

1

PLANTAS CON FLORES, FRUTOS Y SEMILLAS

INTRODUCCIÓN

Las **Fanerógamas** (*fanero*= evidente, *gamia*= unión sexual) son las plantas con flores. También reciben el nombre de **Espermafitas** (*esperma*: semilla, *fiton*: planta) o plantas con semillas.

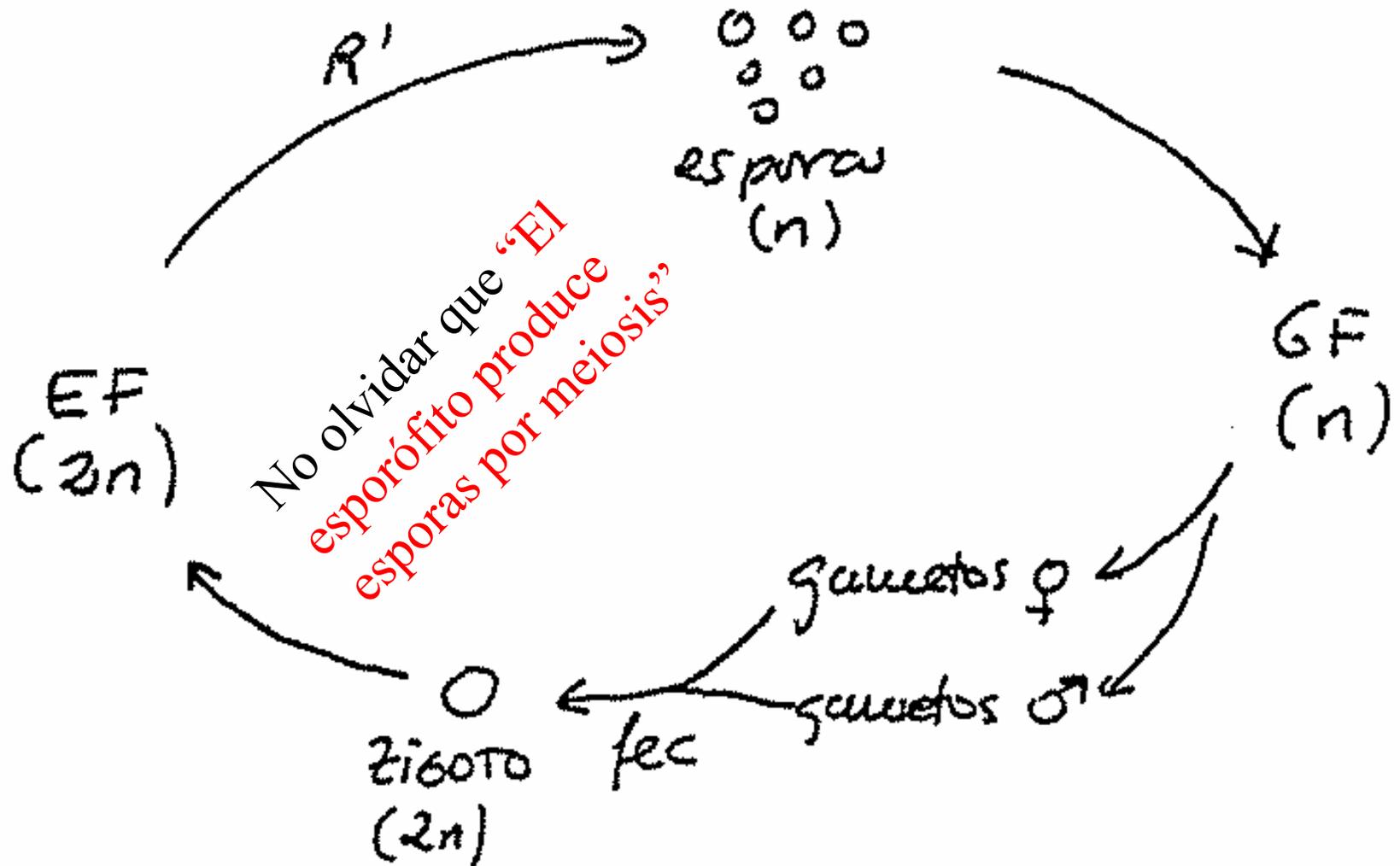
Este gran taxón de las fanerógamas se divide a su vez en dos grandes grupos:

Gimnospermas (*gymnos*= desnudo, *esperma*= semilla): carecen de ovario y por lo tanto de fruto y dispersan las semillas desnudas.

Angiospermas (*angios*= cavidad, *esperma*= semilla): poseen un ovario protegiendo a la semilla que se transforma en fruto tras la fecundación y por lo tanto dispersan las semillas protegidas en un fruto.

CICLO BIOLÓGICO DE LAS ESPERMAFITAS (y de otros muchos grupos vegetales)

Alternancia de generaciones (haplodiplontes):



ESTUDIO DE LA FLOR DE ANGIOSPERMAS

La flor es el conjunto de órganos destinados a la reproducción sexual de las plantas.

En los casos más típicos (hay mucha variedad en la flores) la flor de **Angiospermas** consta de un **pedúnculo** al final del cual se encuentra el **tálamo o receptáculo**, sobre el que se disponen 4 verticilos florales: cáliz, corola, androceo y gineceo.

En la diapositiva siguiente vamos a ver las partes de la flor y su equivalencia en la alternancia de generaciones. Más tarde explicaremos con detalle el ciclo biológico de las Angiospermas.

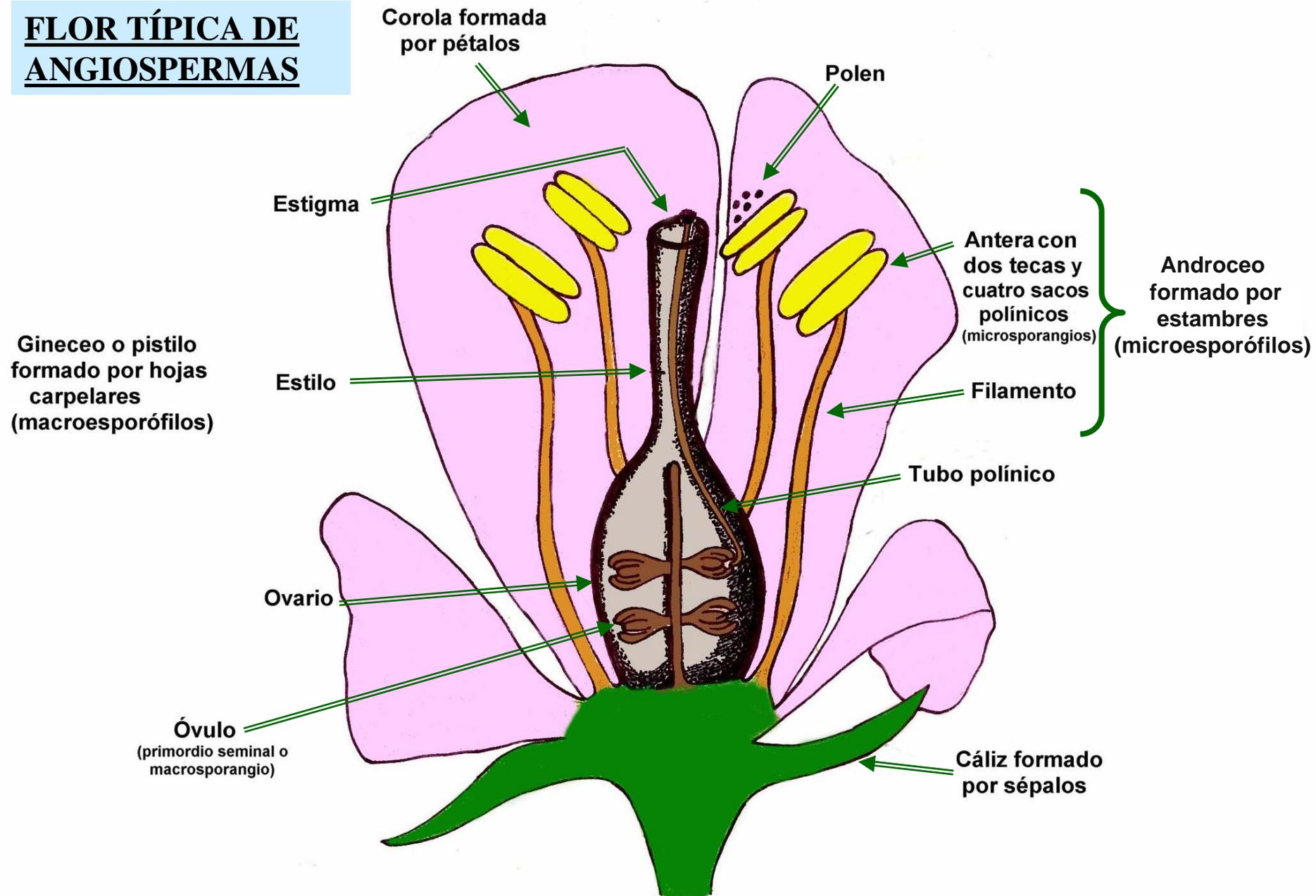
Cáliz: formado por piezas llamadas **sépalos**, generalmente de color **verde**.

Corola: formada por piezas llamadas **pétalos**, generalmente de **coloreadas** vivamente.

Androceo: formado por los **estambres o microesporofilos** (hojas que se modifican para dar los **microesporangios o esporangios** ♂). Cada estambre consta de un filamento y una antera. A su vez cada antera consta de dos tecas y en cada teca hay generalmente dos sacos polínicos o **microesporangios**.

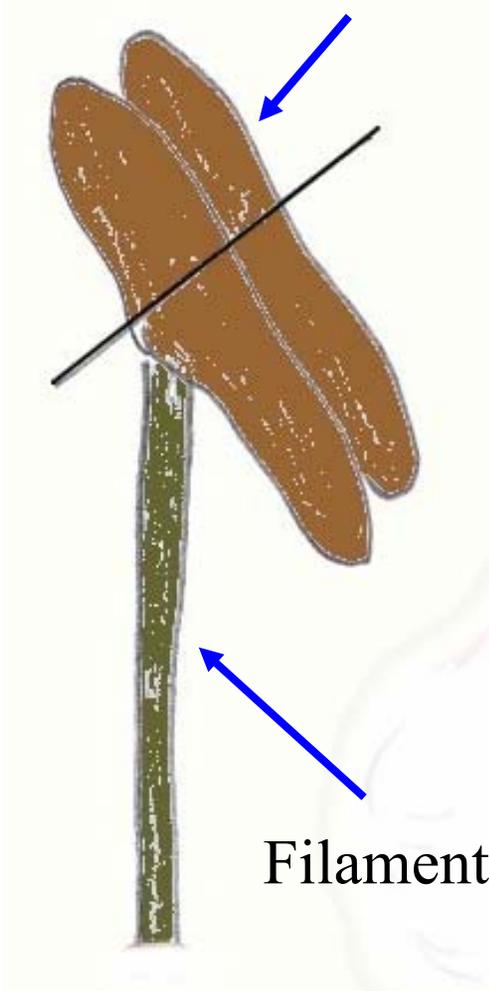
Gineceo o pistilo: en los casos más típicos la parte femenina de la flor consta de **un solo gineceo o pistilo**, formado por carpelos o macroesporófilos (hojas que se modifican para dar los óvulos o **macroesporangios o esporangios** ♀). Generalmente los carpelos se sueldan consigo mismo o con otros para formar una cavidad cerrada, que es la que recibe el nombre de pistilo. En cada pistilo se distinguen el ovario (porción ensanchada en la que se alojan los óvulos o macroesporangios), un estilo (porción alargada) y un estigma con forma de plataforma en el que se deposita el grano de polen.

