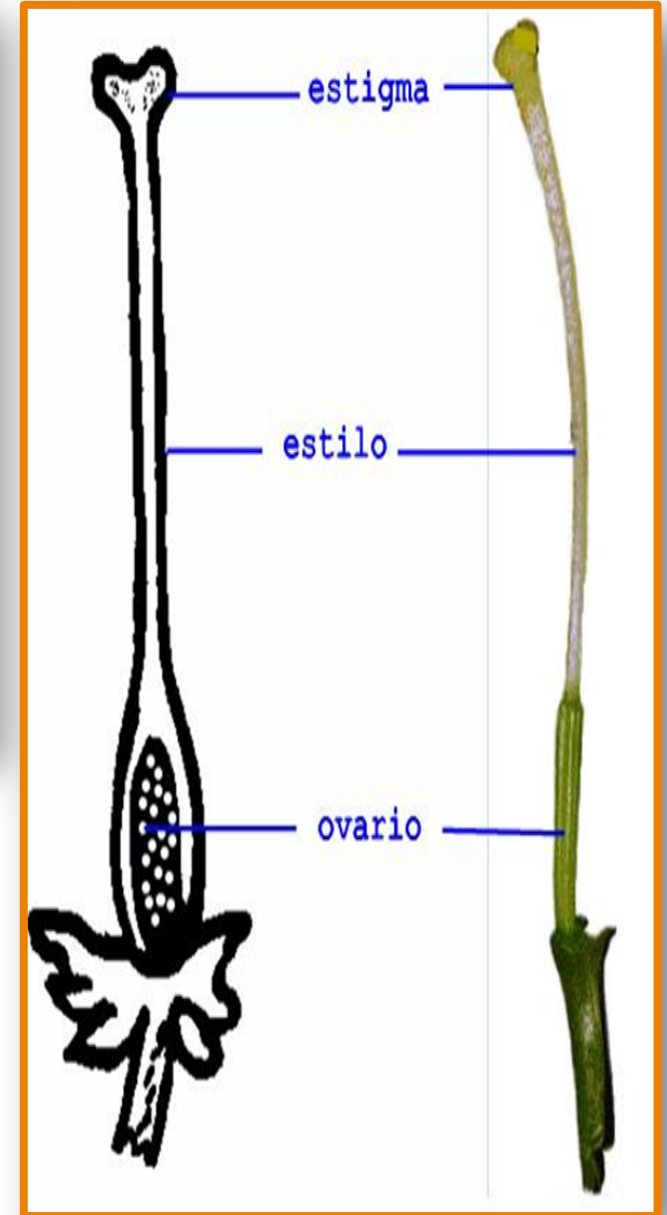
El carpelo es la parte femenina reproductora de la flor, forman el gineceo o el aparato reproductor femenino. Es una hoja que se ha modificado y que aún conserva su color verde. Consta de las partes siguientes:

- El **estigma** que está situado en la parte superior en forma de receptáculo para recoger el polen.
- El **estilo** que sirve de tubo conductor hacia el ovario.
- El **ovario** que es la parte inferior más ampliada y donde se encuentran los **óvulos**.

<http://www.biologia.edu.ar/botanica/animaciones/ciclos/paraiso/paginas/gineceo.html>



Corte transversal de la flor (MO)

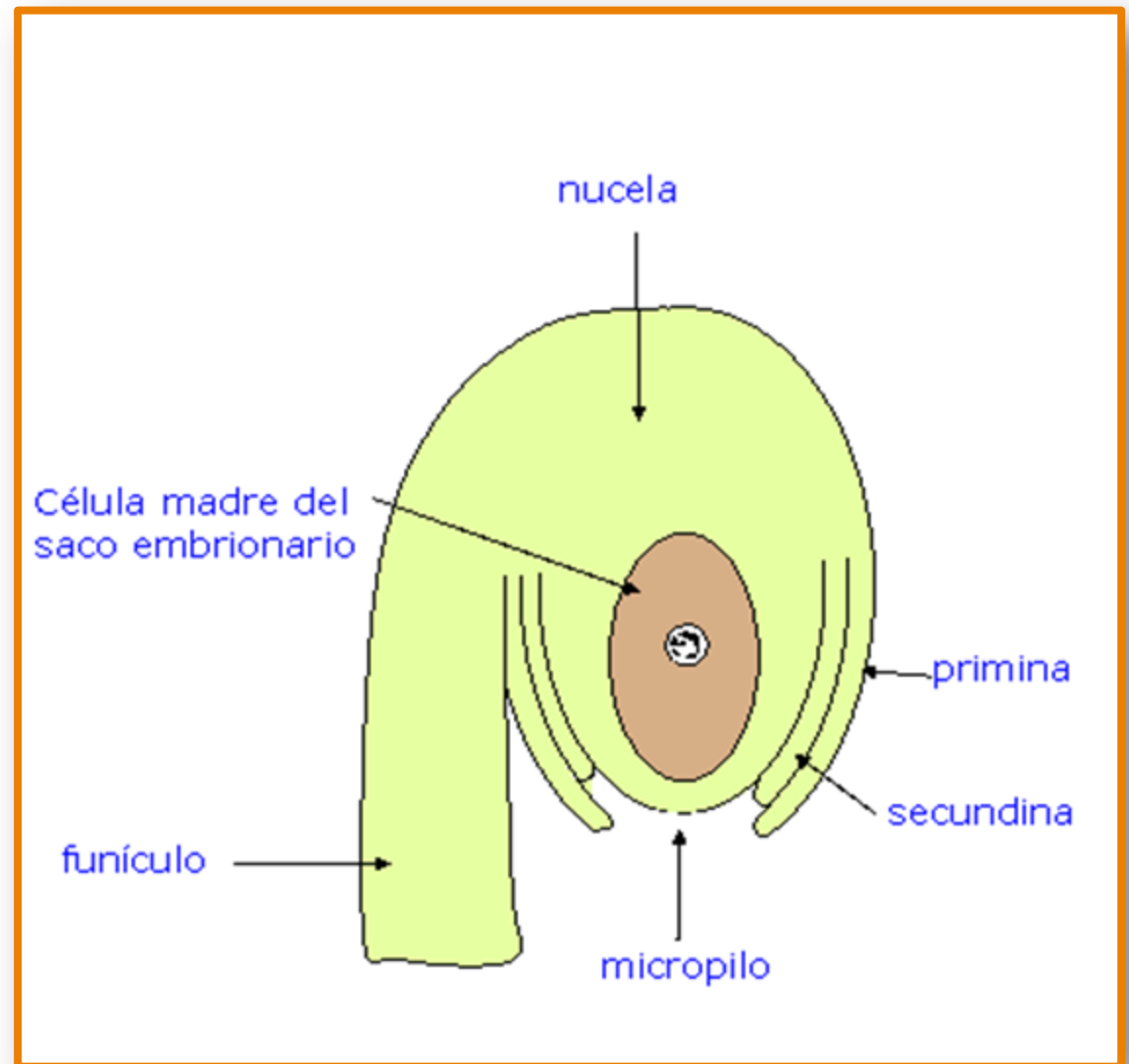


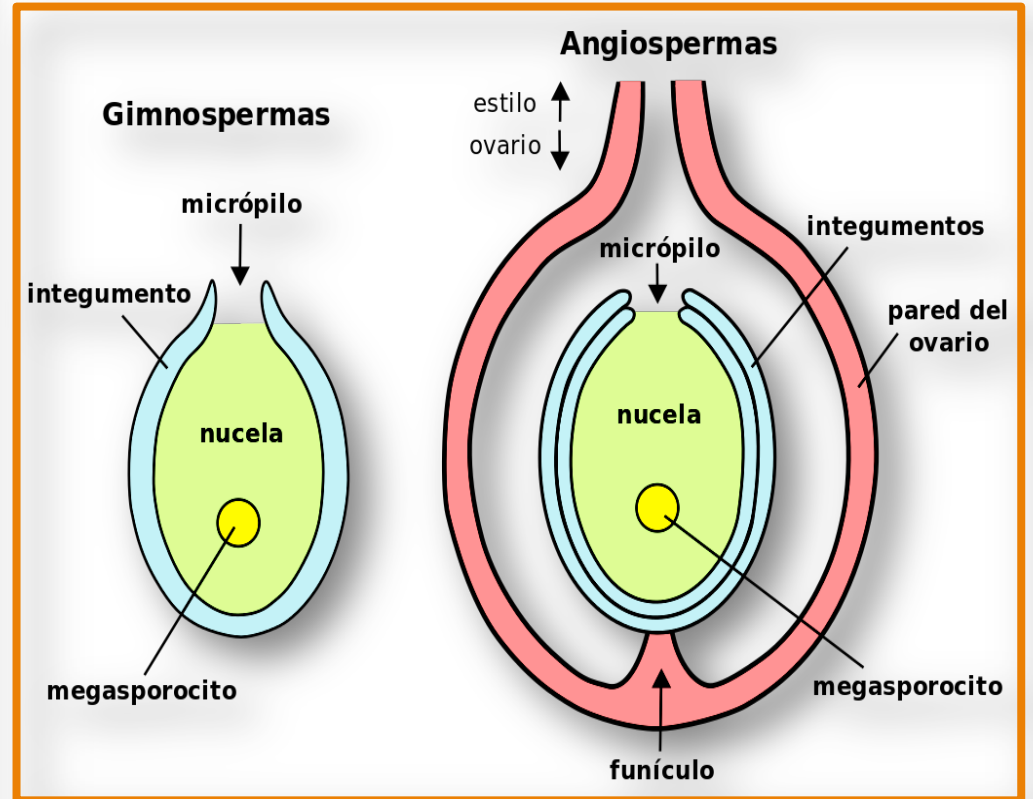
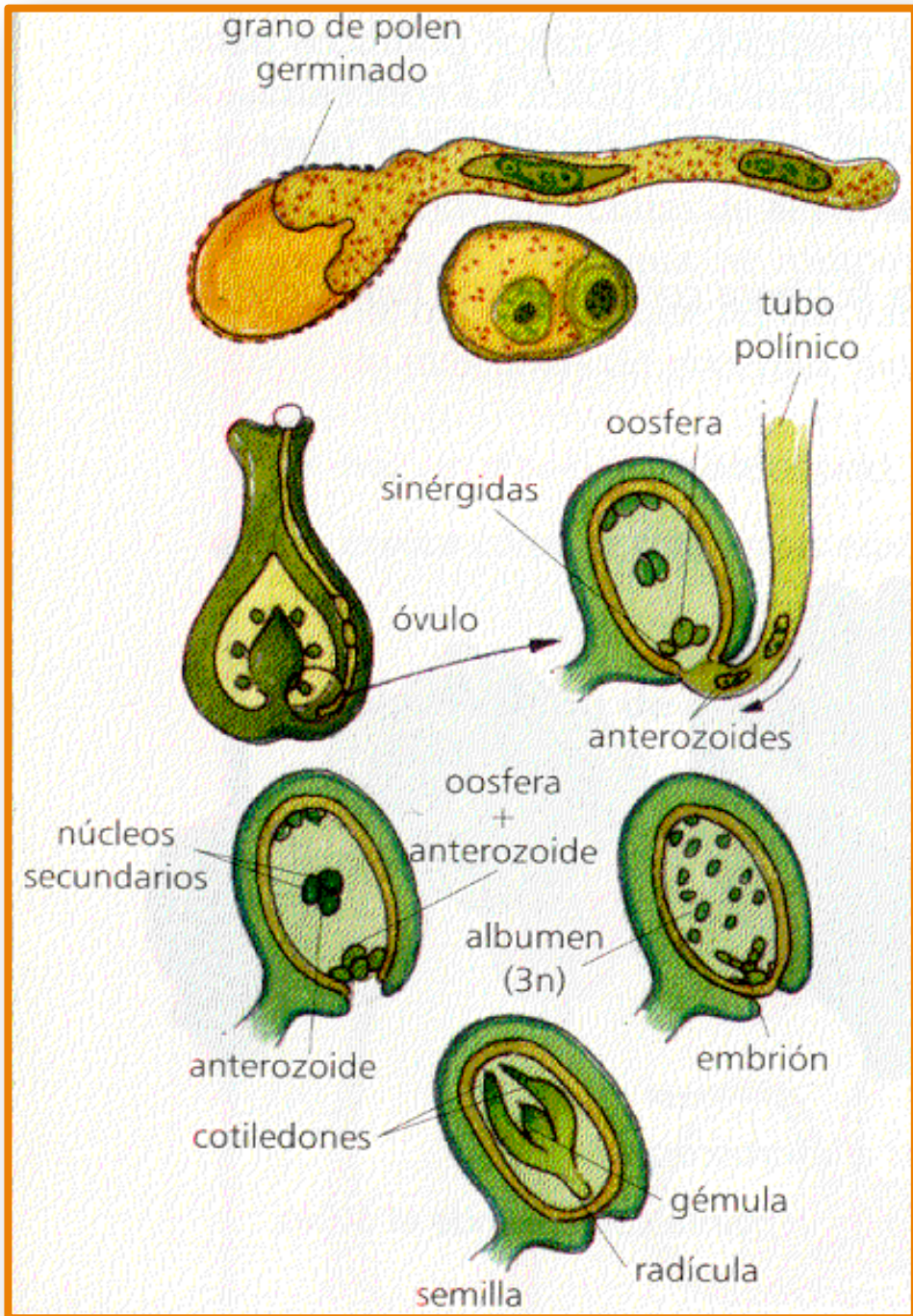
RUDIMENTO SEMINAL (ÓVULO)

En los carpelos, en el interior de los ovarios, se encuentran los **óvulos**.

Cada uno está unido al ovario por el **funículo** y protegido por **dos envueltas celulares**: una más externa, la **primina**, y otra más interna, la **secundina**. Ambas lo rodean **dejando una parte libre: el micropilo**.

En su **interior** encontramos una masa de células: la **nucela**, una de las células de la nucela es la célula madre del **saco embrionario**.





FLORES DE POLINIZACIÓN POR EL VIENTO (Anemófilas)

Wind Pollinated Flowers

Awn: a bristle-like extension of the floret is typical of grasses.

Stigma: Large and feathery, suspended clear of the flower by long styles.

Large quantities of smooth, dry pollen are produced but there no scent or nectar.

Leaf-like structures enclose both the spikelet and the individual florets themselves.

One of the florets inside a spikelet

Elytra

Anther: Hangs well clear of the leaf scale and produces light-weight pollen which is easily carried away.

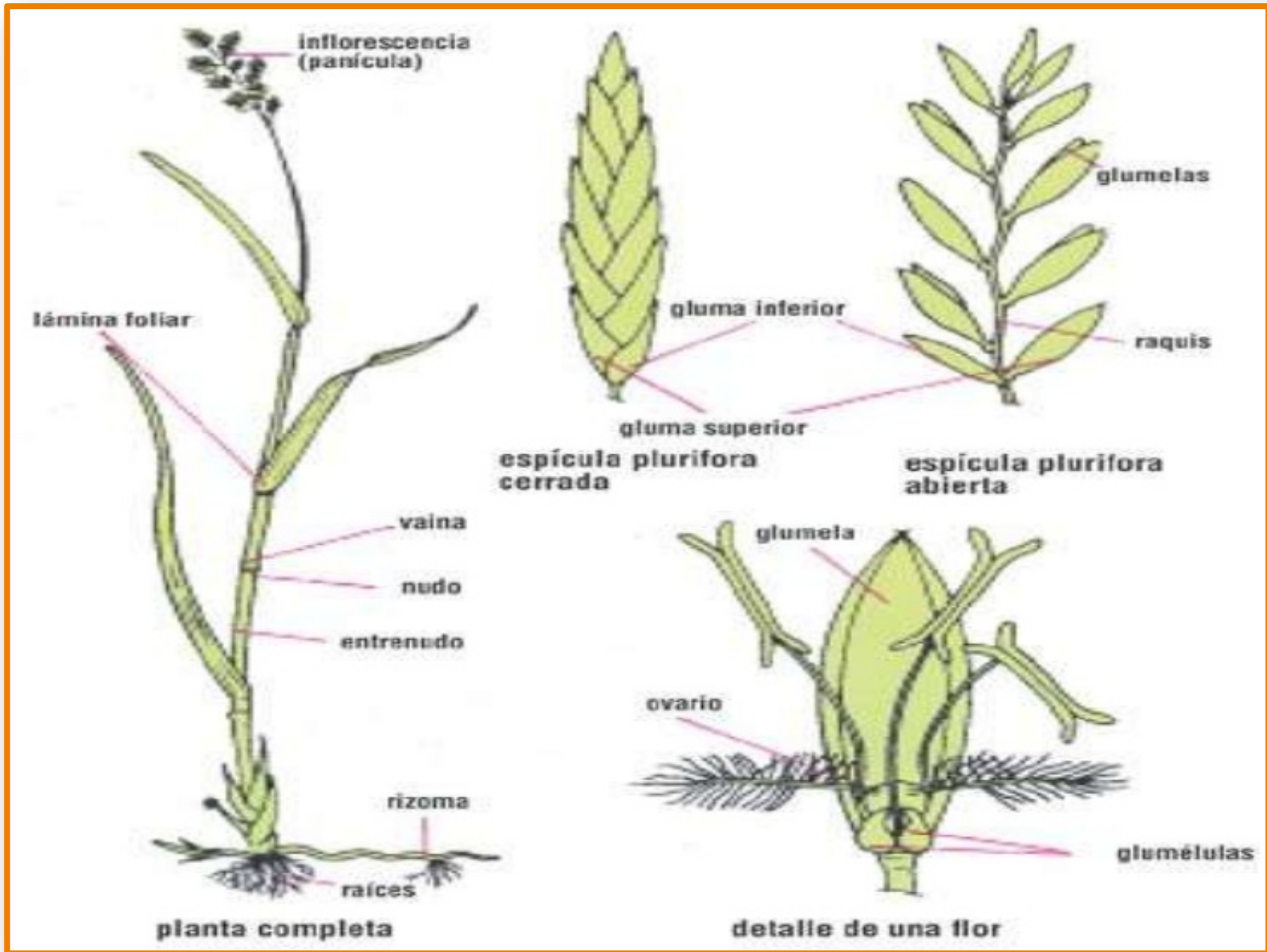
Wind pollinated flowers typically have a non-showy inflorescence, with numerous **spikelets**. Each spikelet contains several florets.



Oats



Most grasses are wind pollinated. The feathery appearance of their flowers is typical of wind pollinated plants.





2. Mutualismo entre flores y polinizadores.

Término clave

La mayoría de las plantas con flores tienen relaciones de mutualismo con polinizadores para su reproducción sexual

La **reproducción sexual** en plantas con flores depende de la transferencia de polen desde el estambre de una planta al estigma de otra planta.

El polen **se transfiere de una planta a otra** mediante una serie de estrategias que incluyen el viento y, menos comúnmente, el agua, pero sobre todo los animales conocidos como polinizadores. Las aves, los murciélagos y los insectos, como las mariposas y las abejas, son ejemplos de polinizadores.

El **mutualismo es una relación estrecha entre dos organismos que beneficia a ambos organismos**. Los polinizadores obtienen alimento en forma de néctar y la planta obtiene un medio para transferir su polen a otras plantas.



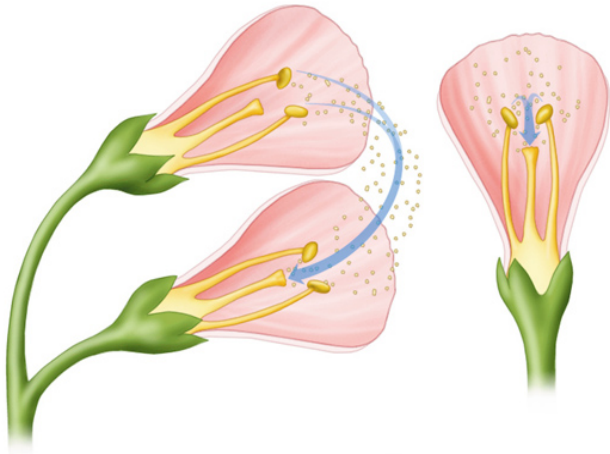
*Abeja (*Apis mellifera*) cubierta de polen después de visitar una flor de malva (*Malva sylvestris*).*



*Colibrí caribeño gorgimorado (*Eulampis jugularis*) cuyo pico curvado es una adaptación para extraer el néctar de la flor de *Heliconia bihai*, que es muy alargada.*

LA POLINIZACIÓN

AUTOPOLINIZACIÓN



SEGÚN LA PROCEDENCIA DEL POLEN

POLINIZACIÓN CRUZADA

Aunque la mayoría de especies tienen flores hermafroditas, recurren a la polinización cruzada para aumentar la diversidad genética.

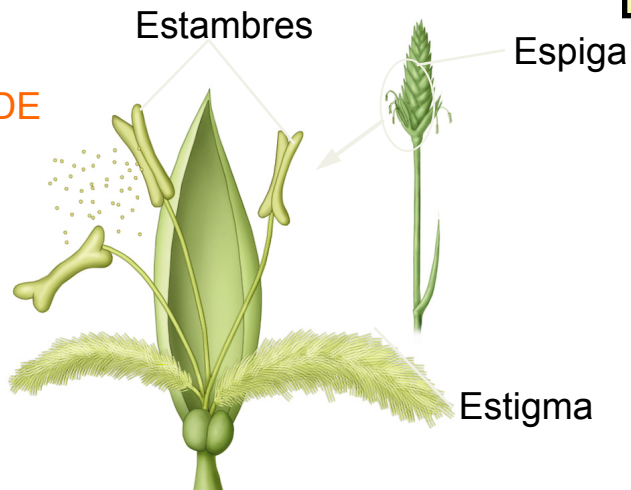


POLINIZACIÓN ANEMÓGAMA

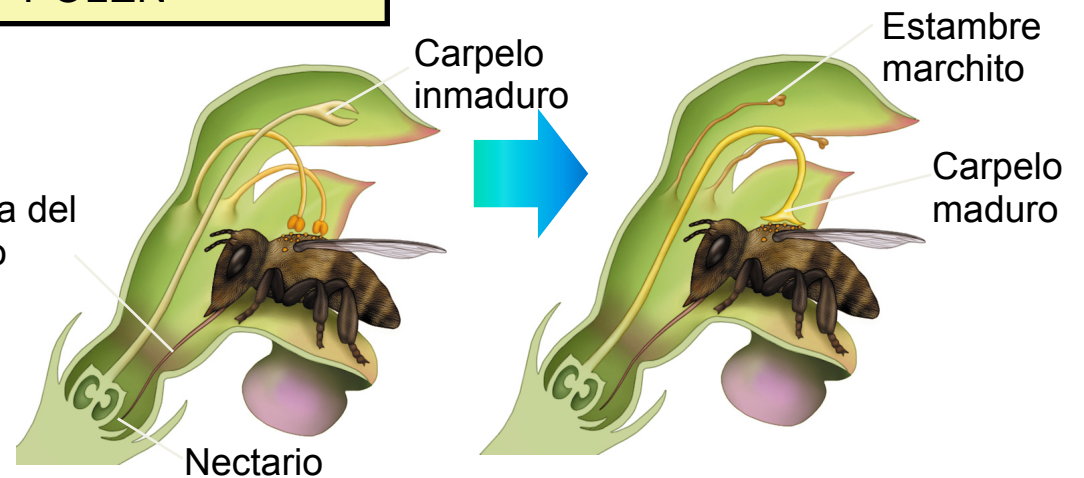
SEGÚN EL MECANISMO DE TRANSPORTE DEL POLEN

POLINIZACIÓN ENTOMÓGAMA

FLOR DE TRIGO



Trompa del insecto



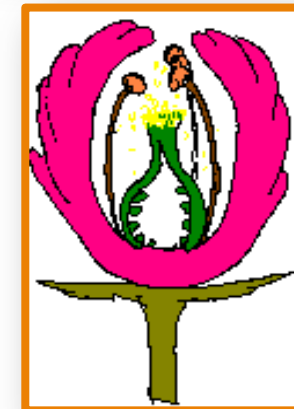
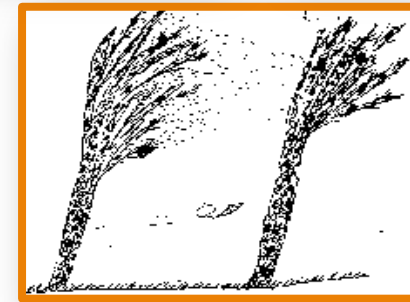
Polinización cruzada

Polinización zoófila: Cuando está realizada por animales diversos como insectos (polinización entomófila), pájaros (polinización ornitófila) etc. que transportan el polen en su propio cuerpo.

Polinización anemófila: Cuando es el viento el encargado de transportar el polen. Tiene lugar en plantas de flores poco vistosas pero que producen gran cantidad de polen, como los pinos.

Autopolinización:

Cuando el polen de los estambres de una planta cae sobre el estigma de la misma planta.





3. Polinización, fertilización y dispersión de semillas .

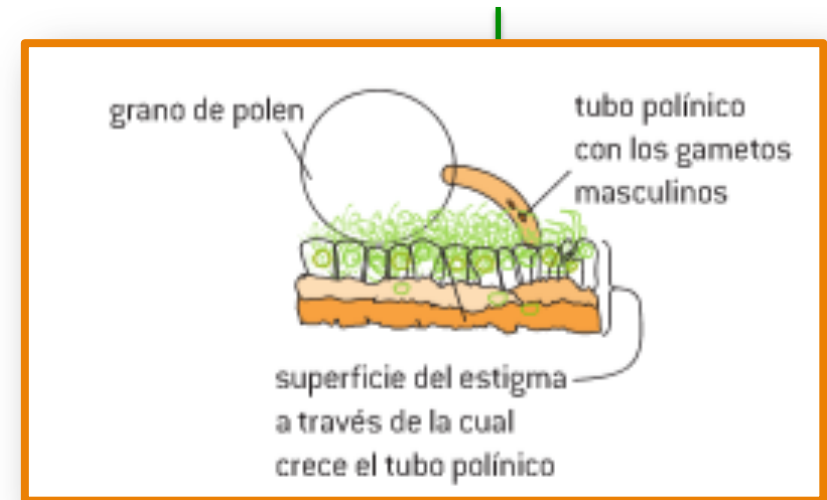
Término clave

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

El siguiente proceso después de la polinización es la **fertilización**. De cada **grano de polen** en el estigma crece un tubo que baja por el estilo hasta el ovario. El **tubo polínico** lleva gametos masculinos para fertilizar el ovario. El ovario se encuentra dentro de una pequeña estructura redondeada denominada óvulo.

El **óvulo fertilizado se convierte en una semilla y el ovario se convierte en un fruto**.

Las semillas no pueden moverse por si solas; no obstante, a menudo recorren largas distancias desde la planta parental. Esto se denomina **dispersión de semillas** y reduce la competencia entre la planta parental y su descendencia, además de ayudar a difundir la especie. El tipo de dispersión de semillas depende de la estructura del fruto: seco y explosivo, carnoso y atractivo como alimento para los animales, con plumas o alas para atrapar el viento, o ganchudo para agarrarse al pelaje de los animales.



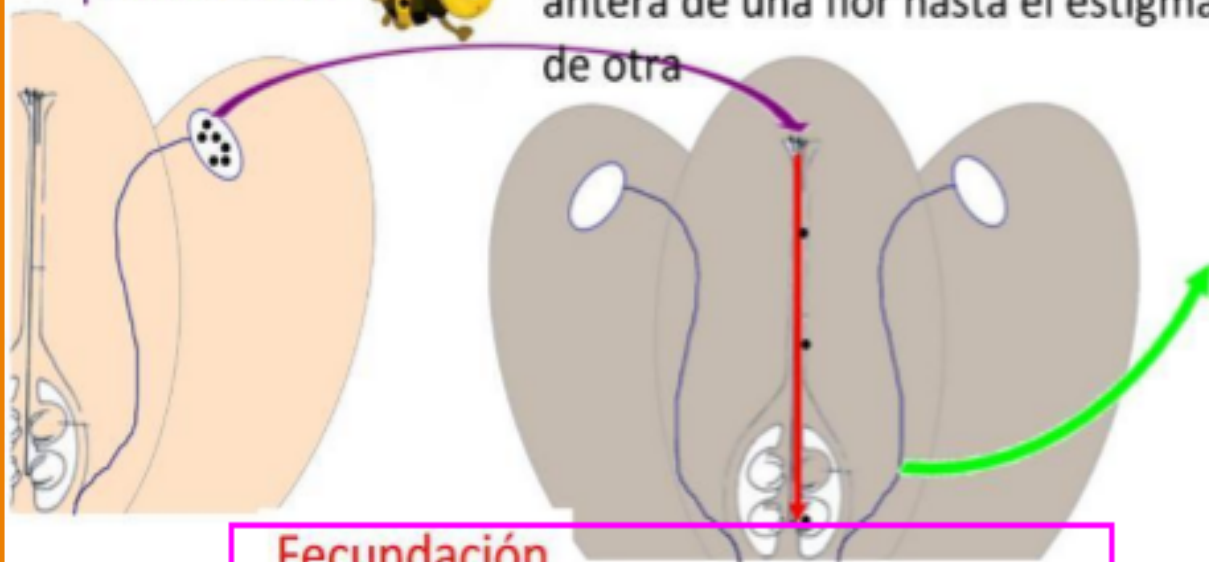
Grano de polen germinando en un estigma al inicio del proceso de fertilización.

El proceso de reproducción en angiospermas

polinización



El polen es transportado desde la antera de una flor hasta el estigma de otra



Fecundación

El tubo polínico crece desde el estigma hasta el ovario, a través del estilo. El polen alcanza al óvulo y se produce la fecundación.

Dispersión de la semilla

Una vez que la semilla se ha desarrollado a partir del óvulo, está lista para la dispersión.