FLOR TÍPICA DE ANGIOSPERMAS



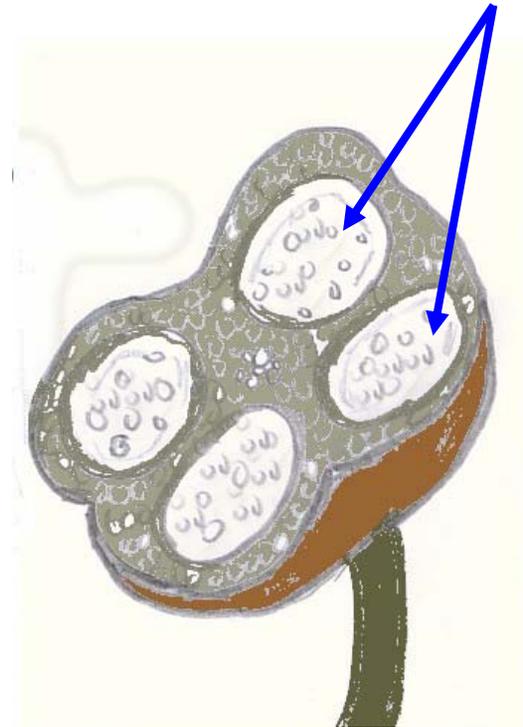
ANDROCEO: CONJUNTO DE ESTAMBRES

Antera con dos tecas



Filamento

Dos sacos polínicos en cada teca



Corte transversal de la antera a nivel de la línea indicada

**Corte transversal de estambres
de Anemone nemorosa**

Filamentos

Sacos polínicos

Ovario

Estilo

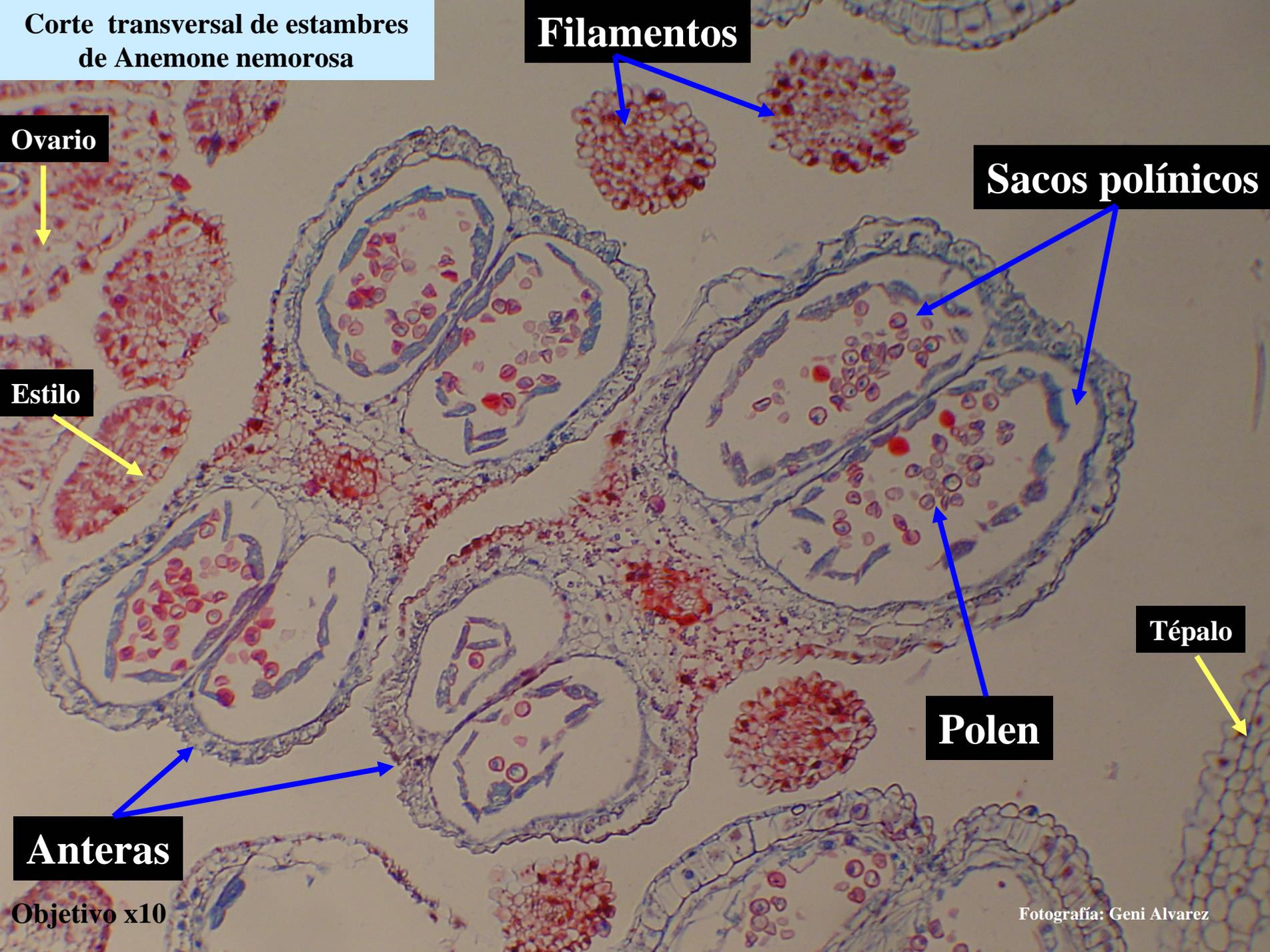
Tépalo

Polen

Anteras

Objetivo x10

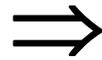
Fotografía: Geni Alvarez



GINECEO: FORMADO POR CARPELOS

OVARIO

(FORMADO POR
CARPELOS)



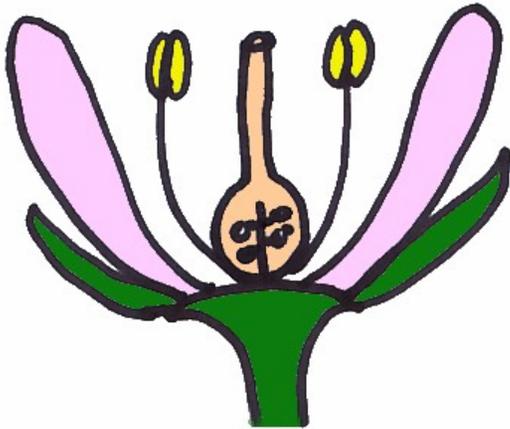
FRUTO

ÓVULO

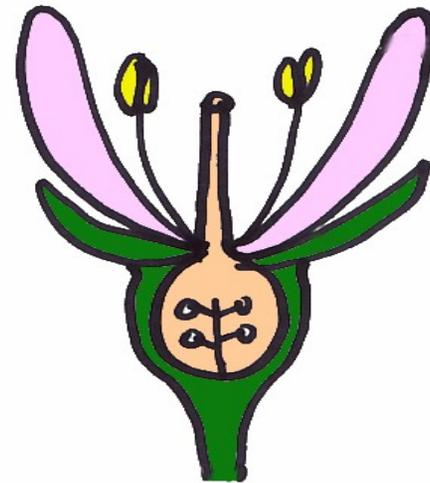
(PRIMORDIO SEMINAL
O MACROSPORANGIO)



SEMILLA



**Ovario súpero
(flor hipógina)**



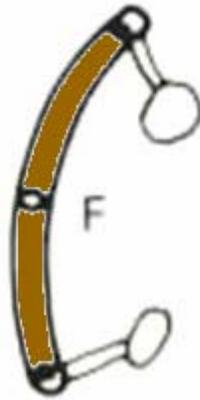
**Ovario ínfero (flor
epígina)**

TIPOS DE GINECEOS

GINECEOS FORMADOS POR CARPELOS NO SOLDADOS QUE NO FORMAN CAVIDADES CERRADAS. NO HAY OVARIO.



Gineceo pluricarpelar
apocárpico



Gineceo
monocarpelar

Gineceos formados por **carpelos abiertos y sin soldar**. No forman cavidades cerradas (ovarios) y son propios de **gimnospermas**, plantas que carecen de frutos al carecer de ovarios.

Pinus sylvestris. Valle de Belabarce. Navarra.



Fotografía: Geni Alvarez

Flores femeninas (piñas) de *Pinus sylvestris*. Carpelos que no forman cavidades cerradas. No hay ovarios. No hay frutos.

Pinus sylvestris L. Pino silvestre o pino albar con corteza rojiza o anaranjada. Valle de Belabarce (Navarra). Que bonito...