FRUTOS DISPERSADOS POR EL VIENTO



FRUTOS DISPERSADOS POR EL AGUA

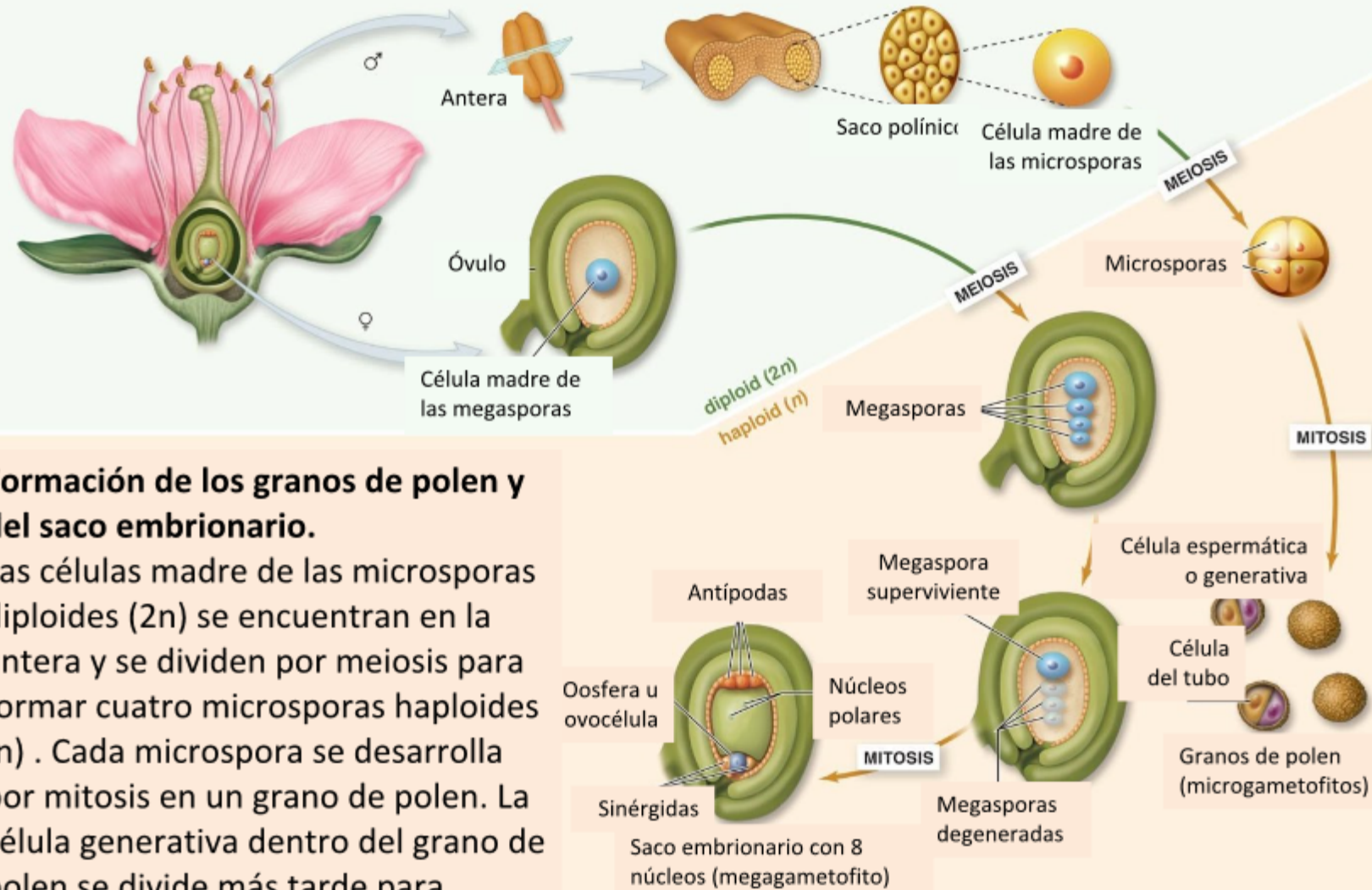


FRUTOS DISPERSADOS SOBRE ANIMALES



FRUTOS DISPERSADOS POR LOS EXCREMENTOS DE LOS ANIMALES

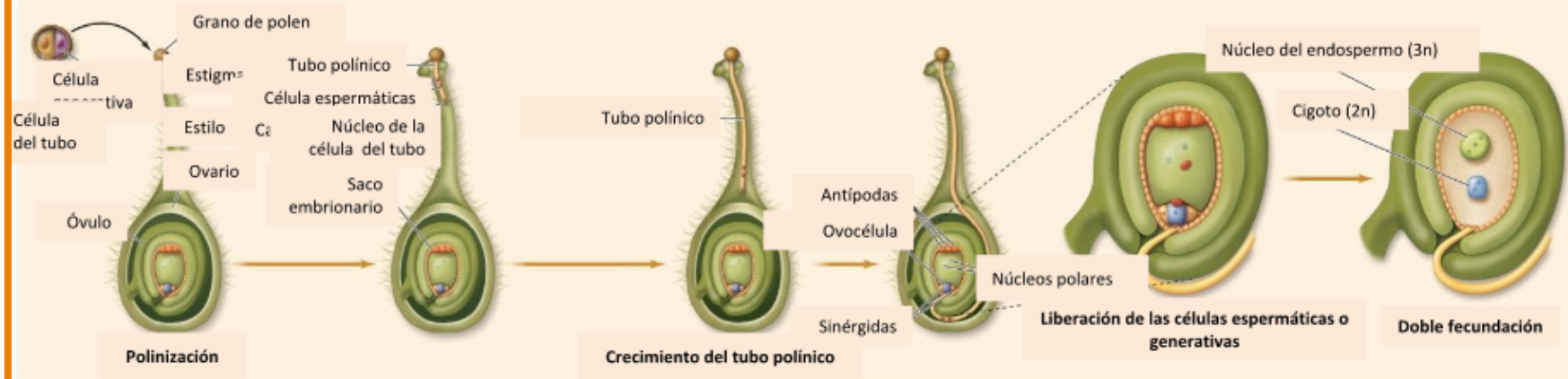




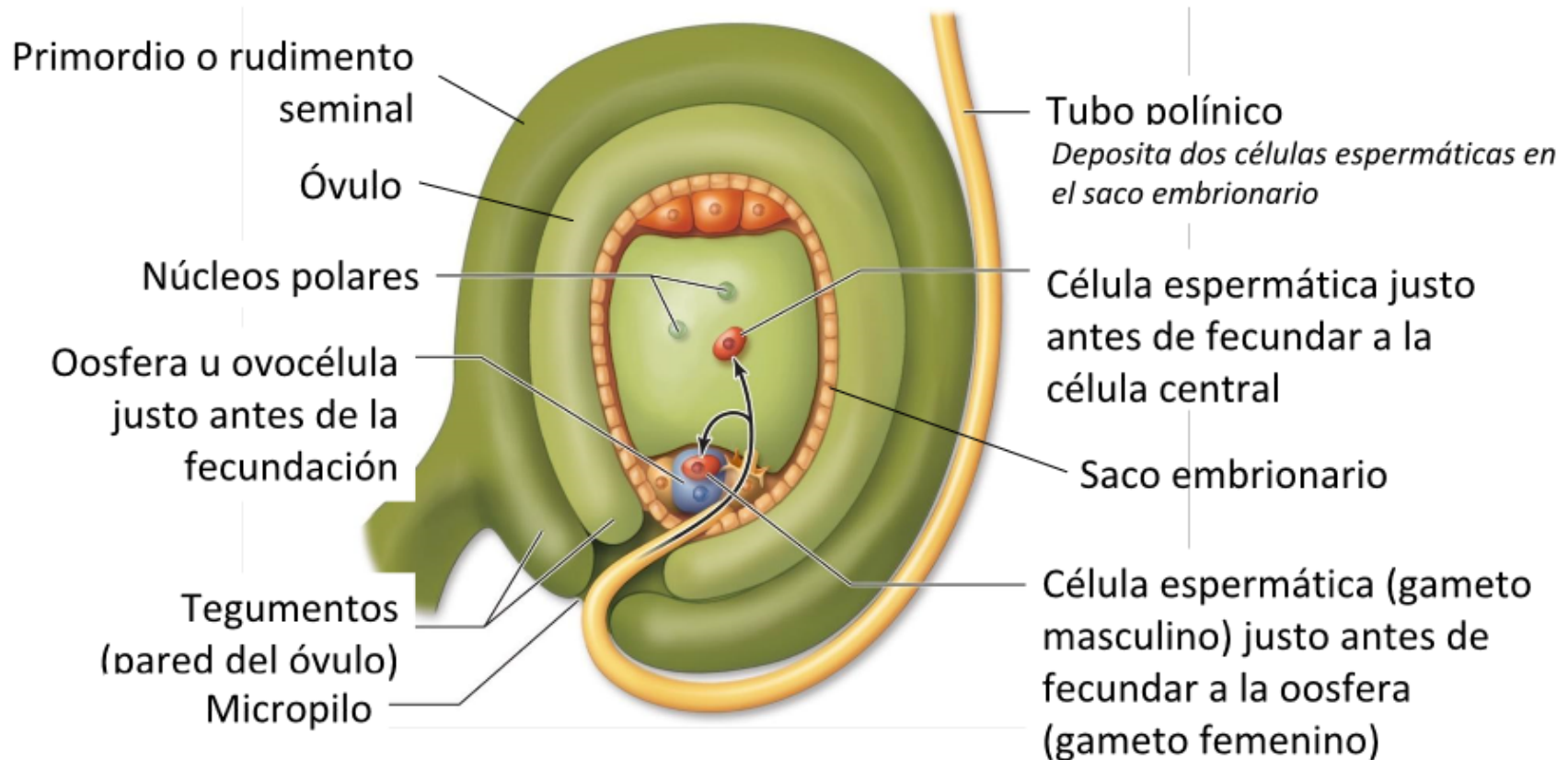
Formación de los granos de polen y del saco embrionario.

Las células madre de las microsporas diploides ($2n$) se encuentran en la antera y se dividen por meiosis para formar cuatro microsporas haploides (n). Cada microspora se desarrolla por mitosis en un grano de polen. La célula generativa dentro del grano de polen se divide más tarde para formar dos células espermáticas.

Dentro del óvulo, una célula madre de megasporas diploide se divide por meiosis para producir cuatro megasporas haploides. Por lo general, sólo una de las megasporas sobrevive, y las otras tres degeneran. La megaspora que sobrevive se divide por mitosis para producir un saco embrionario con ocho núcleos.



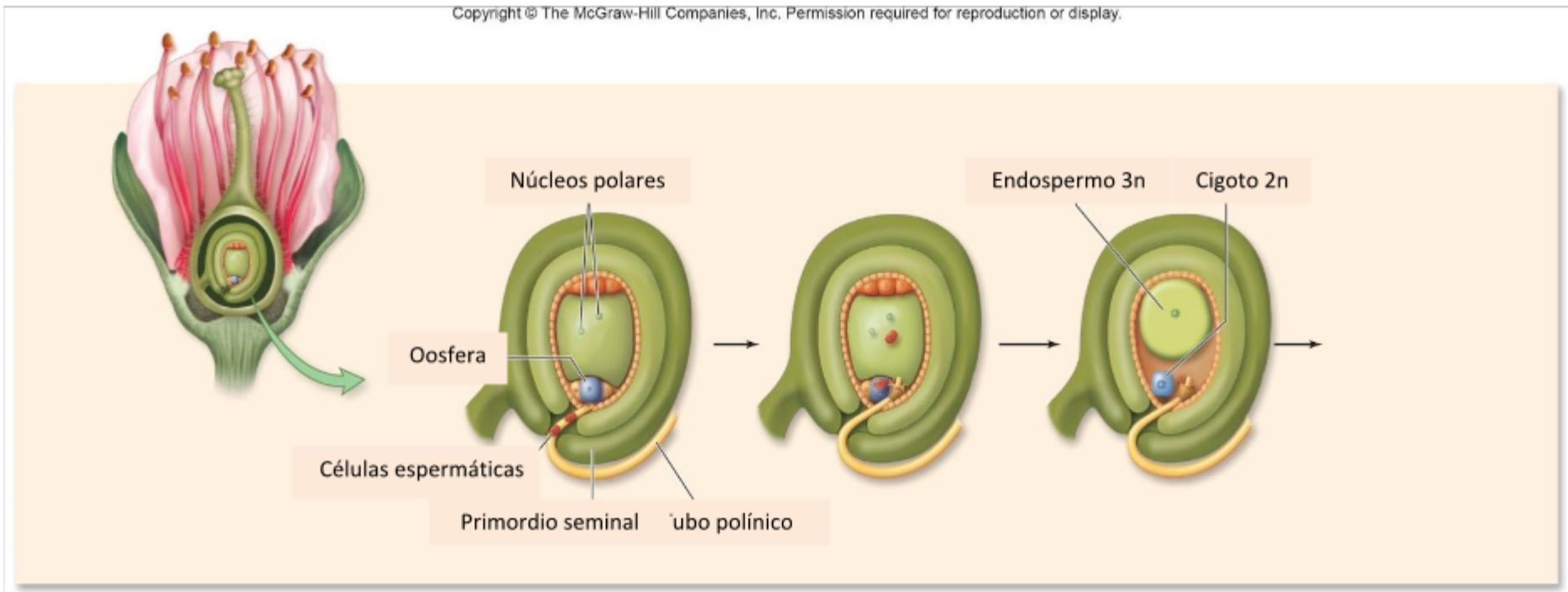
Formación del tubo polínico y doble fecundación



Etapas en el desarrollo del embrión de una Angiosperma

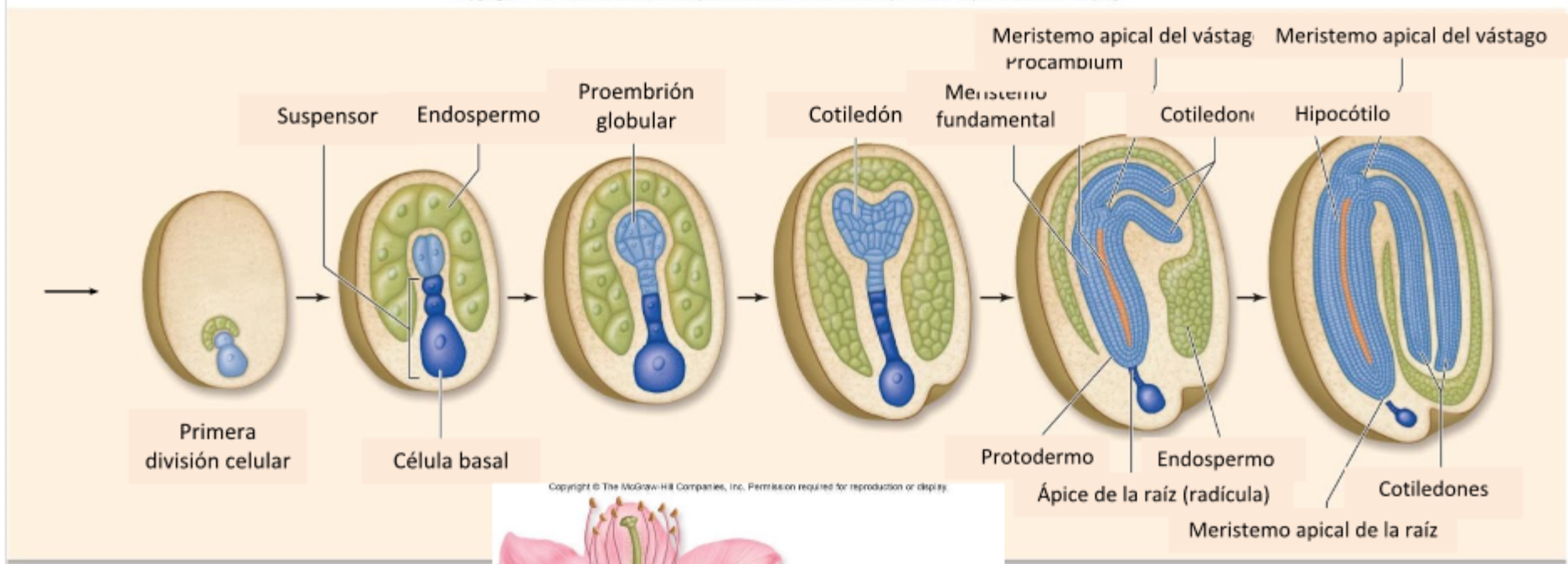
- La oosfera u ovocélula, dentro del saco embrionario, es fecundada por una de las células espermáticas liberada por el tubo polínico formando el cigoto ($2n$) que por divisiones posteriores dará lugar al embrión.
- La segunda célula espermática fecunda a la célula central con sus dos núcleos polares y se inicia el desarrollo del endospermo ($3n$).