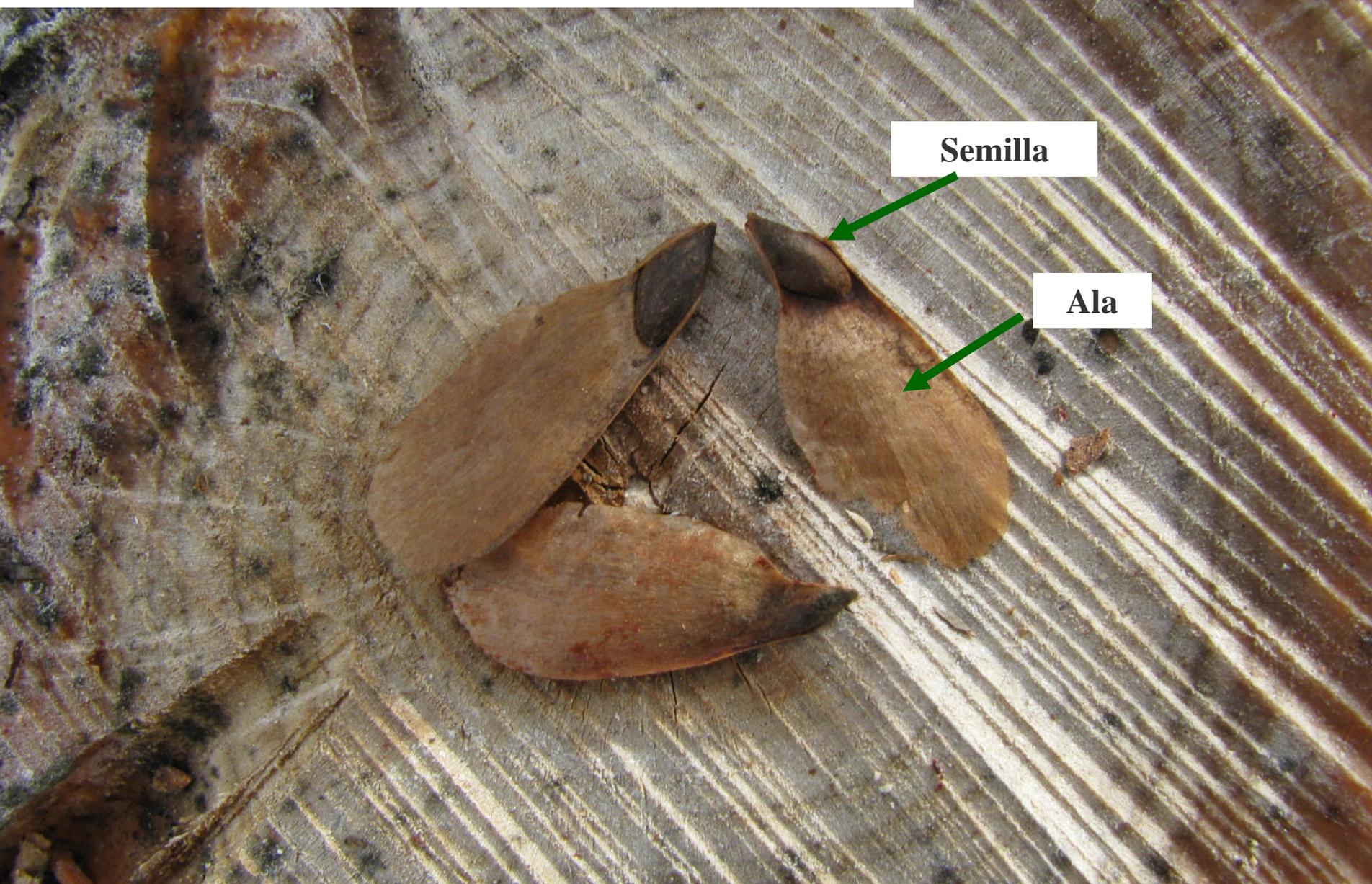
Picea abies (L.) Karst. Abeto de navidad. Larrasoaña (Navarra)



Flores femeninas (piñas) y semillas aladas de *Picea abies*. Carpelos que no forman cavidades cerradas. No hay ovarios. No hay frutos.

Fotografía: Geni Alvarez

Picea abies (L.) Karst. Abeto de navidad. Larrasoaña (Navarra)



Semilla

Ala

Semillas aladas de *Picea abies*. Las semillas se dispersan sin ayuda de un fruto. Están sobre un tronco cortado de hiedra.

Fotografía: Geni Alvarez

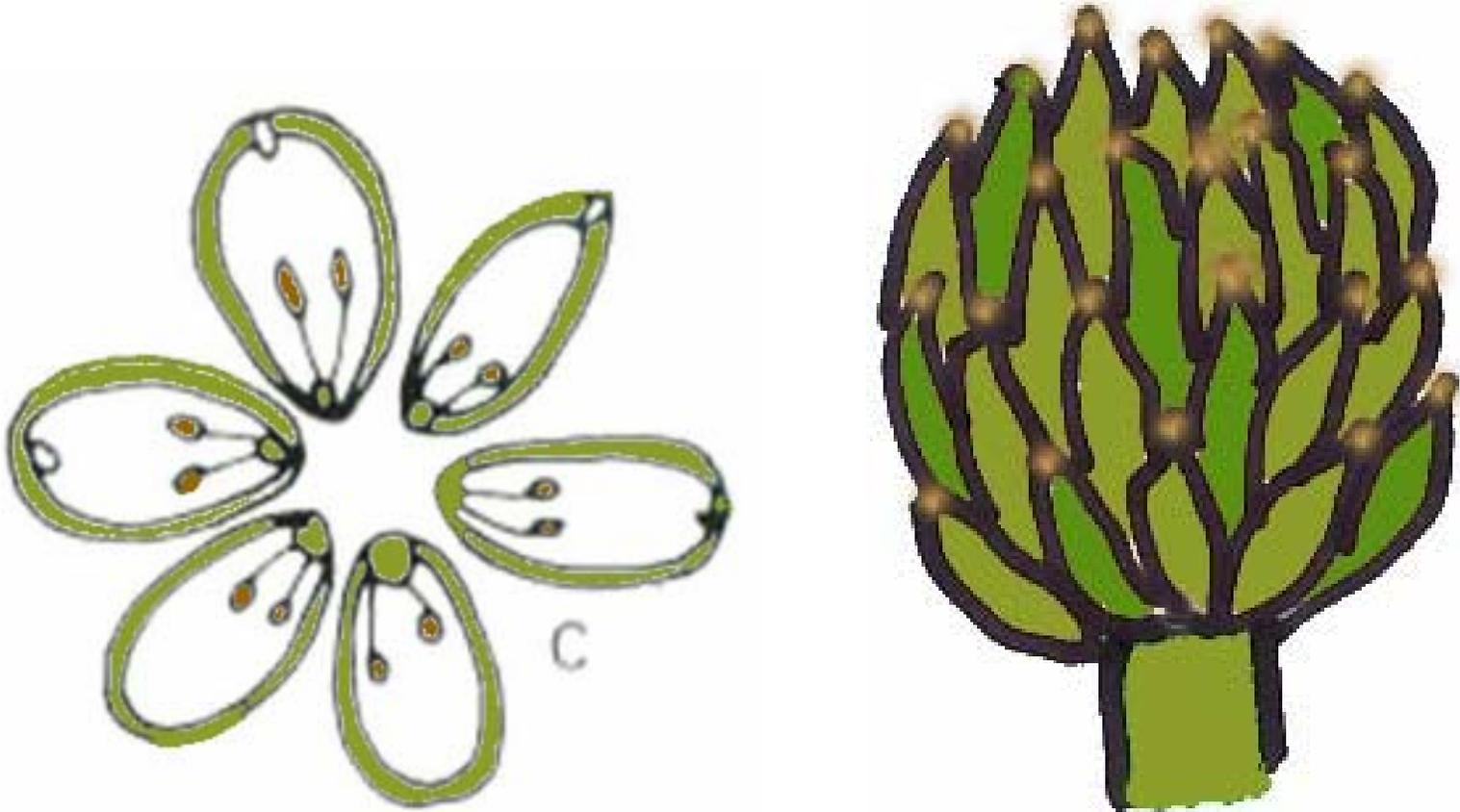
Picea abies (L.) Karst. Abeto de navidad. Ciudadela (Pamplona, Navarra)



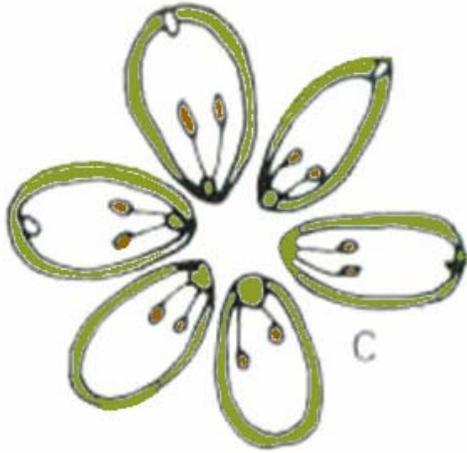
Fotografía: Geni Alvarez

GINECEOS FORMADOS POR CARPELOS SOLDADOS QUE FORMAN CAVIDADES LLAMADAS OVARIOS. PROPIOS DE ANGIOSPERMAS

Gineceo con ovario pluricarpelar apocárpico. Los pistilos son individuales, cada uno con un ovario, un estilo corto y un estigma.



Ejemplo de gineceo con ovario **pluricarpelar apocárpico**. *Ranunculus ficaria*.
Los pistilos son individuales, cada uno con un ovario, un estilo corto y un estigma.

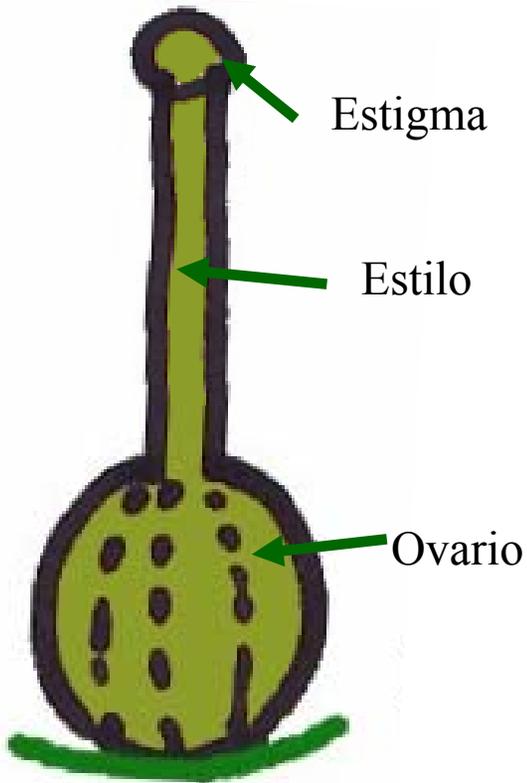


Ranunculus ficaria L.

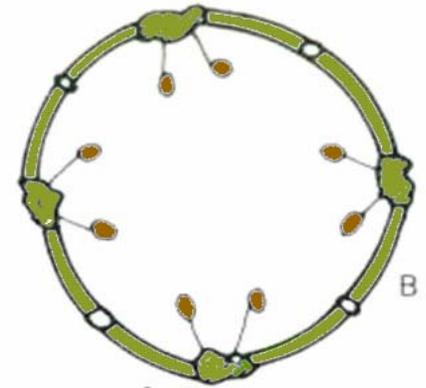


Fotografía: Geni Alvarez

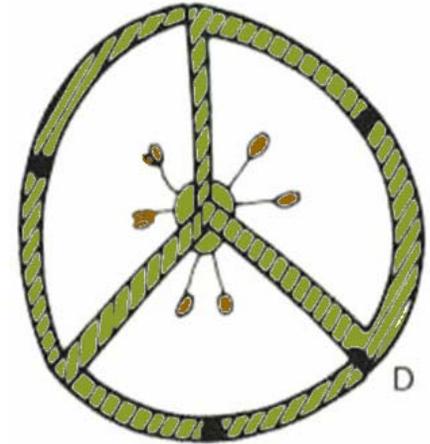
Forma más generalizada de gineceo en **angiospermas**: **un solo gineceo o pistilo formado por uno o varios carpelos soldados.**



Gineceo con ovario pluricarpelar sincárpico abierto.
Es unilocular.



Gineceo con ovario pluricarpelar sincárpico cerrado.
Es plurilocular, aunque puede perder posteriormente los tabiques y hacerse unilocular.

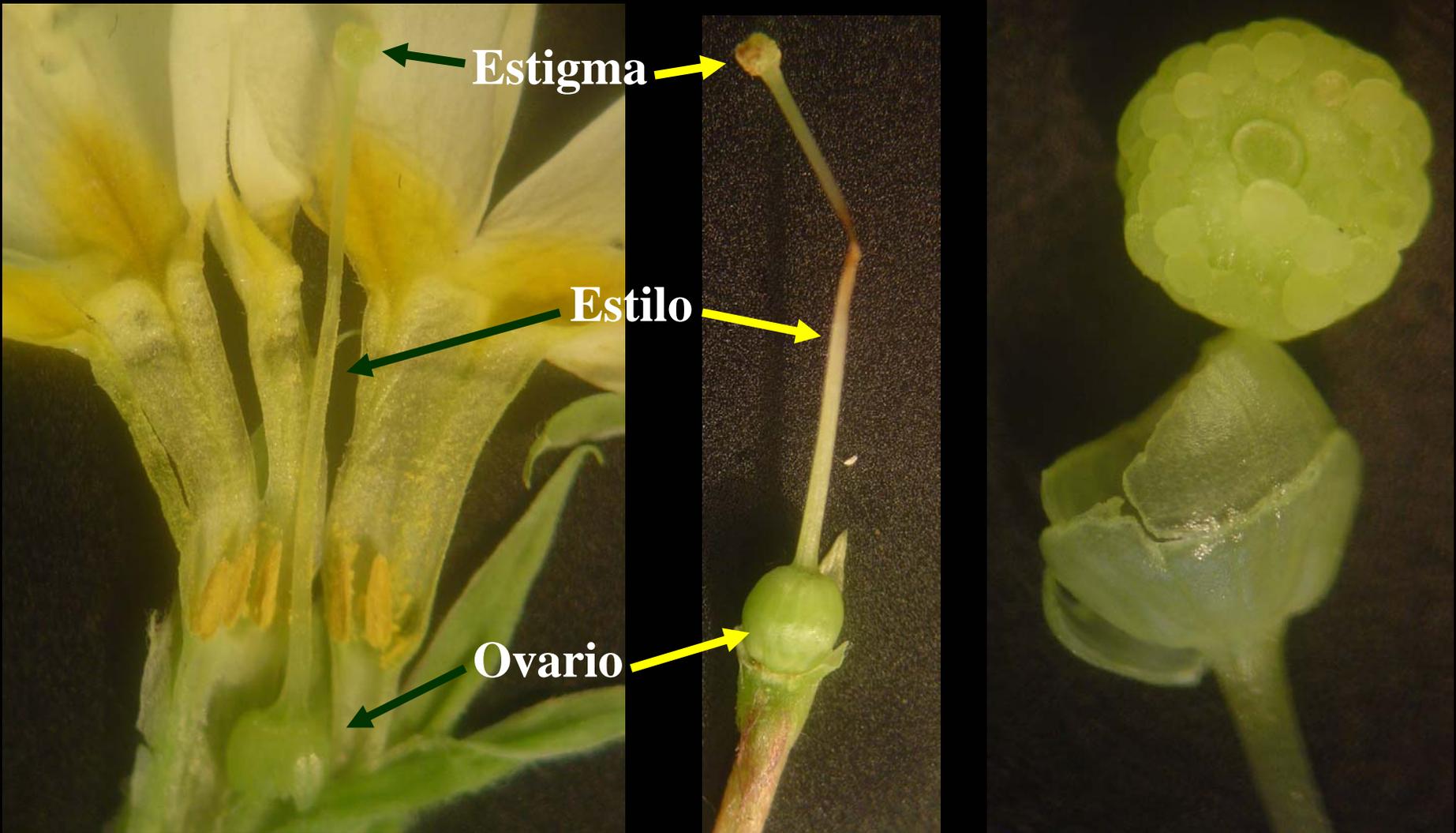


Gineceo con ovario monocarpelar sincárpico cerrado.
Es unilocular.



Ejemplo de gineceo con ovario **pluricarpelar (5 carpelos) sincárpico unilocular.**

Primula vulgaris L.



Primula vulgaris L.



Fotografía: Geni Alvarez

Gineceo con ovario **dicarpelar sincárpico cerrado**.

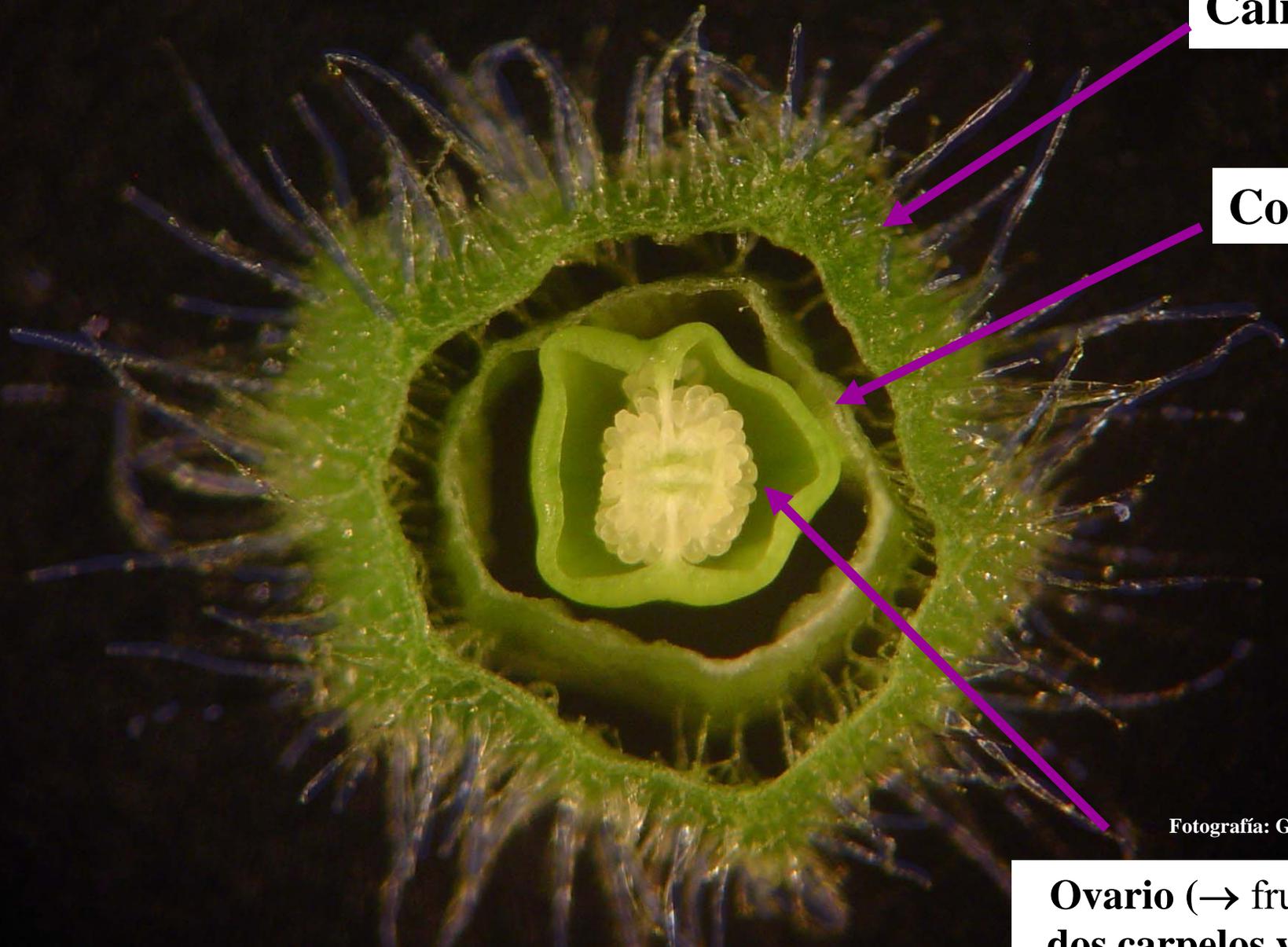
Cáliz

Corola

Fotografía: Geni Alvarez

Ovario (→ fruto) con
dos carpelos y óvulos
(→semillas)

Corte de flor de *Petunia hybrida* a nivel del ovario



Gineceo con ovario **tricarpelar sincárpico cerrado.**



3 estigmas

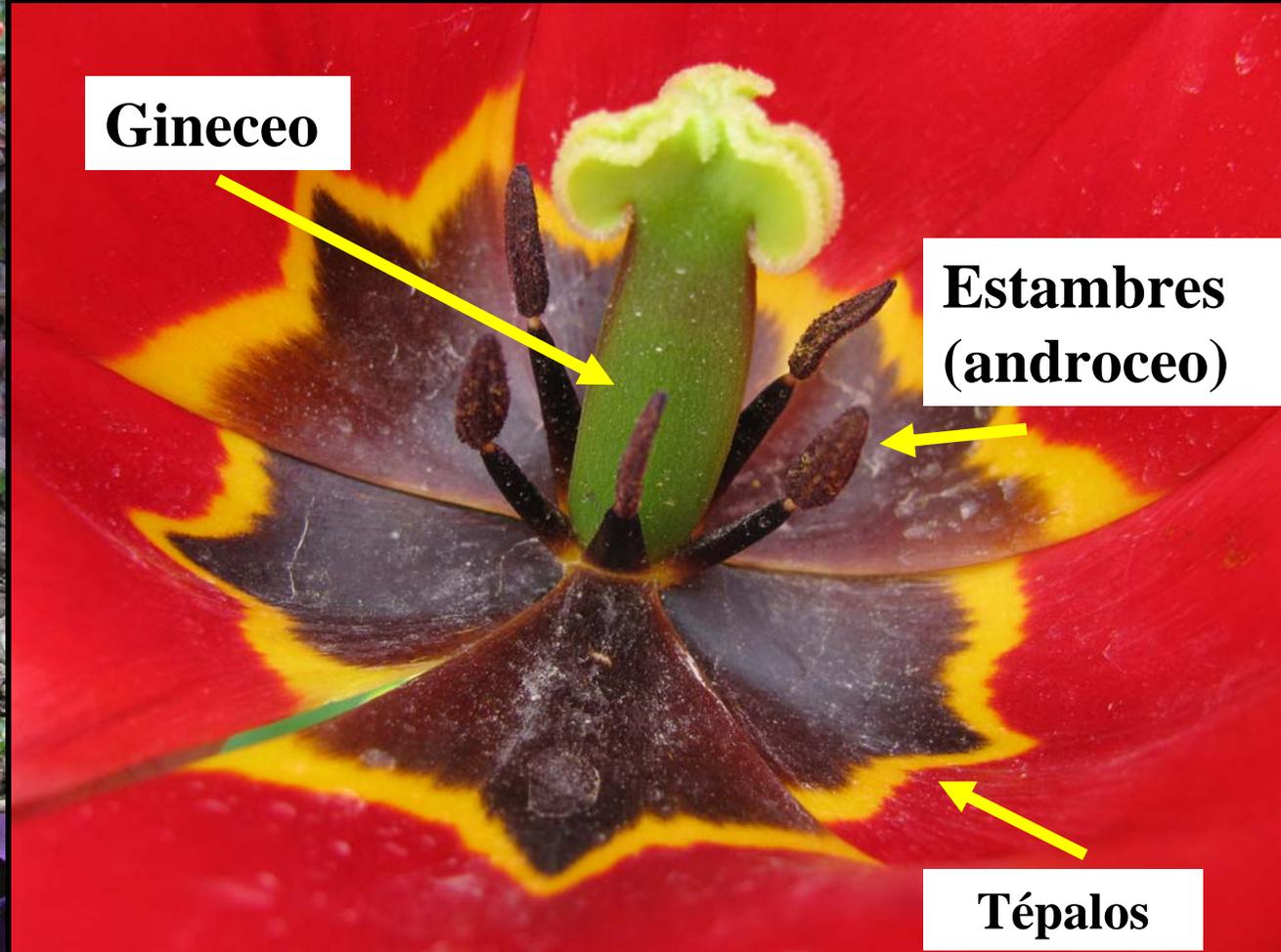
Estilo

**Ovario (→ fruto) con
tres carpelos y óvulos
(→semillas)**



Corte de ovario de *Tulipa* sp.