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

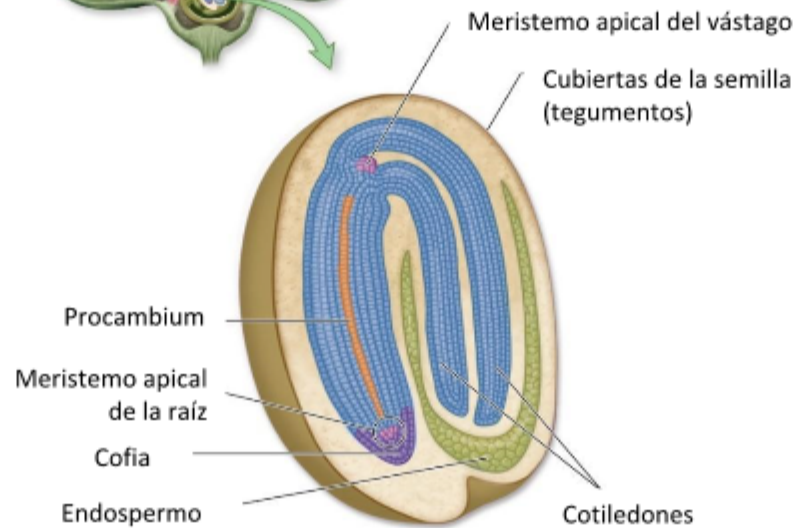


Etapas en el desarrollo del embrión de una Angiosperma

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



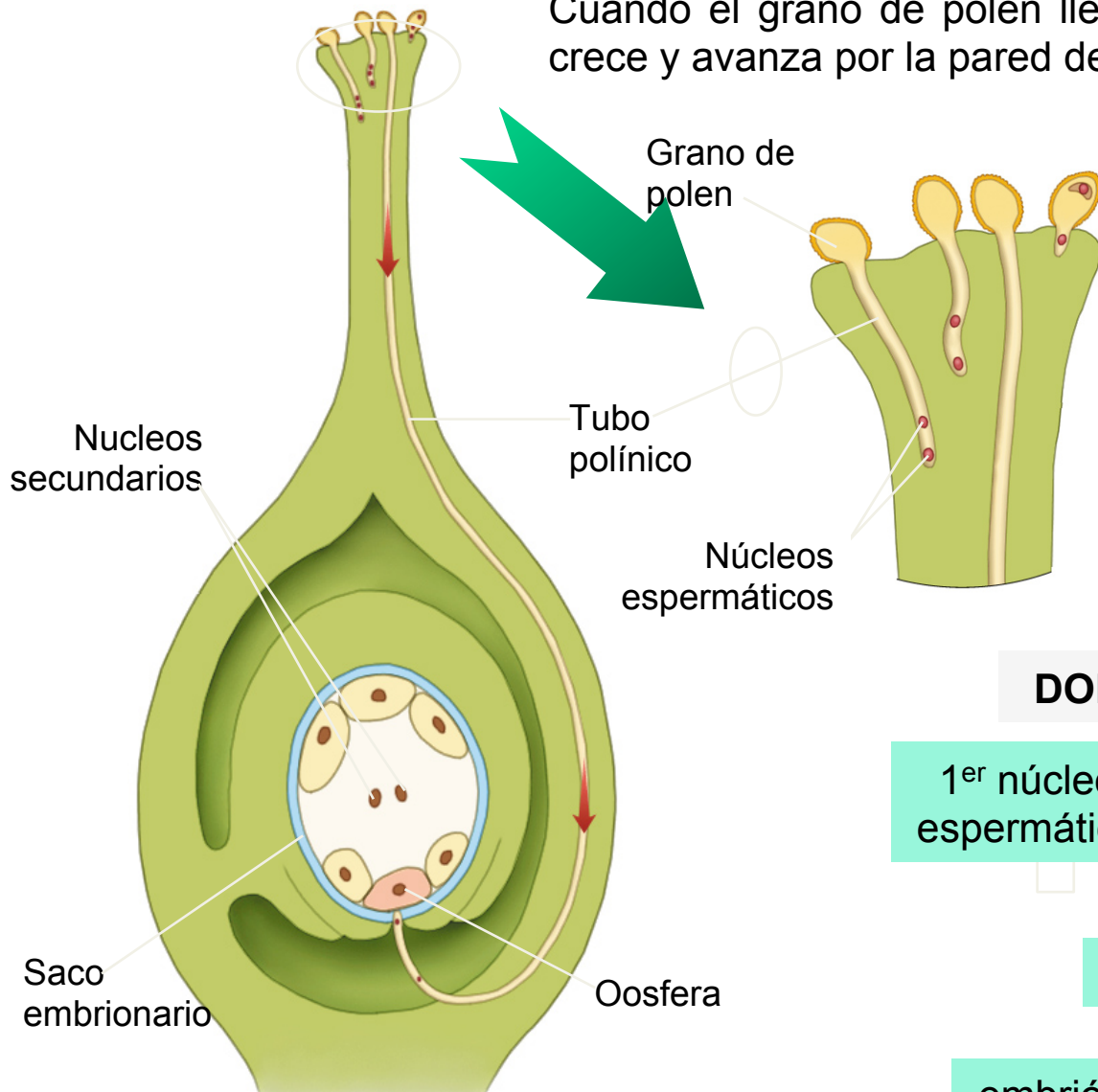
Las primeras divisiones mitóticas del embrión son asimétricas



Desarrollo de la semilla. Los tegumentos que formaban la pared del óvulo se convierten en la cubierta de la semilla (testa). Los cotiledones adoptan una forma curvada para adaptarse a la forma de la semilla.

FORMACIÓN DE LA SEMILLA

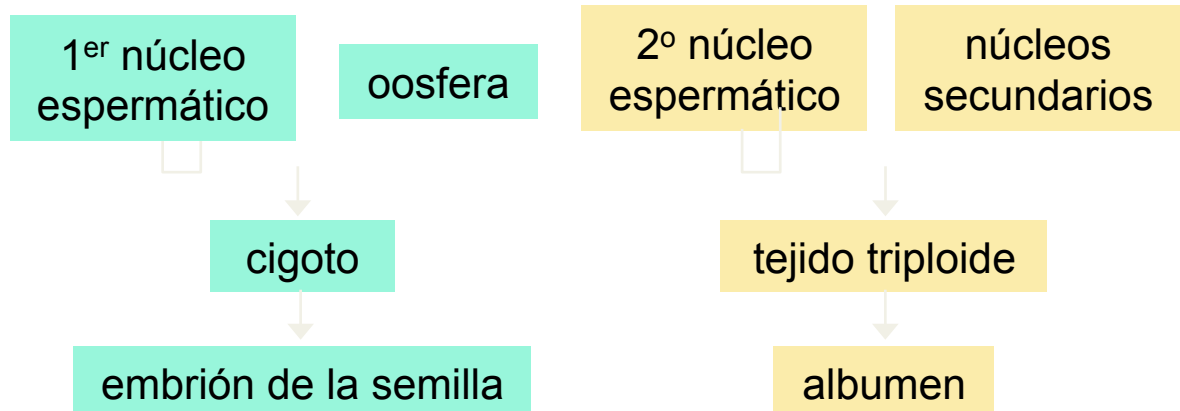
Cuando el grano de polen llega a un estigma se forma el tubo polínico que crece y avanza por la pared del estilo y del ovario hasta llegar al óvulo.



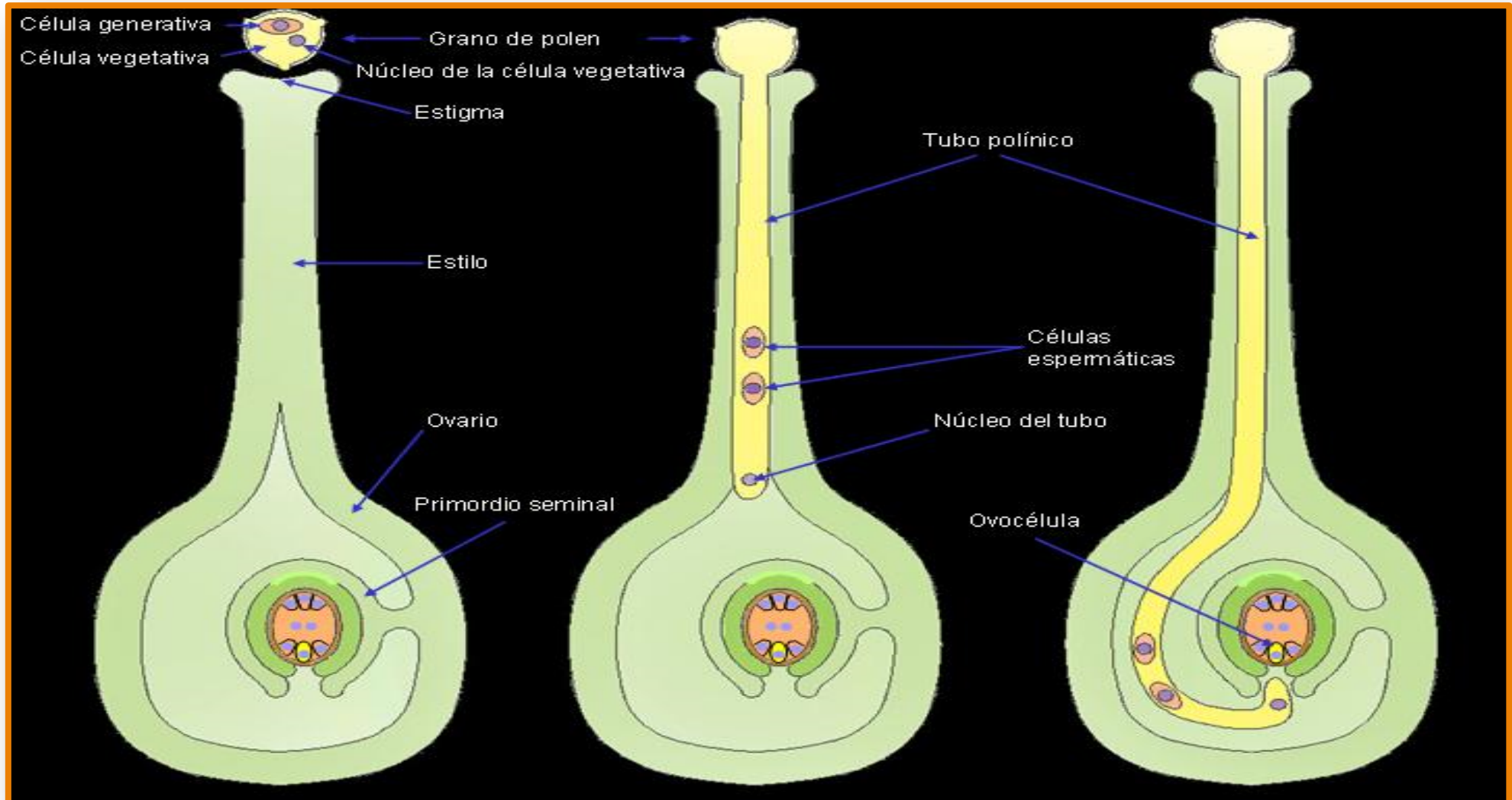
En el interior del óvulo se forma el saco embrionario formado por ocho células haploides una de ellas con dos núcleos.

Por el tubo polínico descienden dos gametos masculinos (**núcleos espermáticos**).

DOBLE FECUNDACIÓN EN ANGIOSPERMAS



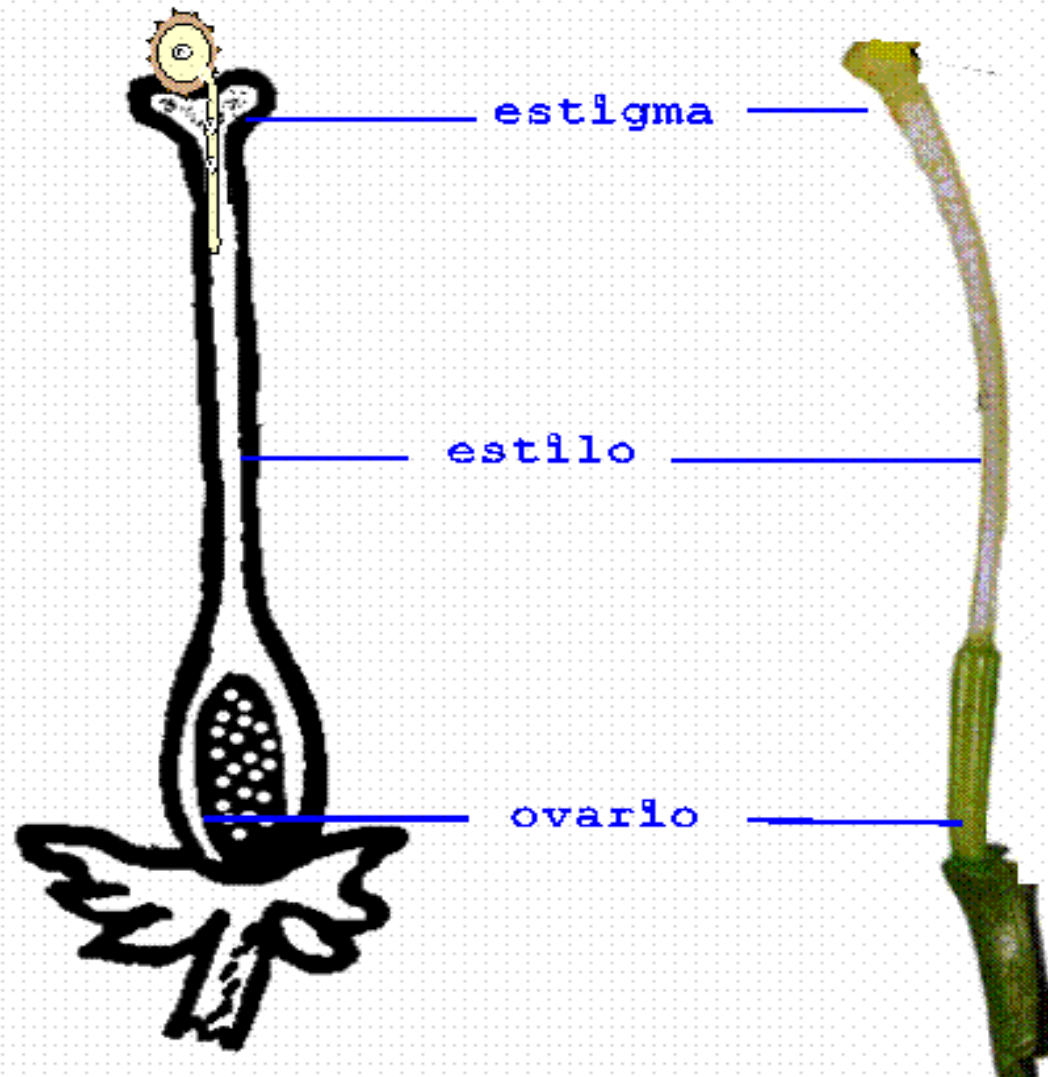
Doble Fecundación



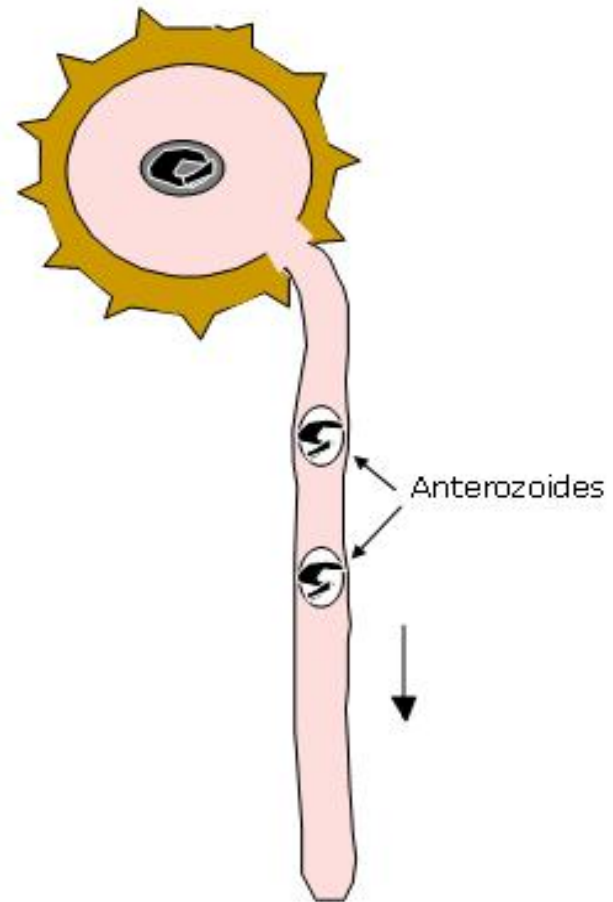
Doble Fecundación

POLINIZACIÓN Y FORMACIÓN DEL TUBO POLÍNICO.

Una vez el grano de polen ha llegado al estigma de la flor, ésta produce sustancias que van a provocar la formación, por parte del grano de polen, de un largo tubo: el tubo polínico.

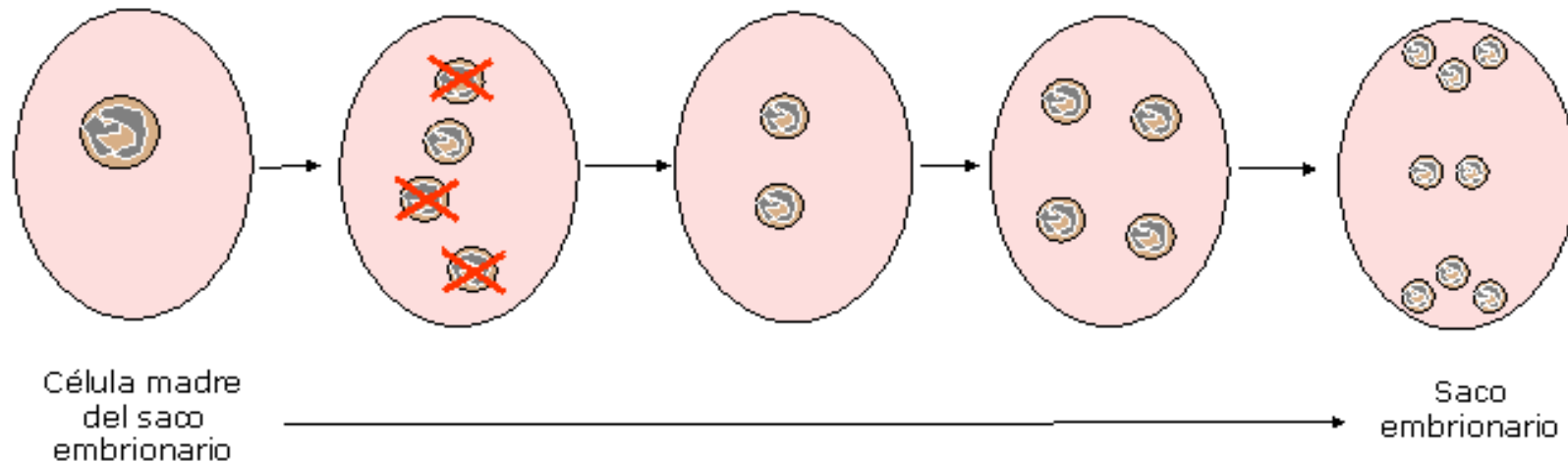


Formación de los gametos masculinos.