Flor de *Tulipa* sp.



OVARIO

(FORMADO POR
CARPELOS)

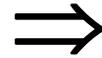


FRUTO

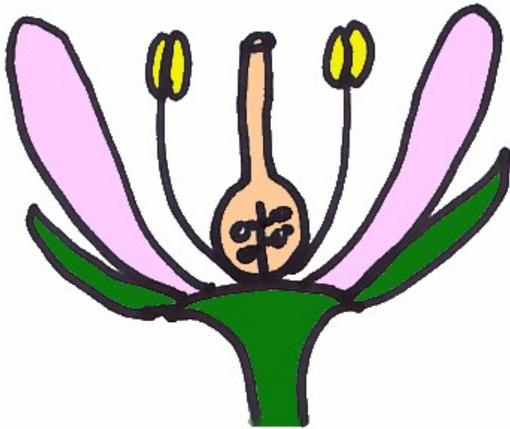
**¡NO
OLVIDAR!**

ÓVULO

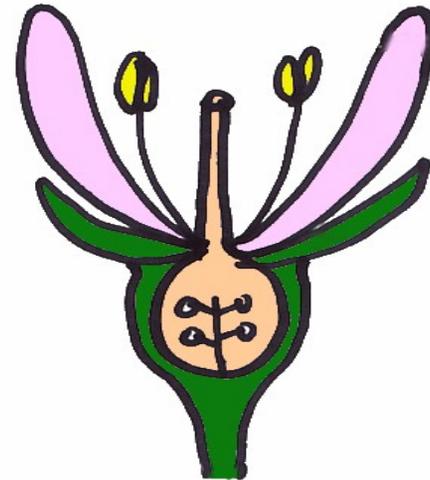
(PRIMORDIO SEMINAL
O MACROSPORANGIO)



SEMILLA



**Ovario súpero
(flor hipógina)**



**Ovario ínfero (flor
epígina)**

2

CICLO BIOLÓGICO DE LAS ANGIOSPERMAS

INTRODUCCIÓN

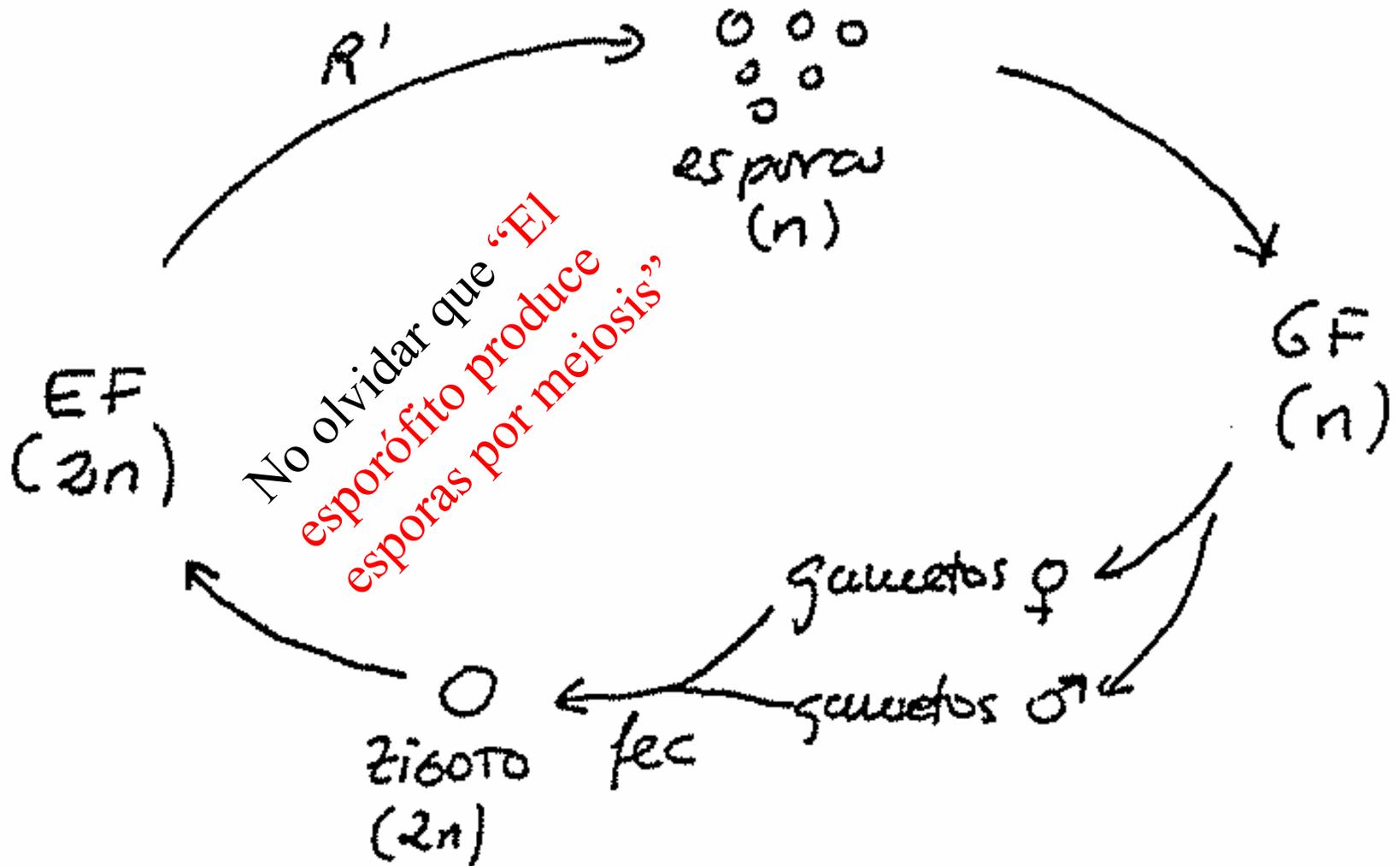
Presentan una **alternancia de generaciones heteromórfica** en la que alternan un **EF** (esporófito) de nivel cormófito (su cuerpo vegetativo está diferenciado en raíz, tallo y hojas) y los **GF** (gametófitos) muy reducidos, que pueden ser masculino o femenino y se encuentran dentro de las flores.

El **EF** es la planta cormófito diploide ($2n$ cromosomas) que **produce esporas por meiosis** en órganos llamados esporangios. Los esporangios que dan esporas femeninas, de mayor tamaño (**macrosporas**) se llaman **macroesporangios**. Los esporangios que dan esporas masculinas, de menor tamaño (**microsporas**) se llaman **microesporangios**.

Las **macrosporas** germinan y dan un grupo de células haploides que constituyen el **GF** ♀, una de cuyas células actuará como **gameto** ♀ u **oosfera**. A su vez, las **microsporas** también germinan y forman el **GF** ♂. Un núcleo de este GF actuará como **gameto masculino o núcleo espermático** y fecundará a la oosfera.

* En las Gimnospermas el ciclo es parecido, pero no existe ovario y por lo tanto no hay frutos. Además los GF ♂ y ♀ no están tan reducidos como en Angiospermas.

Alternancia de generaciones (haplodiplontes):



FORMACIÓN DE ESPORAS DENTRO DE LAS FLORES

Como sabemos la **formación de esporas** ocurre en Espermafitas en las **flores**. Recordemos que en Angiospermas las flores están formadas generalmente por una o dos envueltas protectoras que se denominan en conjunto **periantio** (peri=alrededor, anthos=flor). Las hojas que forman el periantio se llaman **antófilos** (filos=hoja).

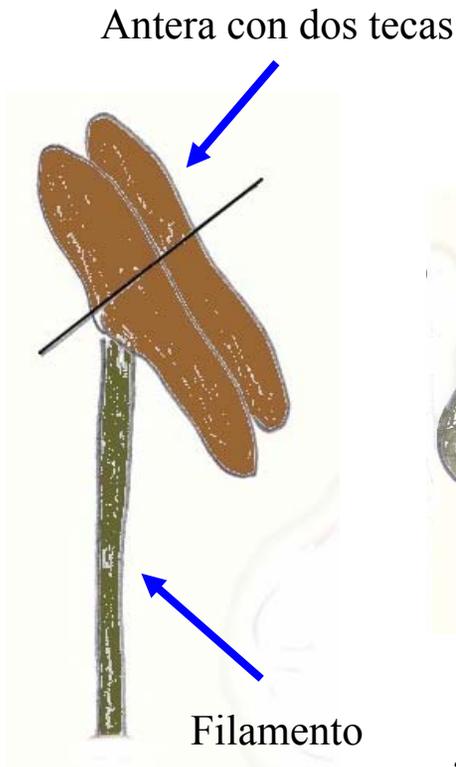
En los casos más típicos el periantio es doble, formado por piezas exteriores, generalmente de color verde, llamadas **sépalos**, que forman el **cáliz** y unas piezas internas, generalmente coloreadas, llamadas **pétalos**, que forman la **corola**.

Los antófilos tienen como función la protección de los esporófilos u hojas productoras de esporangios y esporas.

Los **esporófilos** son las hojas fértiles de la flor. Pueden ser **micro** o **macroesporófilos**. Si una flor posee de ambos tipos se dice que es **hermafrodita**, si solo produce un tipo es **unisexual**, ♂

o ♀.

Se llama **androceo** al conjunto de **microesporófilos** de una flor. Los microesporófilos son hojas transformadas que se llaman **estambres**. Constan de un **filamento** y de una **antera**. Cada antera, que es la porción fértil, consta de dos **tecas**. A su vez, en cada teca hay dos sacos polínicos, que son los microsporangios productores por meiosis de **microsporas**, que son los granos de polen uninucleados.



Corte transversal de la antera a nivel de la línea indicada

NOMBRE DE LOS ÓRGANOS FLORALES MASCULINOS EN LA TERMINOLOGÍA DE ALTER-NANCIA DE GENERACIONES:

Estambre = **microesporófilo**

Saco polínico = **microesporangio**

Grano de polen uninucleado haploide (con n cromosomas) = **microspora**

Grano de polen con dos o tres núcleos haploides (cada uno con n cromosomas) = **GF** ♂

Dos de esos núcleos serán los **núcleos espermáticos** (gametos ♂) y el otro formará el **tubo polínico**.