Formación del saco embrionario.

La **célula madre del saco embrionario** se desarrolla considerablemente y se divide dando cuatro núcleos. Generalmente tres de ellos degeneran y el que perdura se divide varias veces (tres, normalmente) formando el **saco embrionario**. Cada saco embrionario contiene ocho núcleos.



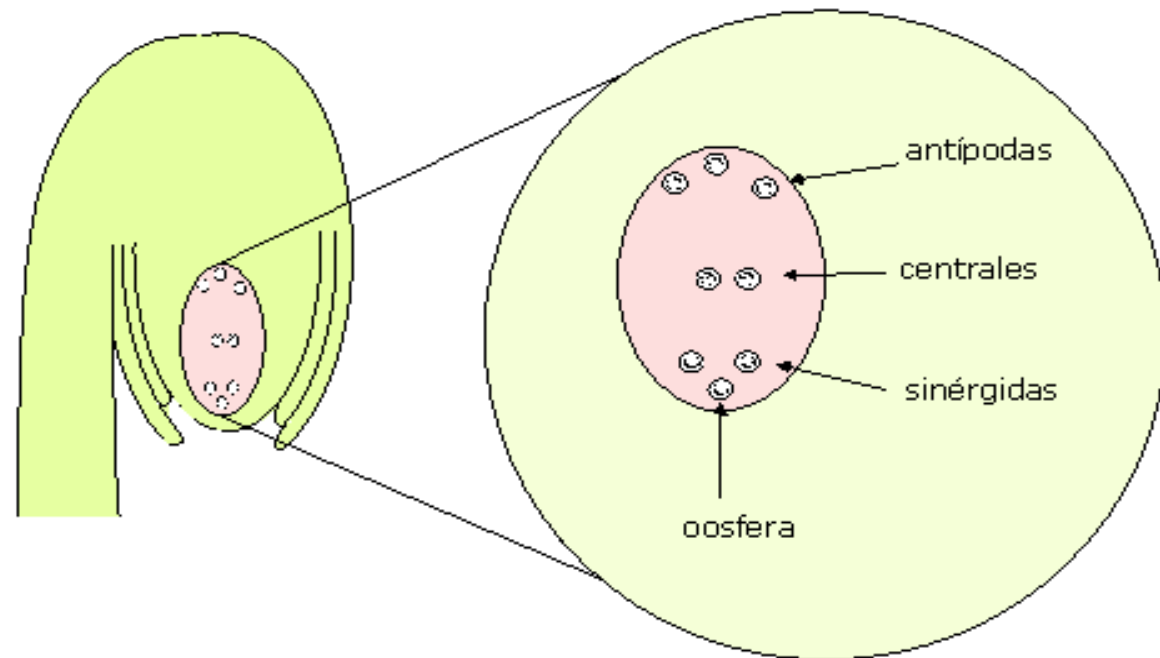
El saco embrionario.

Los tres núcleos inferiores, los más próximos al micropilo, son las **sinérgidas**. Una de las sinérgidas, la central, es el gameto femenino u **oosfera**.

Otros dos núcleos se denominan **centrales**.

En la parte opuesta a las sinérgidas se encuentran las **antípodas**.

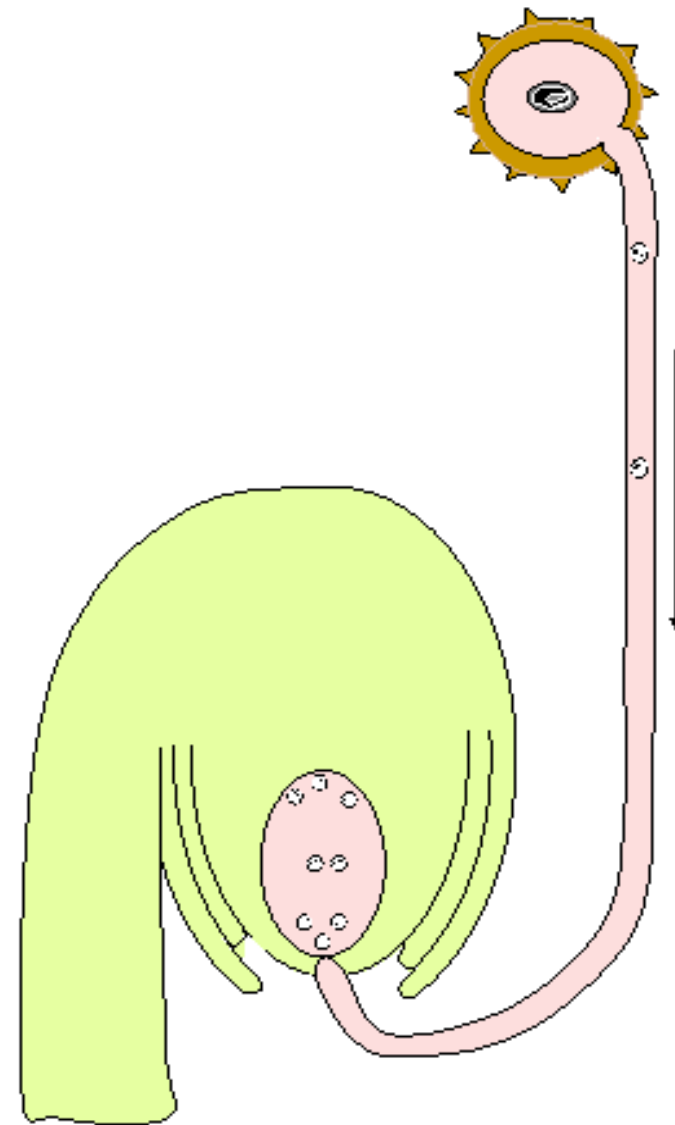
Dos sinérgidas y las tres antípodas no tienen ninguna función y después de la fecundación desaparecen.



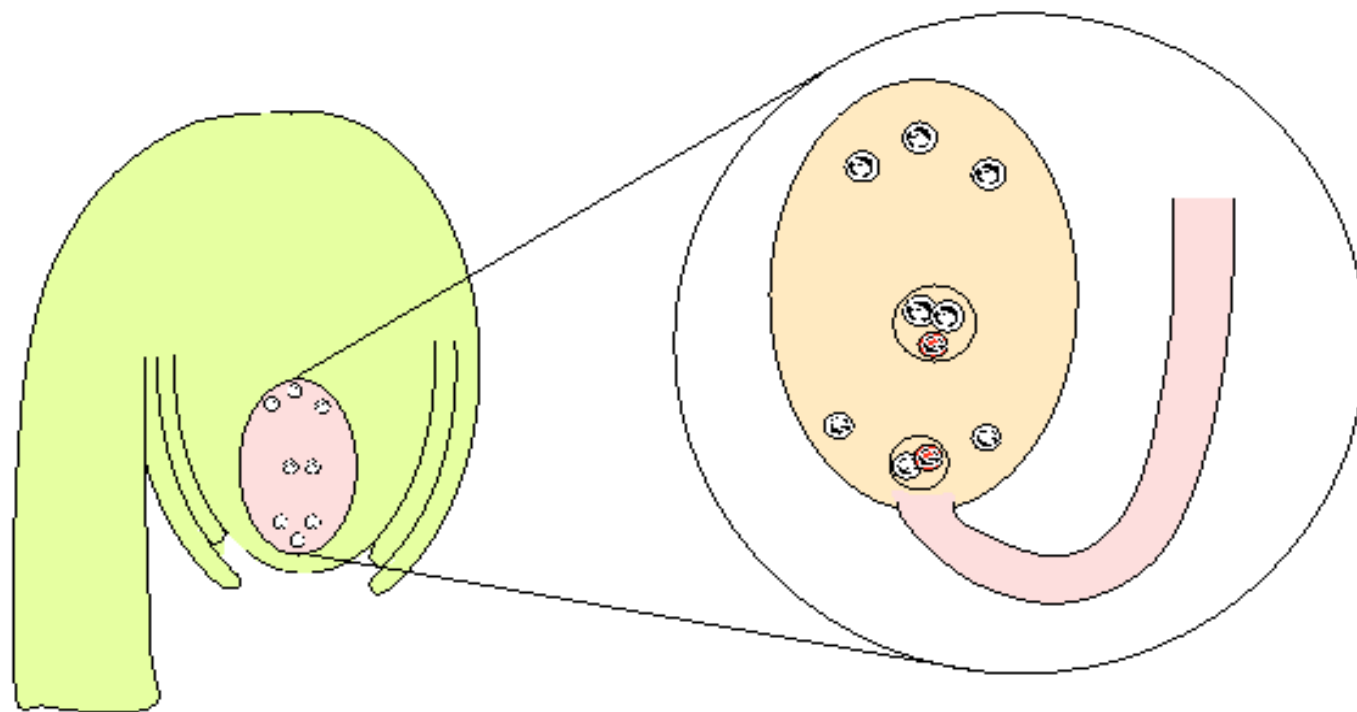
La doble fecundación.

Una vez que el tubo polínico ha contactado con uno de los sacos embrionarios presentes en el ovario, ambos anterozoides pasan a su interior. Uno de ellos se fusiona con la oosfera y formará un núcleo que dará lugar al embrión; el otro se une con los dos núcleos centrales del saco embrionario formando un núcleo que dará lugar al tejido nutritivo de la semilla llamado: albumen o endospermo.

Vemos que en el interior del saco embrionario se produce una doble fecundación.



REPRODUCCIÓN EN LAS PLANTAS CON FLOR: LA DOBLE FECUNDACIÓN.



Preguntas basadas en datos: Factores que afectan el desarrollo del polen

Los granos de polen a veces se desarrollan al colocarlos en una gota de líquido sobre un portaobjetos de microscopio. La composición del líquido y su temperatura influyen en si el polen se desarrolla o no. La tabla 1 muestra los resultados de estudios sobre el desarrollo del polen de distintas especies de plantas en Hong Kong.

1 Los datos de la tabla 1 son difíciles de analizar en su forma actual. Elige formatos de presentación adecuados que te permitan mostrar los datos claramente e identificar

tendencias significativas. Puedes utilizar programas de representación gráfica o bien dibujar a mano gráficos, tablas o diagramas.

- Describe claramente cualquier tendencia que hayas observado en los datos. Trata de explicar cada tendencia valiéndote de tus conocimientos biológicos.
- Identifica puntos débiles en los datos obtenidos, si los hay. Sugiere cómo podría haberse mejorado la investigación.

Especie de planta	Diámetro del grano de polen (μm)	Crecimiento medio del tubo polínico ($\mu\text{m h}^{-1}$)	Concentración óptima de sacarosa (mmol dm^{-3})
<i>Bougainvillea glabra</i>	44,00	41,8	0,75
<i>Delonix regia</i>	70,30	4,9	0,45
<i>Leucaena leucocephala</i>	64,60	111,0	0,75
<i>Bauhinia purpurea</i>	71,50	69,9	0,45
<i>Lilium bulbiferum</i>	91,60	11,1	0,30
<i>Gladiolus gandavensis</i>	86,82	50,6	0,45

Concentración de sacarosa (mmol dm^{-3})	Porcentaje de granos de polen de <i>Camellia japonica</i> que se desarrollaron
0,30	22,5
0,46	23,0
0,60	13,0
0,75	0,0
0,90	0,0

Concentración de iones de cobre (ppm)	Crecimiento medio de los tubos polínicos de <i>Bougainvillea glabra</i> ($\mu\text{m h}^{-1}$)
0,0	33,6
1,0	25,1
2,5	15,5
5,0	10,8
25,0	0,0

▲ Tabla 1

Protección de hábitats como medida de conservación

Cambio de paradigma: más del 85% de las 250.000 especies 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.

El aumento del número y del tipo de amenazas a la biodiversidad, en combinación con los escasos recursos que se destinan a la conservación, hacen que sea necesario replantearse las medidas de conservación tradicionales. Tradicionalmente, las labores de conservación se han concentrado en las poblaciones y especies más preocupantes. La estrecha relación entre organismos como los polinizadores y las plantas con flores sugiere que lo que hay que proteger es el ecosistema y los procesos biológicos.

El cactus saguaro (*Carnegiea gigantea*) es una especie clave del desierto de Sonora, en Estados Unidos y México, pues es un posadero y un lugar de nidificación importante para aves como el busardo colirrojo, diversas especies de pájaro carpintero, el mochuelo y el martín azul, entre otras. Cuando madura el fruto del saguaro, el murciélago lengüilargo de Sandborn (*Leptonycteris yerbabuenae*), la zenaida aliblanca, el carpintero de Gila y otras aves lo consumen y dispersan las semillas, que pasan intactas por sus intestinos.



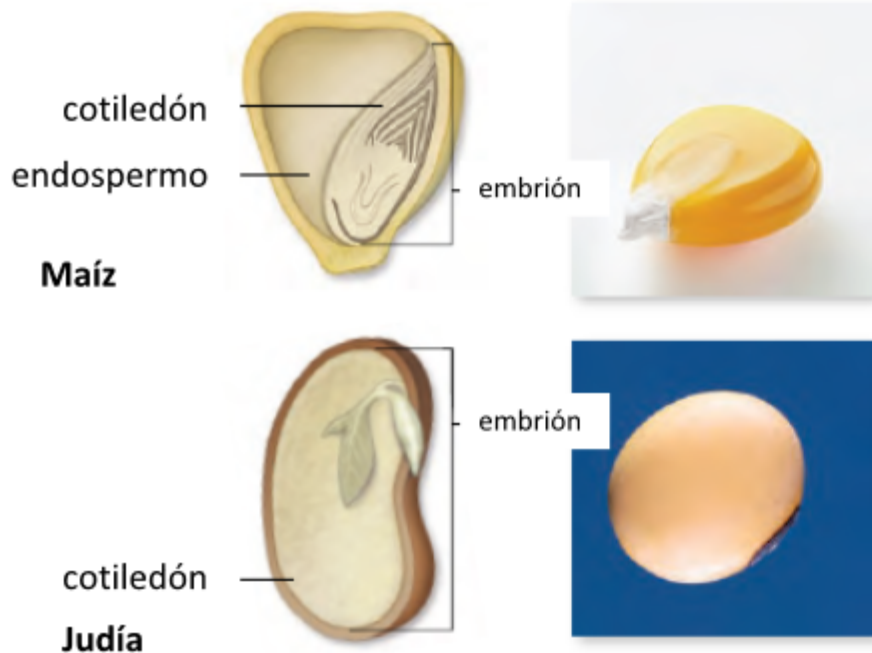
▲ Figura 9 Murciélago acercándose a una flor de saguaro

Las flores del saguaro florecen solo una noche al año, y su néctar atrae al murciélago lengüilargo de Sandborn y al murciélago hociquilargo mexicano (*Choeronycteris mexicana*). Los murciélagos usan sus hocicos alargados para llegar al néctar de las flores y, al hacerlo, sus cabezas se cubren de polen que luego transfieren de flor en flor al volar de un cactus a otro durante la noche.

El murciélago lengüilargo de Sandborn está catalogado como especie en peligro de extinción en la legislación de Estados Unidos.

Sin embargo, los pastos invasores, la reducción del desierto para construir viviendas y los cambios en los ciclos naturales de los incendios amenazan a los saguaros. La supervivencia tanto de los murciélagos como de las plantas del desierto que les proporcionan alimento está amenazada por la pérdida del hábitat. El futuro del ecosistema del desierto de Sonora depende de la protección de las funciones que desempeñan el murciélago, el saguaro y los animales que dispersan las semillas.