Se llama **gineceo** o **pistilo** al conjunto de los **macroesporófilos** de una flor. Los macroesporófilos son hojas transformadas que se llaman **carpelos**. En el haz o en borde de los carpelos se insertan los **macroesporangios**, llamados **óvulos** o **primordios seminales**. Los macroesporangios producen una única **macrospora**. La macrospora, al germinar produce un **GF ♀** con **8 núcleos haploides**, que permanece dentro del óvulo.

En las Angiospermas, un solo carpelo o varios se sueldan para dar una cavidad cerrada, llamada ovario que encierra y protege a los óvulos (macroesporangios). Cuando ocurre esto se distinguen tres partes en el gineceo:

Ovario.- porción ensanchada que alberga a los óvulos.

Estilo.- porción adelgazada por la que desciende el tubo polínico.

Estigma.- porción final que recibe a los granos de polen.

Estigma



Estilo



Ovario



NOMBRE DE LOS ÓRGANOS FLORALES FEMENINOS EN LA TERMINOLOGÍA DE ALTERNANCIA DE GENERACIONES

Carpelo = **macrosporófilo**

Óvulo = **macroesporangio**

Saco embrional uninucleado (con n cromosomas) = **macrospora**

Saco embrional con 8 núcleos haploides (con n cromosomas) = **GF** ♀

Uno de esos núcleos serán la **oosfera** (gameto ♀). Otros dos núcleos, llamados **núcleos polares** van a ser fecundados por el otro núcleo espermático y dan un tejido triploide (con 3n cromosomas), que servirá de alimento al embrión.

FORMACIÓN DEL GF ♂

Los **microesporangios** o **sacos polínicos** están formados por un tejido fértil central que son las células madres del polen y por encima 4 capas de células.

Cada célula madre del polen se divide por meiosis y da **cuatro microsporas** o cuatro granos de polen uninucleados haploides. El conjunto de estas células constituye el **polen**. Los granos de polen poseen una gruesa cubierta, la **esporodermis**, formada a su vez por la **exina** (externa) y la **intina** (interna), para protegerlos al ser transportados desde los sacos polínicos al estigma de la flor. El transporte puede ser por el viento (transporte **anemógamo**) o por insectos (transporte **entomógamo**).

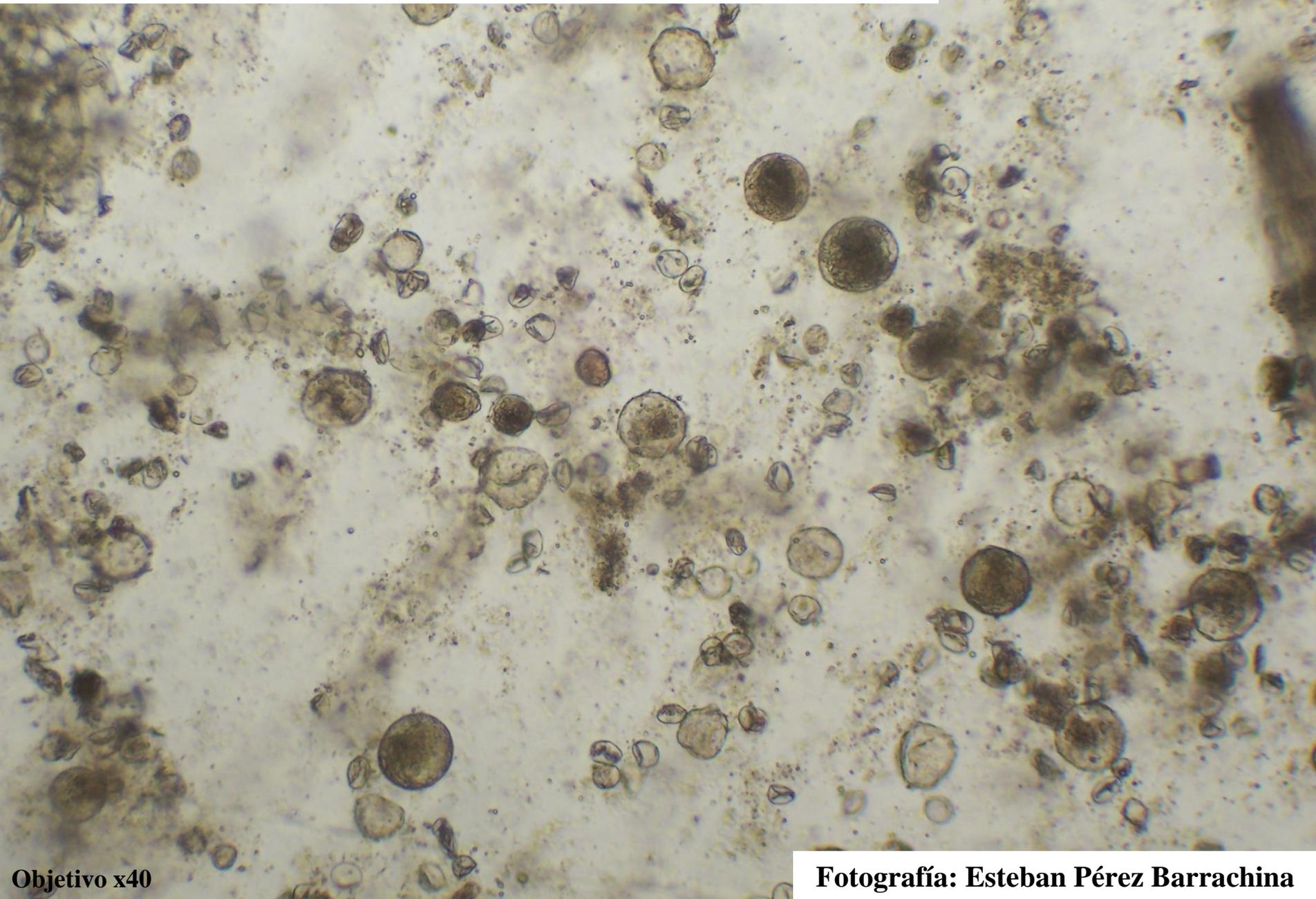
La formación del GF ♂ empieza ya cuando las microsporas (granos de polen uninucleados) se encuentran aún en el saco polínico (microesporangio) y termina después en el gineceo. Inicialmente el grano de polen uninucleado y haploide se divide en dos células, una llamada **célula vegetativa** y otra llamada **célula generativa**. Esta última, la célula generativa se divide en dos **núcleos espermáticos** haploides. Uno de estos núcleos actuará como gameto masculino y fecundará a la oosfera y el otro también se unirá a dos núcleos del GF ♀ y dará un tejido nutritivo (endosperma) triploide.

Es decir, **el GF ♂ es el grano de polen binucleado o trinucleado**. Cuando los granos de polen son diseminados el granod de polen ya puede ser bicelular o tricelular.

Populus nigra (chopo) .
Flores masculinas



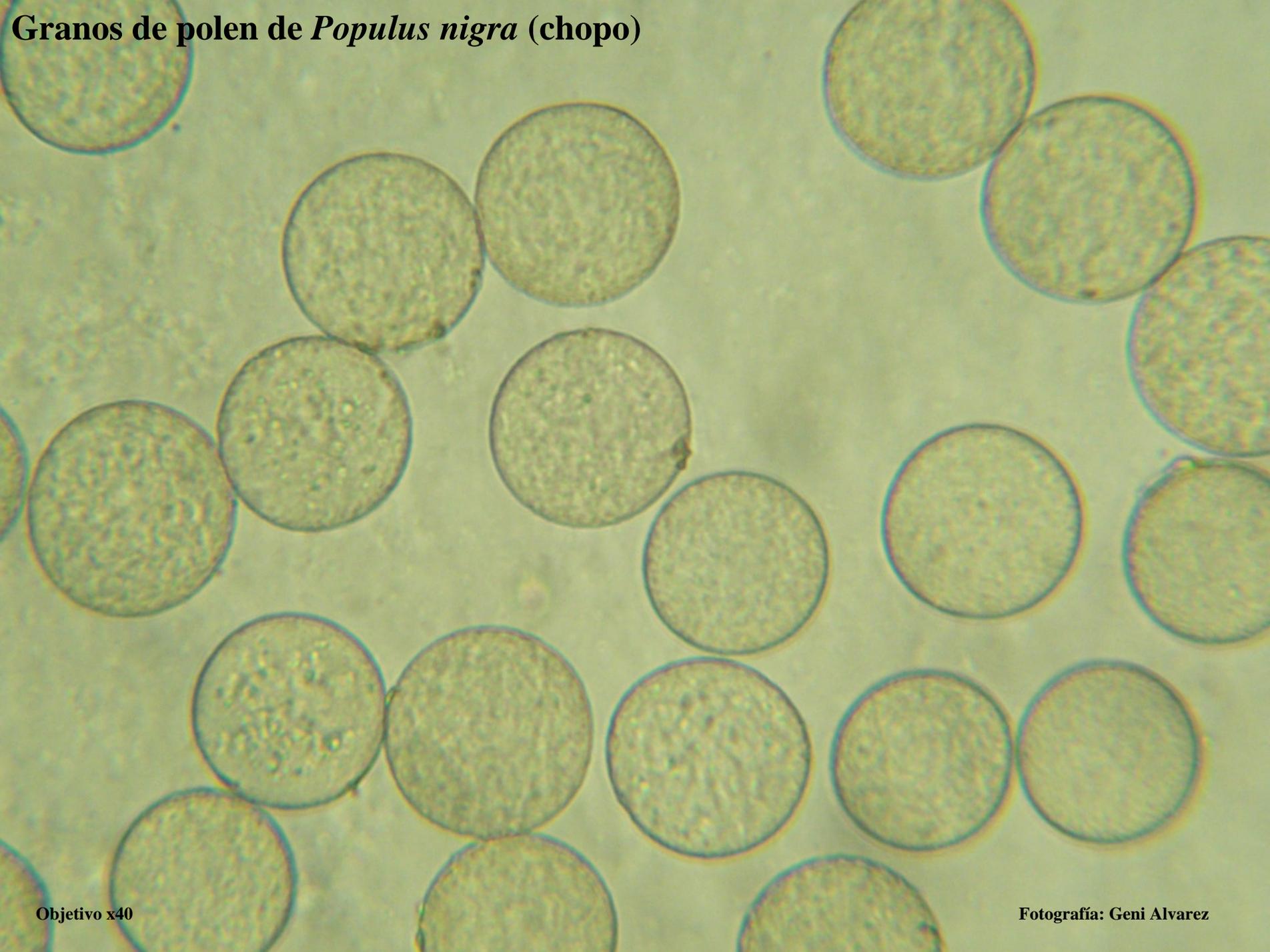
***Populus nigra* (chopo) . Células de los sacos polínicos en diversos grados de maduración originando polen.**



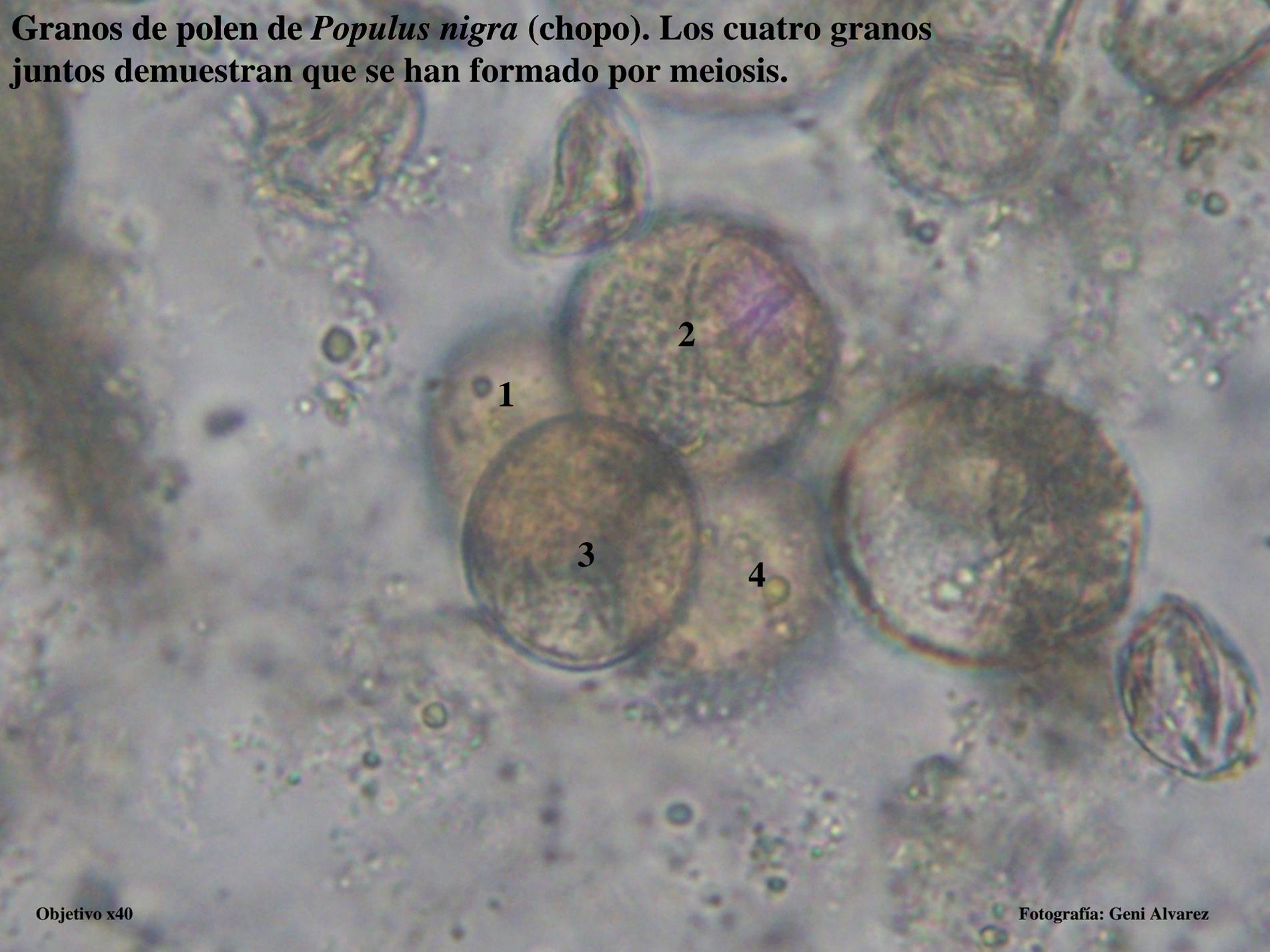
Objetivo x40

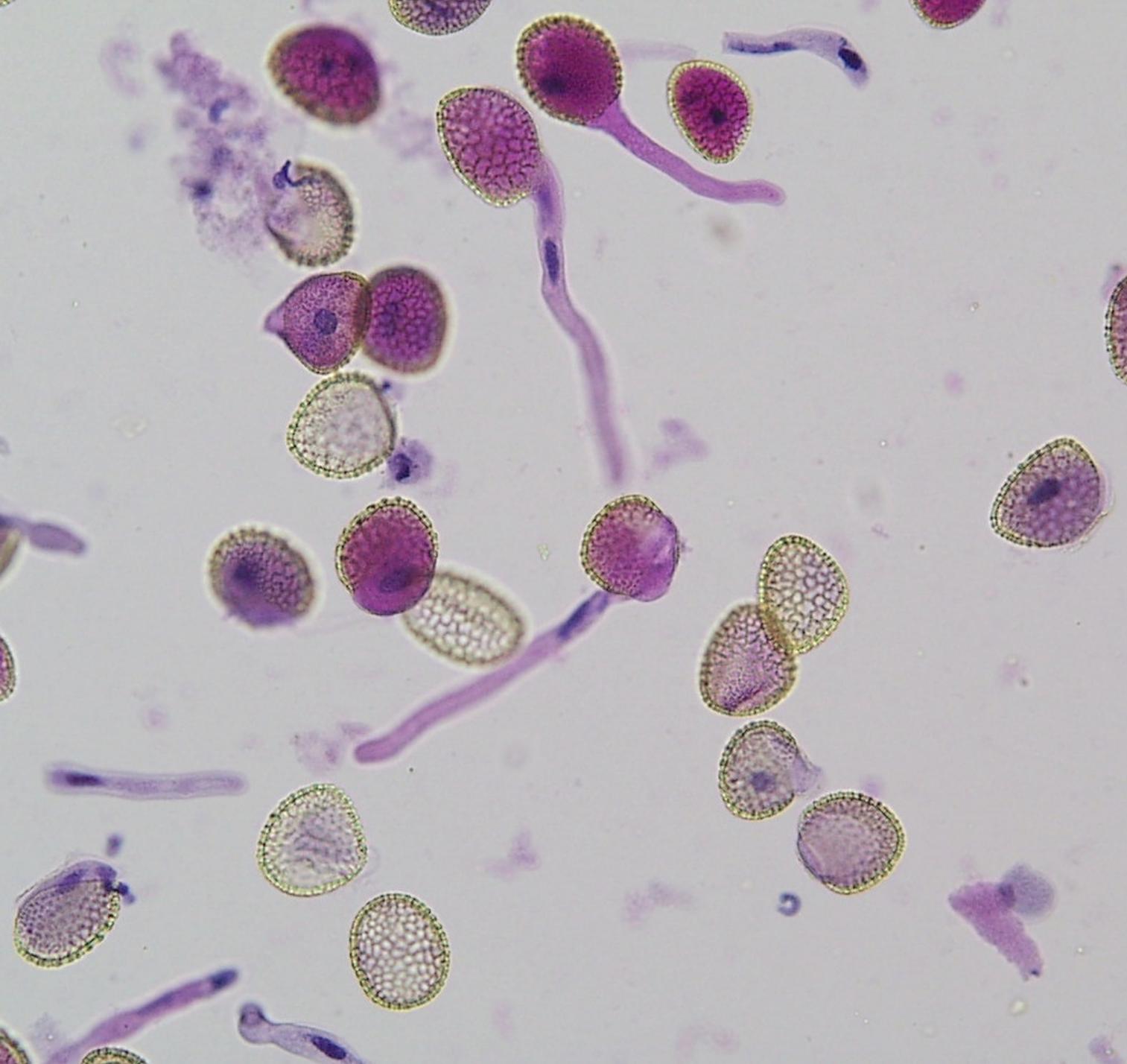
Fotografía: Esteban Pérez Barrachina

Granos de polen de *Populus nigra* (chopo)



Granos de polen de *Populus nigra* (chopo). Los cuatro granos juntos demuestran que se han formado por meiosis.





Germinating
pollen of
Lilium

FORMACIÓN DEL GF ♀

El **macrosporangio** u **óvulo** (o **primordio seminal**) alojado en el ovario o situado en los carpelos (puede haber uno o varios), está constituido morfológicamente, inicialmente por una masita de células, la **nucela**, en el centro de la cual se halla una célula central **diploide** llamada **macrospora (célula madre)**. También recibe el nombre de **saco embrional uninucleado**.

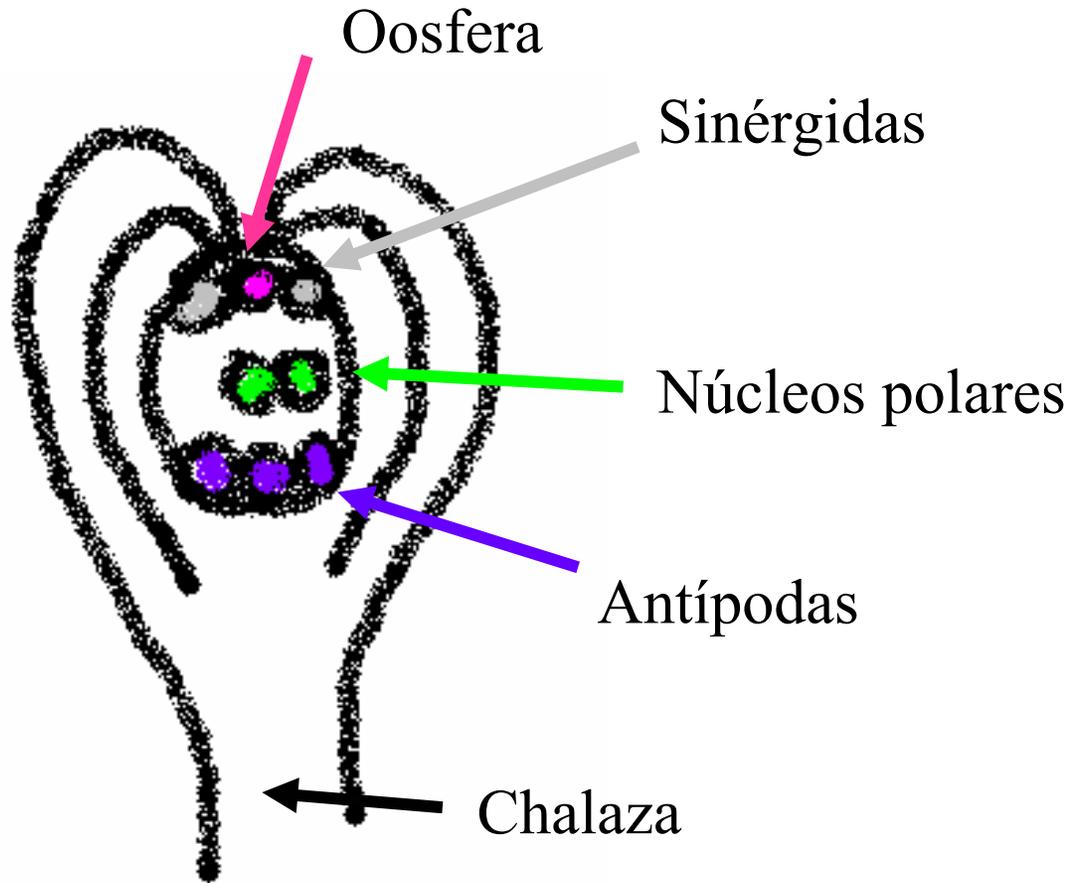
La nucela está rodeada de dos tegumentos: la **primina** (externa) y la **secundina** (interna), que dejan un pequeño canal para el tubo polínico y los núcleos espermáticos llamado **micropilo**. Por la parte inferior la nucela y los dos tegumentos se sueldan y forman la **chalaza** por la que pasan los materiales nutritivos para el GF ♀ primero y después para el embrión.