Reservas alimenticias en la semilla



El endospermo en la semilla del maíz (monocotiledónea) y de la judía (dicotiledónea). El grano de maíz mantiene el endospermo, pero en la judía desaparece ya que sus nutrientes son trasladados al interior de los cotiledones.

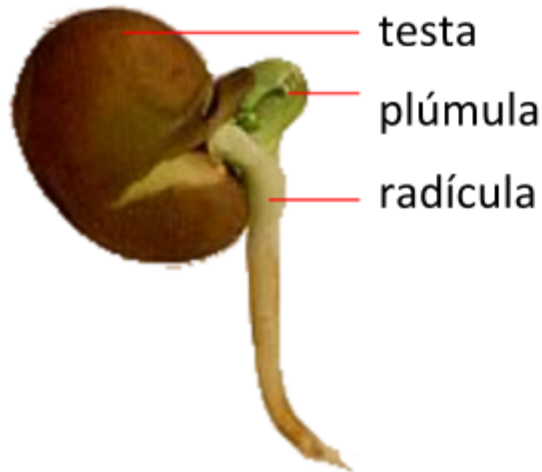
Durante el desarrollo embrionario ocurren otros fenómenos:

- Desarrollo de una reserva de nutrientes (almidón, lípidos y proteínas) para que la semilla pueda después germinar y crecer antes de hacer fotosíntesis.
- Desarrollo de las cubiertas protectoras de la semilla.
- Desarrollo de un fruto que envuelve a la semilla (en Angiospermas).

Una vez formada, la semilla entra en una fase durmiente o de latencia hasta que se produzca su germinación.

Semillas dicotiledóneas

¿Qué parte de la semilla nos permite saber si es una dicotiledónea?

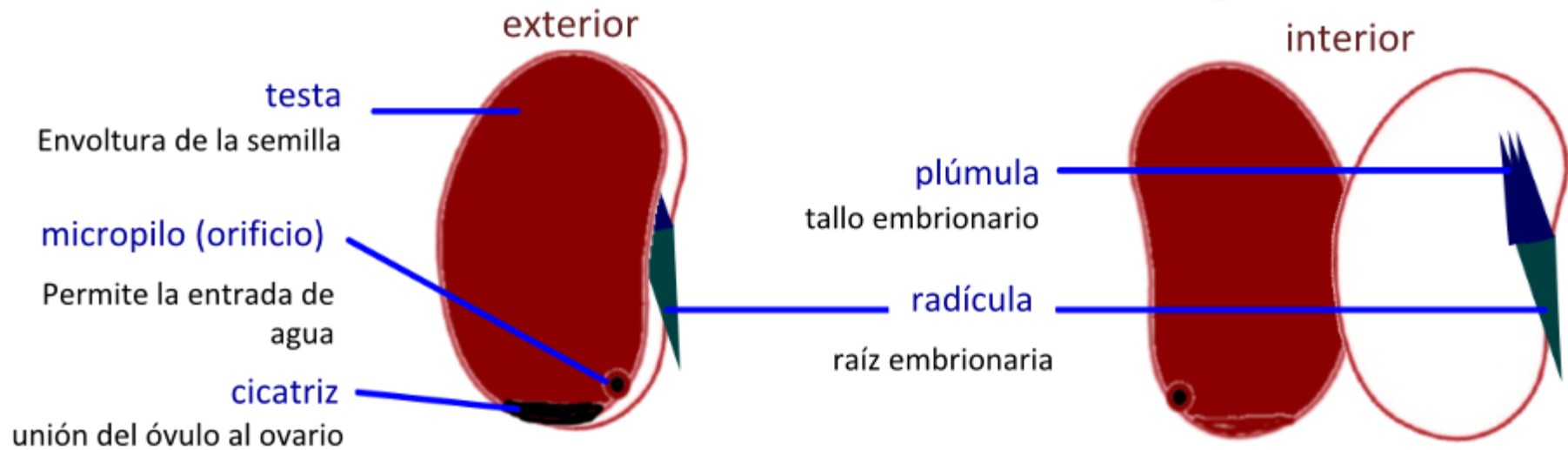


e.g. green bean seed



<http://www.bioscience.heacademy.ac.uk/journal/vol11/beej-1-3.aspx>

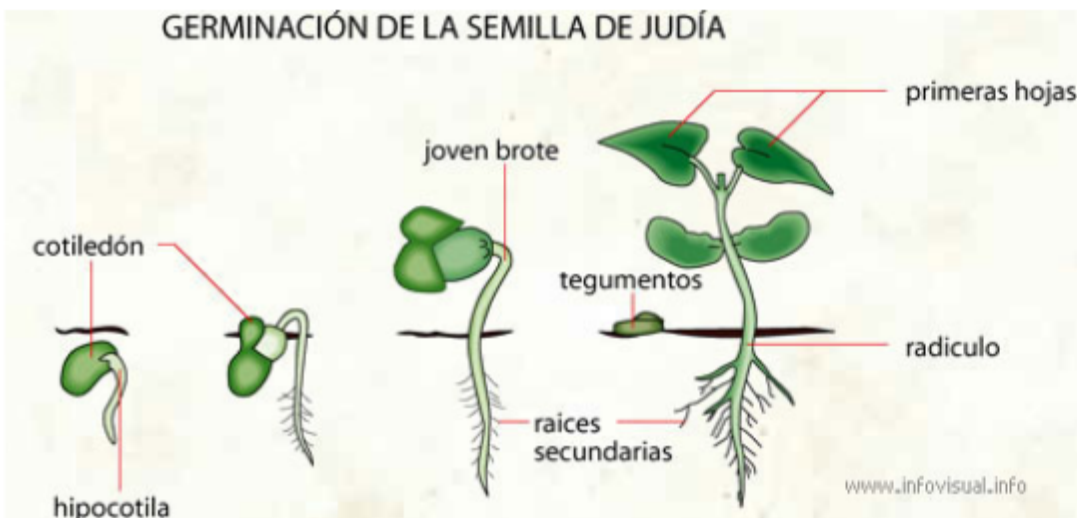
<http://www.dkimages.com/discover/previews/923/5021802.JPG>





<https://www.youtube.com/watch?v=bfi3iipTQo0>

Aunque en la germinación ocurren muchos procesos se suele definir el comienzo el momento en que la radícula de la semilla empieza a asomar.



http://www.infovisual.info/01/020_es.html
<https://infovisual.info/es/biologia-vegetal/germinacion-de-la-semilla-de-judia>

Germinación: desarrollo de la nueva planta

Condiciones ideales para la germinación:

Todas las semillas necesitan **agua** (que entra por el micrópilo y activa la semilla), **oxígeno** para la respiración, **temperatura** y **pH** ideales para la actividad enzimática.

Los requerimientos de luz difieren según las especies.

Algunas semillas requieren condiciones extra, más especializadas:

Que puedan ser digeridas y expulsadas.

Eliminación de inhibidores mediante “lavado”. Ej.: judías.

Fuego (el calor hace que estallen las cápsulas de sus frutos dispersando las semillas). Ej.: la jara (*Cistus*)



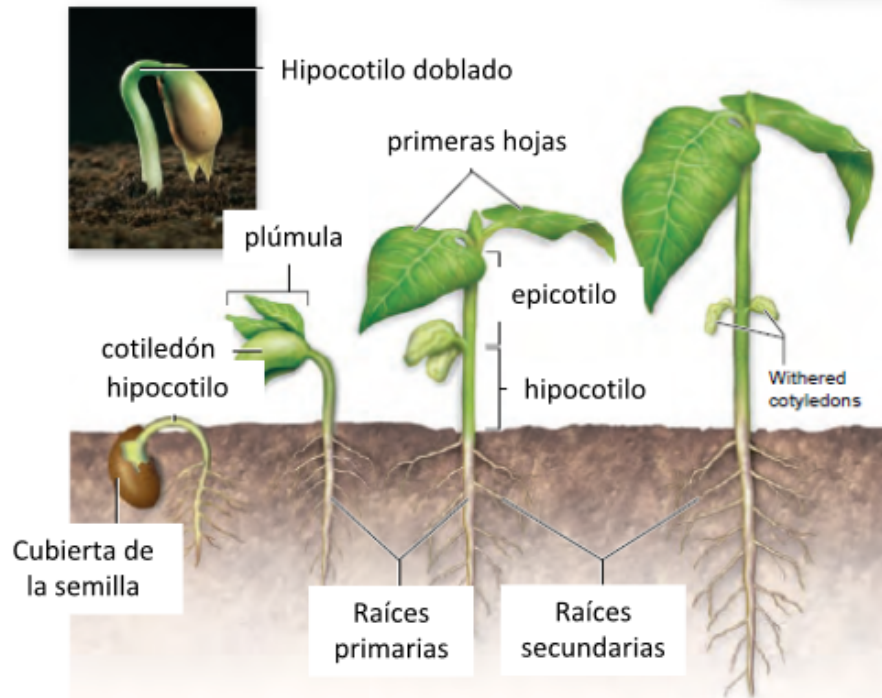
El fuego induce la liberación de las semillas en los pinos



Jara pringosa (*Cistus ladanifer*) y frutos en cápsula

Germinación de la semilla

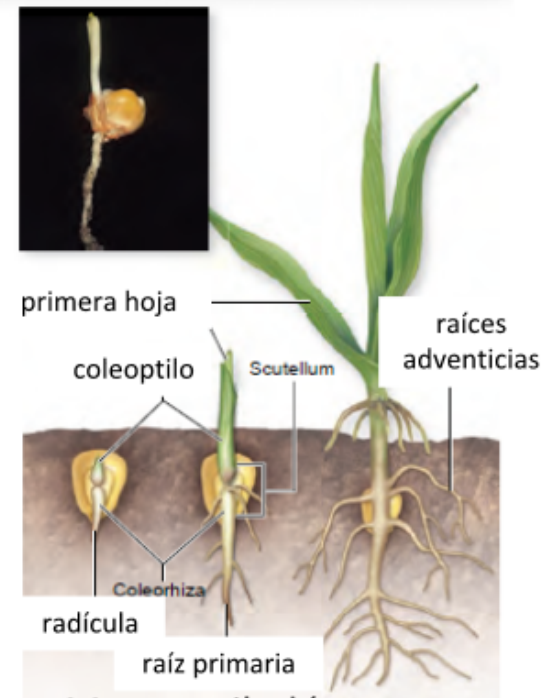
Judía, alubia, habichuela, frijol, etc. (*Phaseolus vulgaris*)



a. Dicotiledóneas

La curvatura del hipocotilo protege al ápice del tallo al inicio de la germinación.

Maíz (*Zea mays*)



b. Monocotiledóneas

El coleoptilo es una vaina que protege al ápice del tallo al inicio de la germinación.

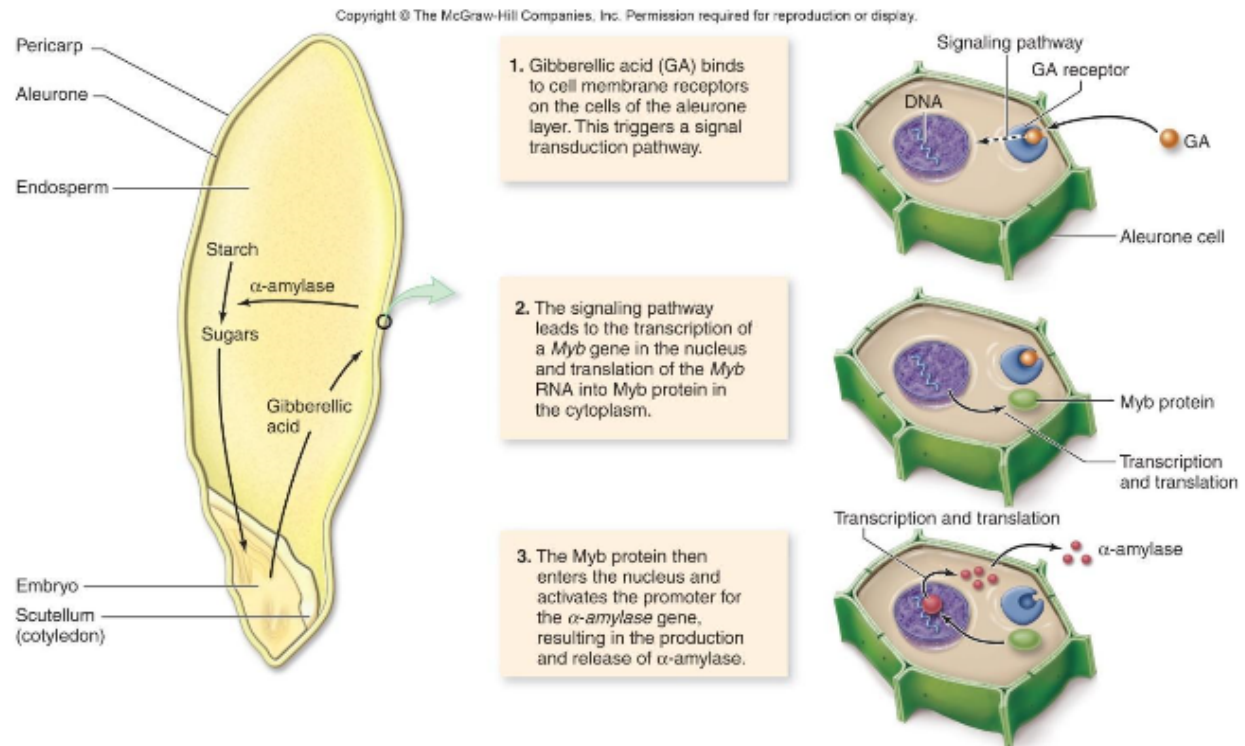
Factores que desencadenan la germinación de la semilla.

El periodo de latencia finaliza por la acción de diversos factores ambientales:

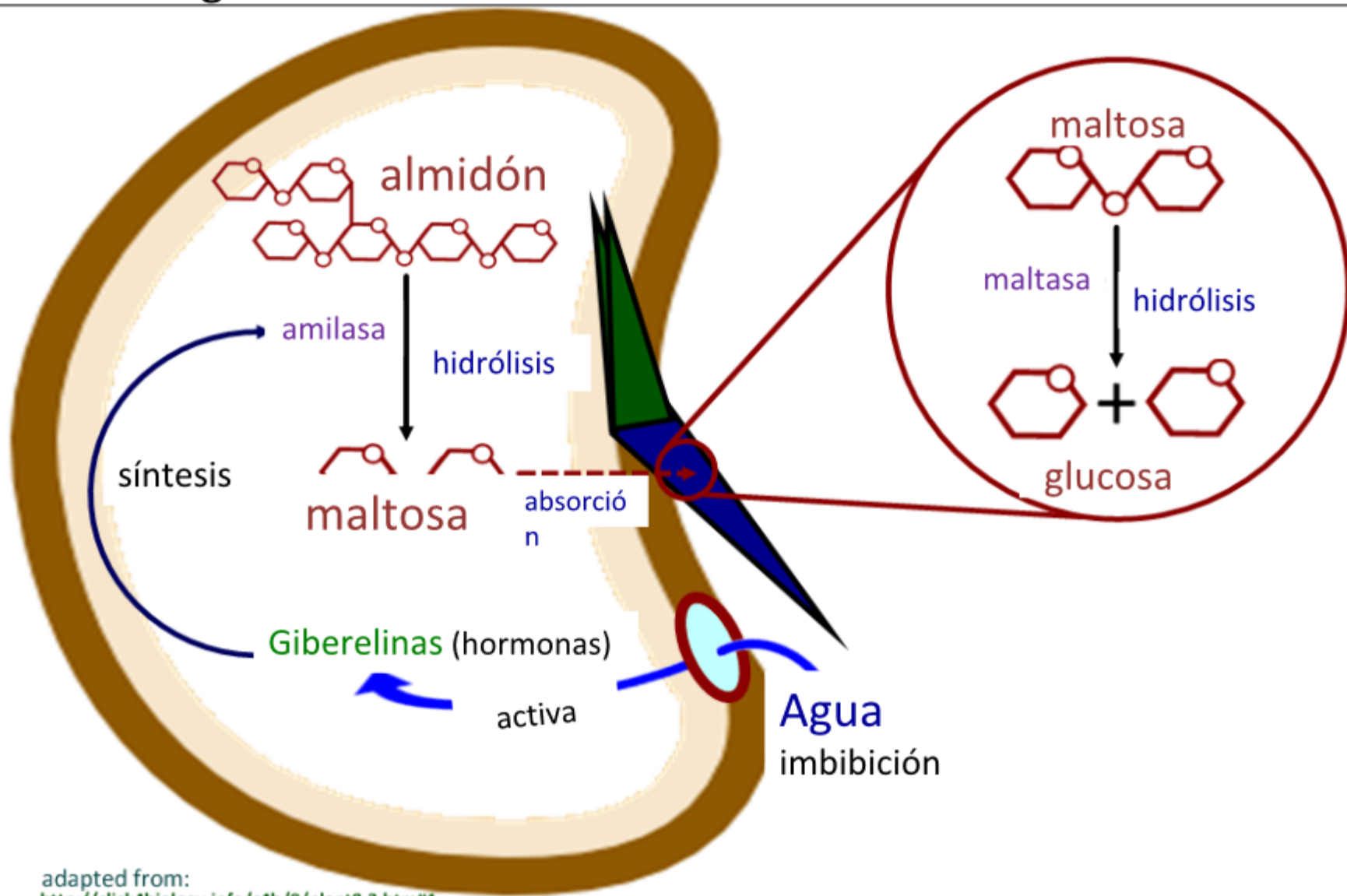
- Fundamentalmente **agua**. La semilla absorbe gran cantidad de agua por ósmosis, aumentando de volumen y provocando la rotura de sus cubiertas protectoras.
- **Oxígeno**, necesario para que las células del embrión activen su metabolismo.
- Y, según la especie, se requieren también determinadas condiciones y rangos de **temperatura, luz o clima**.

Aunque se den todas las condiciones de germinación, siempre hay un porcentaje de semillas que permanecen en latencia formando un **banco de semillas** en el suelo.

Al finalizar la latencia, el propio embrión desencadena la hidrólisis de las de reserva (como el almidón) al liberar la hormona **giberelina**.



Germinación de semillas: activación de la hidrólisis de almidón mediante las giberelinas.



adapted from:
<http://click4biology.info/c4b/9/plant9.3.htm#1>

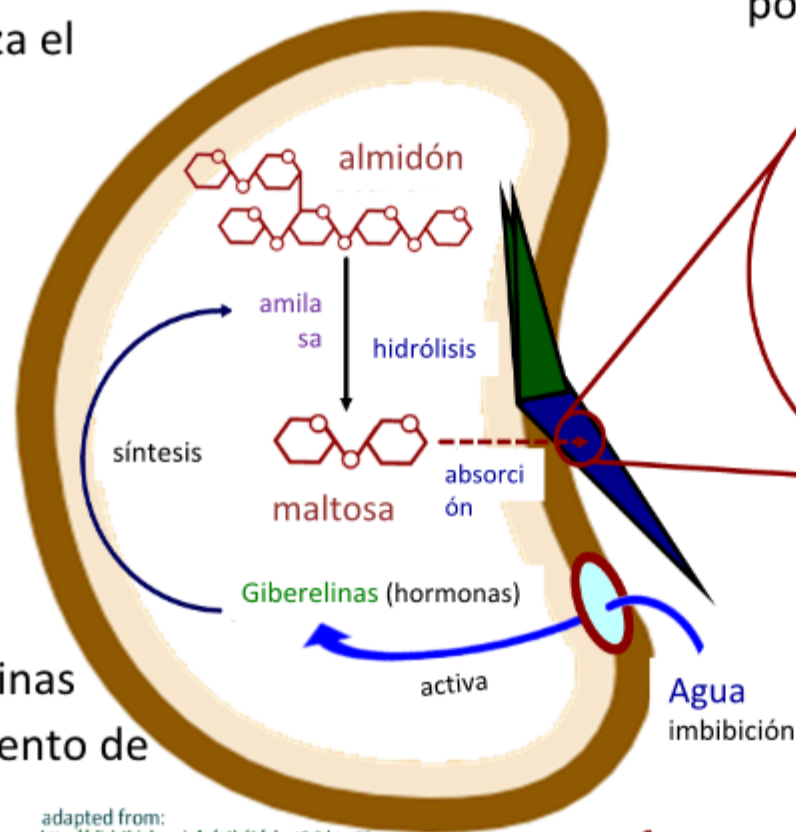


Germinación de semillas: activación de la hidrólisis de almidón mediante las giberelinas.

4. La amilasa hidroliza el almidón almacenado produciendo maltosa.

3. Las giberelinas producen la síntesis de amilasa (enzima).

2. Síntesis de giberelinas (hormonas de crecimiento de las plantas).



5. La maltosa es absorbida por la plúmula y la radícula.

6. La posterior hidrólisis de la maltosa libera glucosa, que es utilizada para la respiración por los tejidos en crecimiento.

1. El agua es absorbida por el micropilo y activa las células.

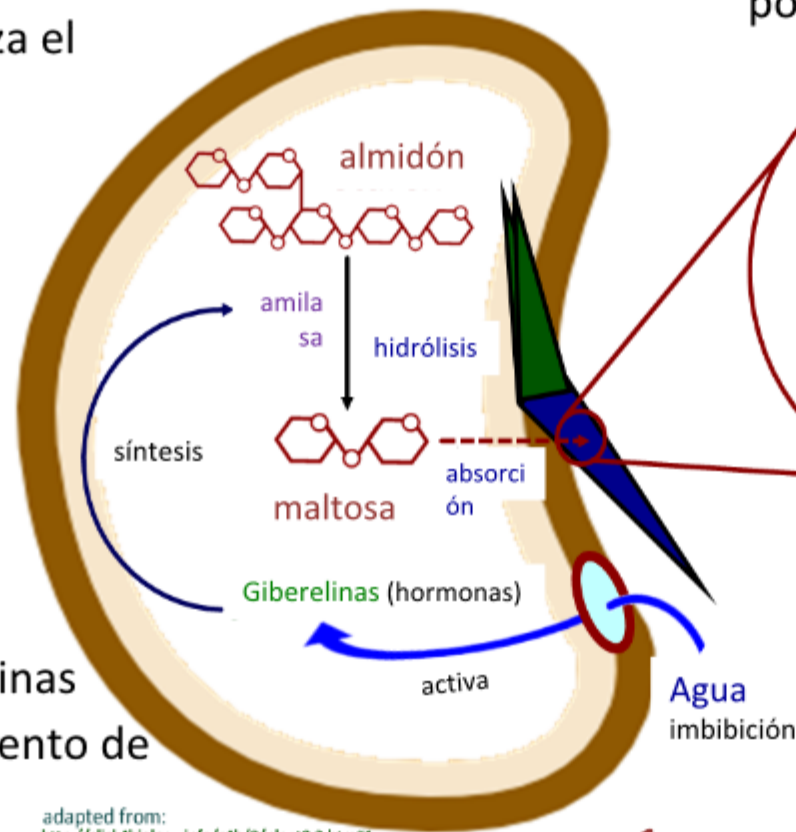
adapted from:
<http://click4biology.info/c4b/9/plant9.3.htm#1>

Germinación de semillas: activación de la hidrólisis de almidón mediante las giberelinas.

4. La amilasa hidroliza el almidón almacenado produciendo maltosa.

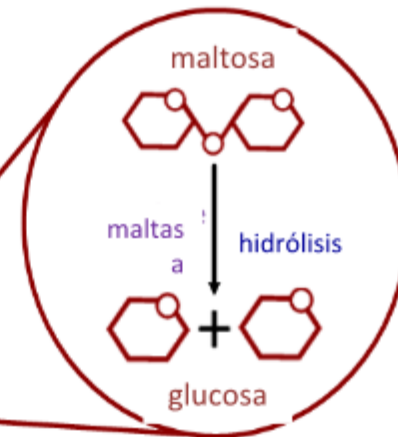
3. Las giberelinas producen la síntesis de amilasa (enzima).

2. Síntesis de giberelinas (hormonas de crecimiento de las plantas).



adapted from:
<http://click4biology.info/c4b/9/plant9.3.htm#1>

5. La maltosa es absorbida por la plúmula y la radícula.



6. La posterior hidrólisis de la maltosa libera glucosa, que es utilizada para la respiración por los tejidos en crecimiento.

1. El agua es absorbida por el micropilo y activa las células.

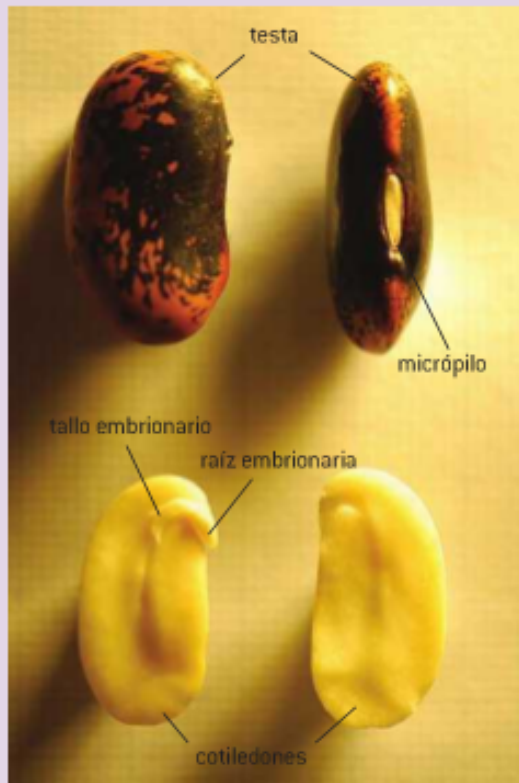


La estructura de las semillas

Dibujo de la estructura interna de las semillas

Una semilla es un paquete que contiene dentro de una capa protectora un embrión de planta y reservas de alimentos. El embrión de planta consta de una **raíz embrionaria**, un **tallo embrionario** y uno o dos **cotiledones**, según sea la planta monocotiledónea o dicotiledónea. Los cotiledones son las hojas del embrión, y en muchas plantas contienen las reservas de alimentos de la semilla. En otras semillas hay un

tejido especial de almacenamiento de alimentos llamado endospermo. El nombre científico de la capa protectora de la semilla es la **testa**. La testa tiene un pequeño orificio llamado **micrópilo** que se encuentra junto a una cicatriz donde la semilla estuvo unida a la planta parental. La figura 10 muestra la estructura externa e interna de una semilla de alubia (*Phaseolus vulgaris*). La figura 11 muestra un diagrama anotado de la misma semilla.



▲ Figura 10 Estructura de alubia (*Phaseolus vulgaris*): estructura externa (arriba) y estructura interna (abajo)



▲ Figura 11



Diseño de experimentos de germinación

Diseño de experimentos para comprobar hipótesis sobre los factores que afectan a la germinación

El crecimiento temprano de una semilla se llama germinación. Algunas semillas no germinan inmediatamente, aunque existan las condiciones que se requieren normalmente; esto se denomina latencia y da tiempo para que las semillas sean dispersadas. También puede ayudar a que la germinación no se produzca en un momento desfavorable. Todas las semillas necesitan **agua** para la germinación. Muchas semillas están secas y necesitan rehidratar sus células. Algunas semillas contienen una hormona que inhibe la germinación y se necesita agua para eliminarla de la semilla. La germinación implica el crecimiento de la raíz embrionaria y el tallo embrionario, y esto también requiere agua.

La tasa metabólica de una semilla seca y latente es cercana a cero, pero después de la absorción de agua se reinician los procesos metabólicos, incluida la liberación de energía por respiración celular aeróbica. Por lo tanto, otro requisito para la germinación es la existencia de **oxígeno**. Como la germinación conlleva reacciones metabólicas catalizadas por enzimas, se requiere **calor**; a menudo la germinación fracasa a bajas temperaturas.

Otro proceso metabólico que ocurre al comienzo de la germinación es la síntesis de **giberelina**, una hormona vegetal. Se tienen que expresar varios genes para producir las varias enzimas de la ruta metabólica que conduce a la producción de giberelina. Esta hormona estimula la mitosis y la división celular en el embrión. En semillas con almidón también estimula la producción de

amilasa, una enzima necesaria para descomponer el almidón en las reservas de alimentos en maltosa. Otras enzimas convierten la maltosa en sacarosa o glucosa. Mientras que el almidón es insoluble e inmóvil, la sacarosa y la glucosa se pueden transportar desde las reservas de alimentos a donde sean necesarias en la semilla que está germinando. La raíz embrionaria y el tallo embrionario necesitan azúcares para crecer, además de aminoácidos y otras sustancias liberados de las reservas de alimentos. Todas las partes del embrión necesitan glucosa para la respiración celular aeróbica.

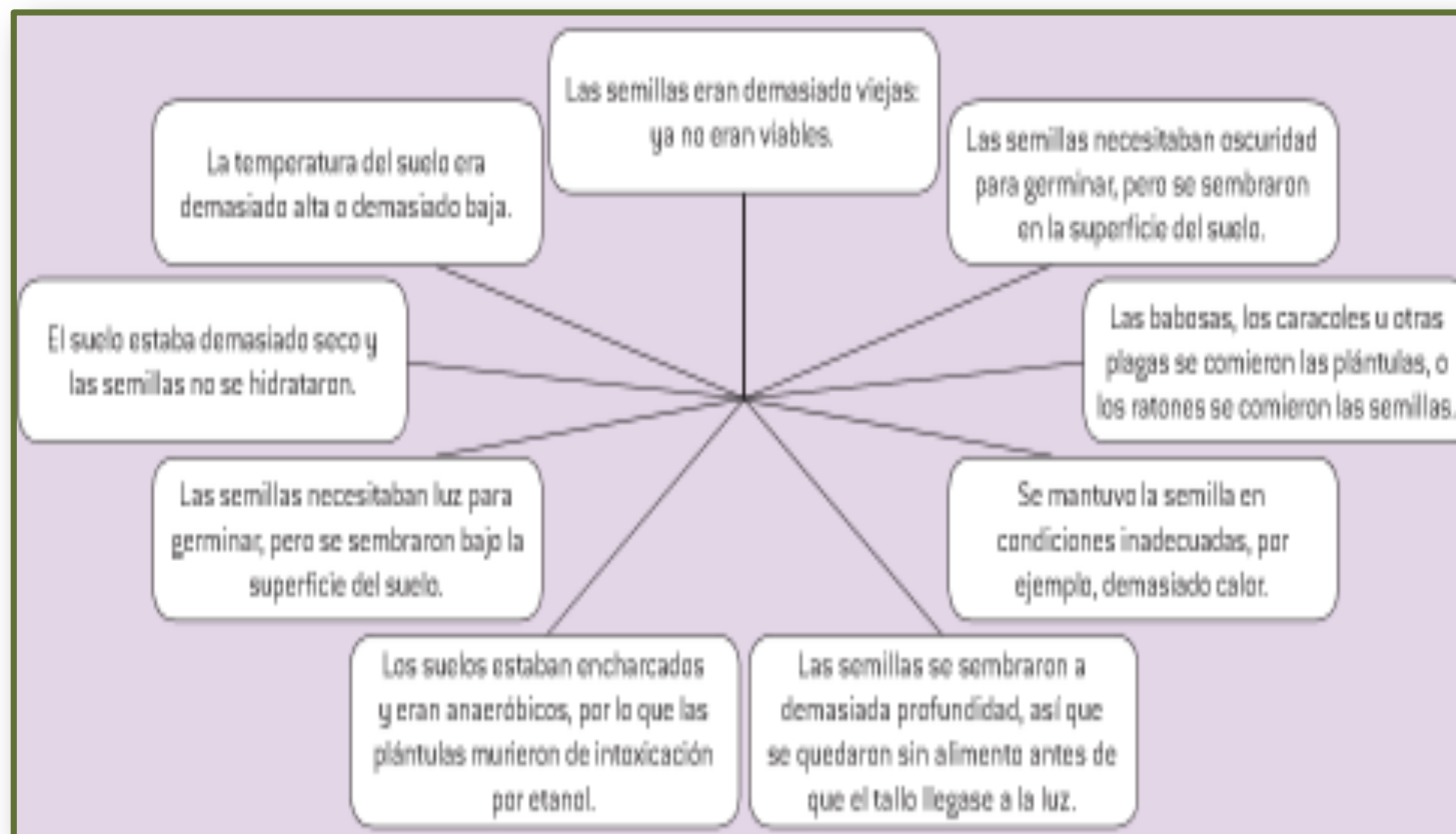
La mayoría de las variedades de cultivos vegetales han sido seleccionadas para germinar rápidamente: sus semillas no suelen tener largos períodos de latencia. Sin embargo, los productores a veces tienen dificultades para conseguir que los cultivos germinen después de la siembra.