La macrospora (célula madre) diploide se divide por meiosis y forma en la primera división dos células haploides y en la segunda división meiótica 4 células haploides. Tres de estas células degeneran y la otra, que también podemos llamar **macrospora haploide**, sobrevive y sufre tres divisiones mitóticas hasta que finalmente se forma una gran célula con 8 núcleos haploides. Esta célula es el **GF ♀** o **saco embrional plurinucleado**.

Tres de los núcleos se sitúan cerca del micropilo, uno de ellos será la **oosfera** o auténtico **gameto femenino** y las otras, llamadas **sinérgidas** degeneran.

Otros tres núcleos se colocan en el extremo opuesto y reciben el nombre de **antípodas**, que también degeneran.

Los dos núcleos restantes, situados en el centro del saco embrional se llaman **núcleos polares** y forman un **núcleo diploide de fusión**.



FECUNDACIÓN

Cuando el grano de polen llega al estigma de la flor, se produce un **crecimiento del tubo polínico** que llega hasta el borde de los óvulos. Los dos **núcleos espermáticos** pasan a través de tubo polínico. Uno de ellos fecunda a la **oosfera** y el otro se fusiona con los dos **núcleos polares**. Es decir, hay una **doble fecundación**.

La oosfera con el núcleo espermático origina un cigoto y posteriormente el embrión. En el embrión enseguida se diferencian la raíz y los cotiledones (hojas embrionarias). Por maduración del embrión se origina un nuevo EF.

El otro núcleo espermático, más los dos núcleos polares dan un tejido nutritivo o **endosperma secundario**. A veces desaparece y la nutrición del embrión corre a cargo de las reserva de los cotiledones.

Es decir, **los óvulos se transforman en semillas**, tras la fecundación
A la vez, **a partir de ovario**, por maduración, **se forman los frutos** que protegen a las semillas.

FORMACIÓN DEL EMBRIÓN, ENDOSPERMA Y SEMILLA

El embrión se forma por sucesivas divisiones mitóticas del cigoto. Las células del interior del óvulo forman el **embrión**, y las restantes forman un **suspensor** que empuja al embrión hacia los tejidos nutritivos que se están formando.

Al final en el embrión se desarrollan dos polos, uno, la **radícula**, que será posteriormente la raíz, orientada hacia el micropilo, y los **cotiledones** u hojas embrionarias, que serán las primeras hojas, hacia la chalaza.

En Angiospermas las **Dicotiledóneas** poseen dos cotiledones y las **Monocotiledóneas** uno.

A la vez que se divide el cigoto, se divide también el núcleo triploide o forma el tejido nutritivo o **endosperma secundario** que sirve para nutrir al embrión. Más tarde el endosperma se transforma en un tejido reservante de las semillas que es consumido por el embrión antes o después de su germinación, frecuentemente se reduce totalmente y el tejido reservante para la germinación queda únicamente en los **cotiledones**. Por ejemplo, en las legumbres, bellotas, castaños de Indias los cotiledones llenan toda la semilla. En otros casos (Orchidiaceas) no se acumulan sustancias nutritivas en las semillas.

FORMACIÓN DEL FRUTO

En **Angiospermas**, a la vez que los primordios seminales se transforman en la semilla, el **ovario se transforma en el fruto**. Los frutos son órganos que contienen a las semillas, las protegen y contribuyen a su **diseminación**. Las **Gimnospermas**, que **carecen de ovario**, también **carecen de frutos** y es la propia semilla la que se encarga de su diseminación.

Además de los carpelos que forman el ovario, en ocasiones en la formación del fruto intervienen otros elementos de la flor e incluso extraflorales. Por ejemplo, es muy frecuente que cuando el ovario es ínfero el receptáculo se suelde íntimamente al ovario y madura a la vez que él.

La pared del fruto recibe el nombre de **pericarpio**. En muchas ocasiones el pericarpio está diferenciado en tres capas:

Epicarpio: capa externa

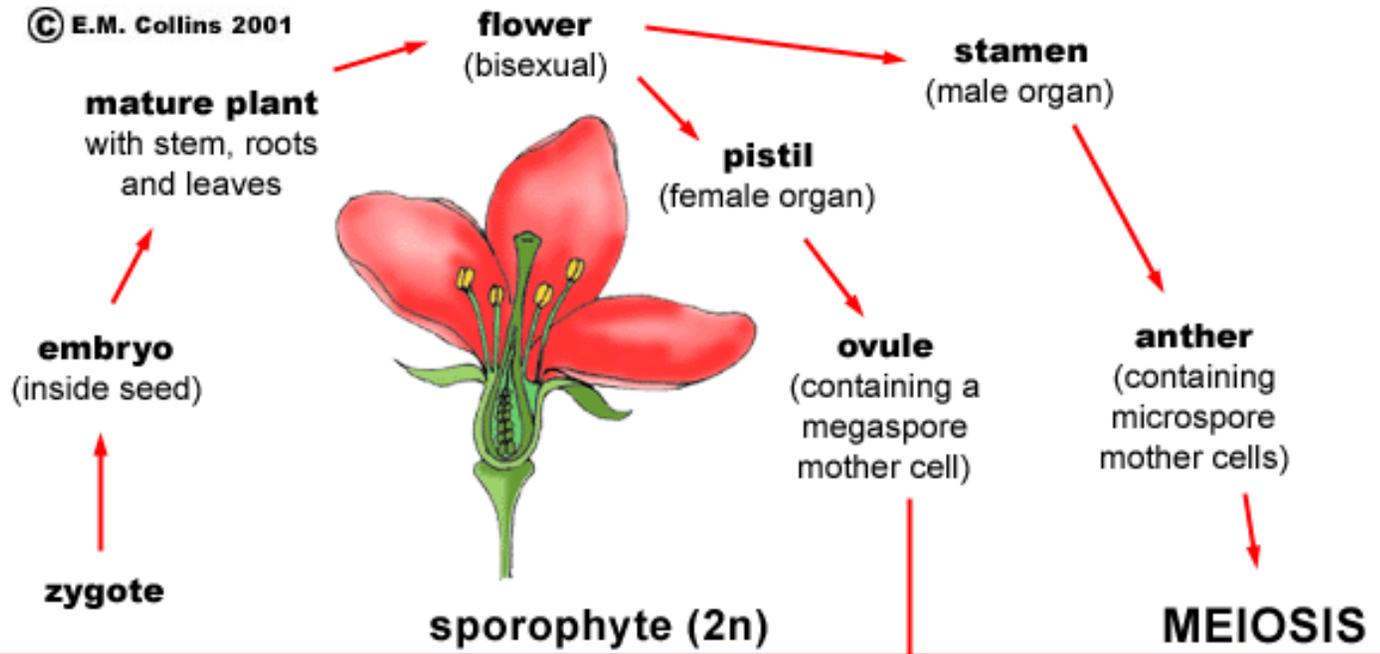
Mesocarpio: capa media, generalmente con varias capas de células

Endocarpio: capa interna, generalmente con una sola capa de células.

Cuando todas las capas del fruto en estado maduro tienen un aspecto más o menos seco y se componen fundamentalmente de células muertas, hablamos de **frutos secos**. Otros tienen el epicarpio o el mesocarpio carnoso y jugoso y reciben el nombre de **frutos carnosos**.

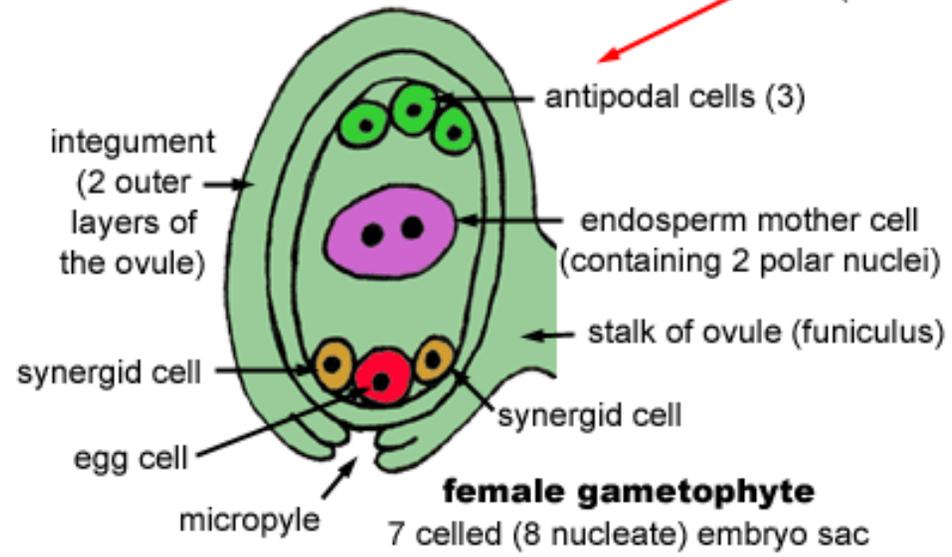
Si los frutos se abren al madurar para dejar salir a las semillas reciben el nombre de **frutos dehiscentes**. Si permanecen cerrados y tienen que pudrirse para dejar salir a las semillas reciben el nombre de **frutos indehiscentes**.

© E.M. Collins 2001



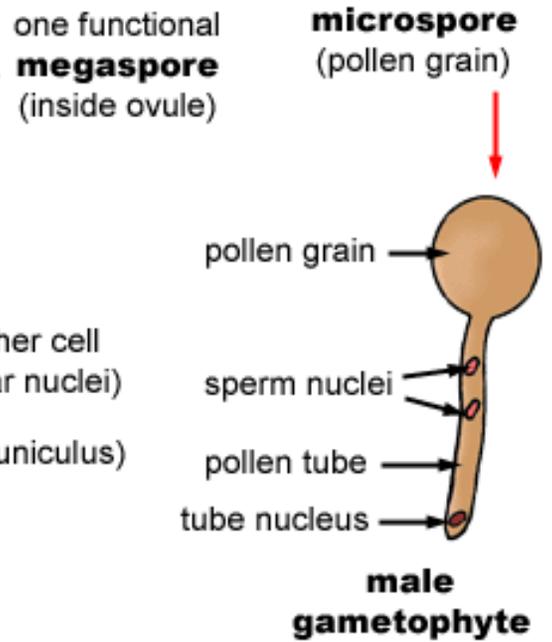
FERTILIZATION

sperm #1 + egg = zygote (2n)
sperm #2 + 2 polar nuclei = endosperm (3n)



female gametophyte
7 celled (8 nucleate) embryo sac

MEIOSIS



male gametophyte