Elige una de las posibles causas del fracaso de los cultivos que se muestran en el diagrama e investigala.

Diseña un experimento y trata de obtener pruebas a favor o en contra de la causa elegida.

Tendrás que decidir:

- Qué tipo de semilla vas a utilizar
- Cómo variar el factor que estás investigando
- Cómo mantener constantes los otros factores
- Cómo obtener y presentar los resultados, y cómo evaluar si ha habido germinación

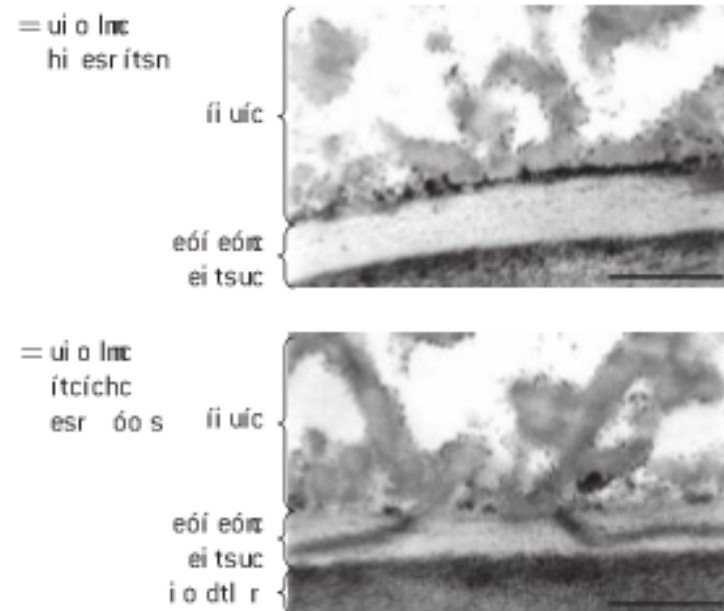


Preguntas basadas en datos: Los incendios y la latencia de las semillas de una planta del chaparral

Emmenanthe penduliflora crece en chaparrales en California. Rara vez se encuentra en chaparrales sin quemar, pero aparece después de los incendios, crece hasta alcanzar unos 250 mm de altura, florece, forma semillas y muere en pocos meses. Las micrografías electrónicas siguientes muestran los resultados de un experimento en el que se trataron con humo las semillas de la planta durante 3 minutos y luego se sumergieron en una solución de nitrato de lantano hexahidratado.

- 1 Las barras de escala en las micrografías electrónicas representan $1 \mu\text{m}$. Calcula el grosor de la cutícula cerosa entre la testa y el embrión y las reservas de alimentos dentro de la semilla de control. [2]
- 2 La solución de lantano aparece en las micrografías electrónicas como manchas oscuras que muestran hasta dónde penetró el agua. Deduce hasta dónde pudo penetrar el agua en las semillas de control. [2]
- 3 a) Compara la coloración de la cutícula cerosa en las semillas tratadas con humo con la coloración de la cutícula en las semillas de control. [2]

- b) Sugiere una hipótesis para la germinación de las plantas de *Emmenanthe penduliflora* después de incendios, basándote en las diferencias de coloración que has descrito. [2]
- 4 Sugiere dos ventajas para *Emmenanthe penduliflora* de que la latencia termine después de los incendios en los chaparrales. [2]



▲ Figura 12 Dos micrografías electrónicas de *Emmenanthe penduliflora*: (A) semilla de control (arriba) y (B) semilla tratada con humo (abajo)

Teoría del Conocimiento

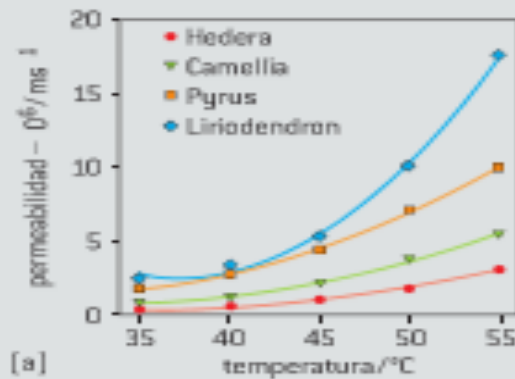
¿Cuáles son las limitaciones del punto de vista teleológico?

El punto de vista teleológico sostiene que la naturaleza tiende hacia fines definidos; es decir, que la naturaleza tiene intención y que la selección natural es un proceso dirigido.

En los tejidos que rodean las semillas del pimiento jalapeño (*Capsicum annuum*) hay una sustancia química conocida como capsaicina. La masticación con los molares de los mamíferos destruye el tejido de la semilla y libera la capsaicina, que irrita la membrana mucosa y causa una sensación de dolor. El dolor que resulta de consumir las semillas sugiere que es una adaptación de la planta para protegerse de los mamíferos. A pesar de esto, el pimiento jalapeño forma parte de la gastronomía de varias culturas. El tracto digestivo de los pájaros no daña las semillas y, por tanto, no se ve afectado por la capsaicina. Los pájaros dispersan las semillas y contribuyen así a la distribución de la planta, proporcionando además fertilizante para la germinación. Una afirmación teleológica en este caso sería que el pimiento "quiere ser comido por los pájaros" y que "la semilla no está destinada al consumo humano". Los críticos de la teleología sostienen que la evolución por selección natural no es un proceso dirigido, sino que las mutaciones ocurren por casualidad y es más probable que aquellas que ofrecen una ventaja persistan en la población.

Preguntas

1 Los gráficos de la figura 13 muestran los resultados de investigaciones sobre la permeabilidad de la cutícula cerosa de las plantas al agua. La figura 13(a) muestra la relación entre la temperatura y la permeabilidad al agua de cuatro especies de plantas. La figura 13(b) muestra la relación entre el grosor de la cera cuticular y la permeabilidad al agua. Los resultados del experimento ponen de manifiesto la importancia de probar las hipótesis, incluso cuando parece que no es necesario.

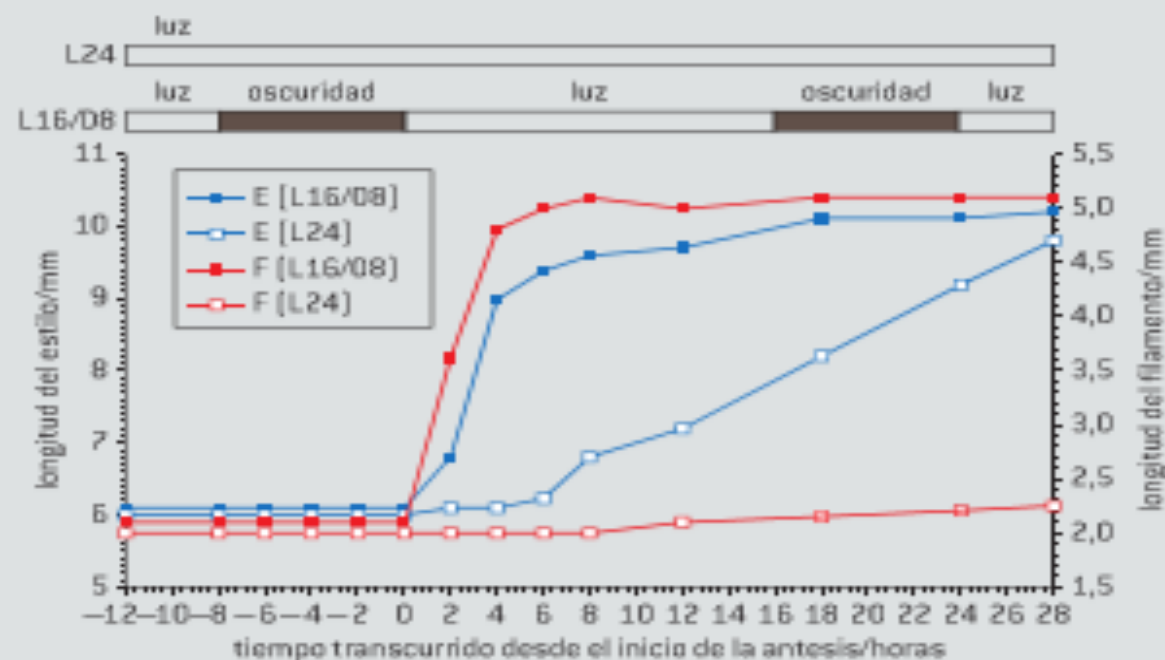


▲ Figura 13 Factores que influyen en la permeabilidad de la cutícula cerosa al agua

- Basándote en los datos de la figura 13, describe la relación entre la temperatura y la permeabilidad al agua. [2]
- Discute las consecuencias que tiene para las plantas el efecto de la temperatura en la permeabilidad de la cutícula cerosa al agua. [3]
- Basándote en los datos de la figura 13, indica el grosor de la cera cuticular con:
 - La mayor permeabilidad al agua
 - La menor permeabilidad al agua [2]
- Basándote en los datos de la figura 13, evalúa la hipótesis de que la permeabilidad de la cutícula al agua está correlacionada positivamente con su grosor. [3]

- 2 Con el fin de evitar que el polen de las anteras de una planta acabe en el estigma de la misma planta (autopolinización), las anteras del girasol (*Helianthus spp.*) se deshacen del polen antes de que el estigma esté lo suficientemente maduro para recibirlo. Por la mañana temprano, las anteras quedan expuestas gracias a la elongación de los filamentos y se abren para liberar su polen (antesis). El estigma empieza a sobrepasar las anteras por la tarde, y a la mañana siguiente es totalmente receptivo.

Para ver cómo afecta la luz al filamento (F) y al estilo (E), se midieron sus longitudes a intervalos empezando 12 horas antes de la antesis (-12). Algunas plantas se cultivaron con luz blanca continua (L24) y otras se cultivaron con ciclos de 16 horas de luz blanca seguidos de 8 horas de oscuridad (L16/O8). Los resultados se muestran en el gráfico.



- a) Los filamentos de las plantas cultivadas con luz blanca continua crecieron 0,25 mm en las 28 horas siguientes a la antesis. Calcula cuánto crecieron durante el mismo período los filamentos de las plantas cultivadas con ciclos de luz blanca y oscuridad. [1]
- b) Compara el crecimiento del estilo de las plantas cultivadas con luz blanca continua con el de las plantas cultivadas con ciclos de luz blanca y oscuridad. [2]

La tabla compara el porcentaje de óvulos fertilizados y convertidos en semillas de las plantas cultivadas con luz blanca continua con el de las plantas cultivadas con ciclos de luz blanca y oscuridad. Las cifras representan la media \pm una desviación estándar.

Tratamiento de luz	Porcentaje de óvulos fertilizados
Luz blanca continua (L24)	11,40 (\pm 7,76)
Ciclos de luz y oscuridad (L16/D8)	58,26 (\pm 4,06)

- c) Explica las diferencias entre los porcentajes de óvulos fertilizados usando los datos del gráfico sobre el crecimiento de filamentos y estilos. [3]
- d) Explica cómo puede ayudar la desviación estándar que se muestra en esta tabla a comparar el efecto de los tratamientos de luz en la fertilización de los óvulos. [3]

Para analizar el efecto de los reguladores del crecimiento en la elongación de los filamentos, se realizaron otros experimentos en la oscuridad, con luz blanca y con luz roja. Se trataron las flores con auxina o con ácido giberélico, y se compararon con flores de control que no recibieron ningún regulador del crecimiento. Los resultados se muestran en el siguiente gráfico de barras.

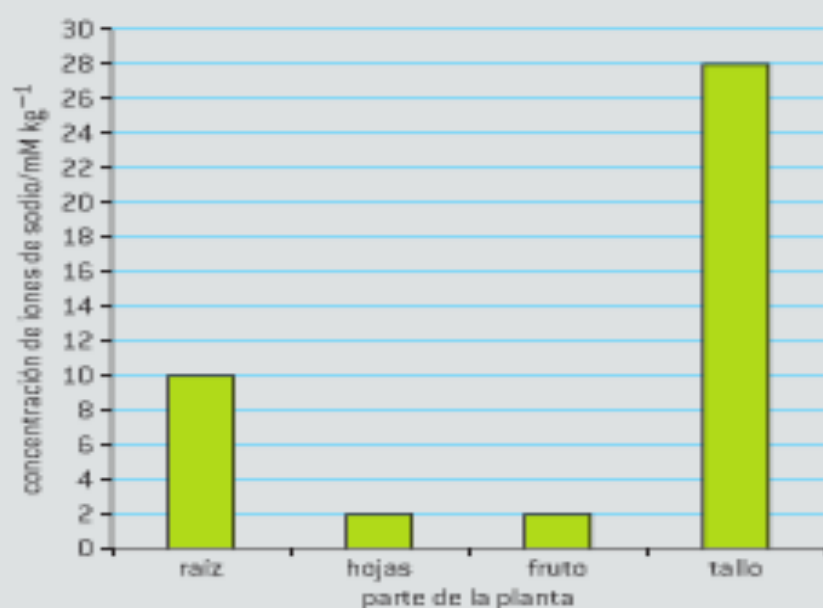


- e) Identifica, aportando razones, qué factores favorecen y qué factores inhiben la elongación de los filamentos. [3]
- f) Explica las desventajas de la autopolinización para una planta. [2]

3 El pimiento (*Capsicum annuum*) es un cultivo agrícola importante y muy extendido. Los científicos estudiaron el transporte y la

distribución de sodio en la planta de pimiento cultivando plantas en soluciones con cloruro de sodio.

El gráfico siguiente muestra la concentración de iones de sodio en distintas partes de las plantas de pimiento cultivadas durante tres semanas en soluciones con 15 mM de cloruro de sodio.



Fuente: BLOM-ZANDSTRA, M. et. al. "Sodium fluxes in sweet pepper exposed to varying sodium concentrations". *Journal of Experimental Botany*. 1 de noviembre de 1998. Vol. 49, n.º 328, pp. 1863–1868. Reproducido con permiso de Oxford University Press.

- a) (i) Indica la concentración de iones de sodio en los frutos. [1]
- (ii) Calcula el porcentaje del aumento en la concentración de iones de sodio entre la raíz y el tallo. [1]
- b) Sugiere por qué una alta concentración de iones de sodio en las células del tallo es importante para el desarrollo de este tipo de planta. [1]
- c) Indica **un** posible uso del sodio en las plantas. [1]
- d) Los científicos también observaron que las concentraciones de iones de sodio en las células del tallo y en la savia del xilema eran las mismas. Explica por qué esto hizo pensar a los científicos que no había transporte activo entre el xilema y el tallo. [2]
- e) Sugiere **un** posible método de transporte de iones de sodio entre el xilema y el tallo. [1]

BIBLIOGRAFÍA Y PÁGINAS WEB

- **BIOLOGÍA.** ALLOTT, Andrew, MINDORFF, David. AZCUE, José. Editorial Oxford. ISBN 978-0-19-833873-4.
- **ECOLOGY.** GREENWOOD, Trancey. SHEPHERD, Lyn. ALLAN, Richard. BUTLER, Daniel. Editorial BIOZONE International Ltd.
- **ENVIRONMENTAL SYSTEMS AND SOCIETIES.** RUTHERFORD, Jill. WILLIAMS, Gillian. Editorial Oxford.
- **BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA.** PEDRINACI, Emilio. GIL, Concha. GÓMEZ DE SALAZAR, José María. Editorial SM.

Bibliografía:



IB Biología: Libro del alumno.
Versión en español. Oxford.
Edición 2015.
<https://goo.gl/YkkZ1q>



Biology Study Guide 2014 edition.
En inglés.
<http://goo.gl/yxz0kd>

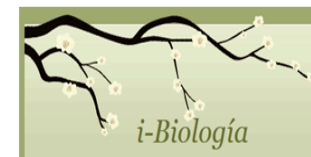
Agradecimiento:



Parte de esta presentación ha sido confeccionada y traducida con permiso a partir de las presentaciones de Stephen Taylor disponibles en:
<http://i-biology.net/>



Más recursos:



<https://sites.google.com/site/iesmmibiologia/home>