

# Morfología de Plantas Vasculares

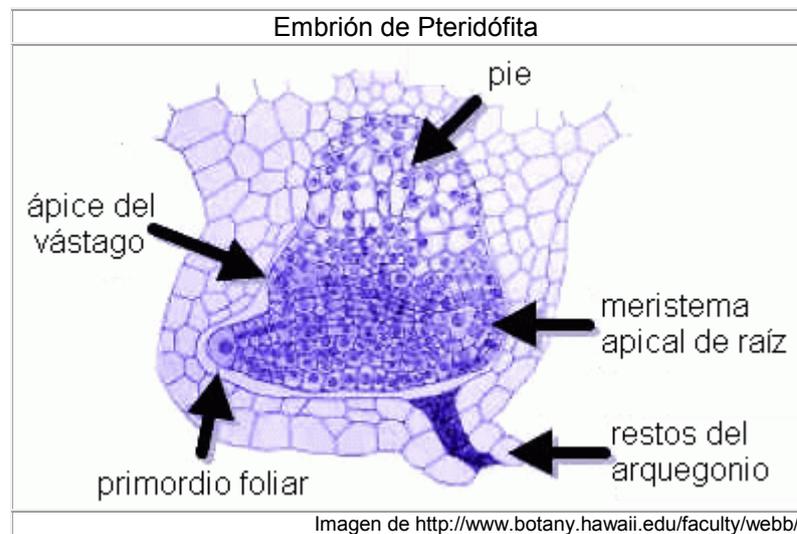
## Tema 24: Fecundación y embriogénesis

### PTERIDOFITAS

En este grupo de plantas los gametos masculinos son móviles, presentan cilios u otro tipo de apéndices para desplazarse, de manera que la presencia de agua es imprescindible para que ocurra la fecundación. Los gametos masculinos se desplazan hasta los arquegonios, se abren paso a través del cuello, y penetran la ovocélula para formar la célula huevo o cigoto.

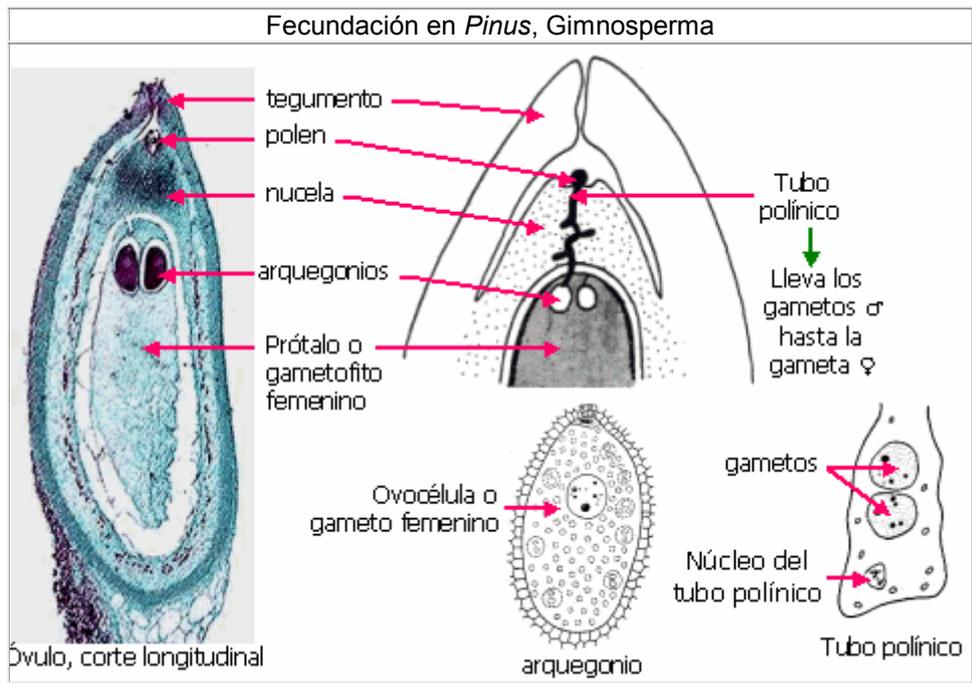
La primera división del cigoto puede ser horizontal con respecto al eje del arquegonio, o longitudinal. En el primer caso, los embriones pueden ser **exoscópicos**, si el ápice caulinar se orienta hacia afuera (*Psilotum*, *Tmesipteris*, *Equisetum*, algunas Ophioglossaceae), o **endoscópicos**, si el ápice caulinar se orienta hacia el fondo del esporangio. En el último caso, puede tener suspensor, un conjunto de células estériles que empuja el embrión propiamente dicho hacia adentro (*Lycopodium*, *Selaginella*, alg. Marattiaceae) o no (*Isoetes*, alg. Marattiaceae y Ophioglossaceae). Si la primera división es vertical, el embrión es **prono**, el ápice caulinar crece lateralmente con respecto al eje del arquegonio, y no tiene suspensor (helechos leptosporangiados).

Generalmente el embrión de las pteridófitas tiene tres partes: un pie (la porción adherida al prótalo), el ápice caulinar y la primera raíz. El embrión no es bipolar como el de las plantas con semillas.

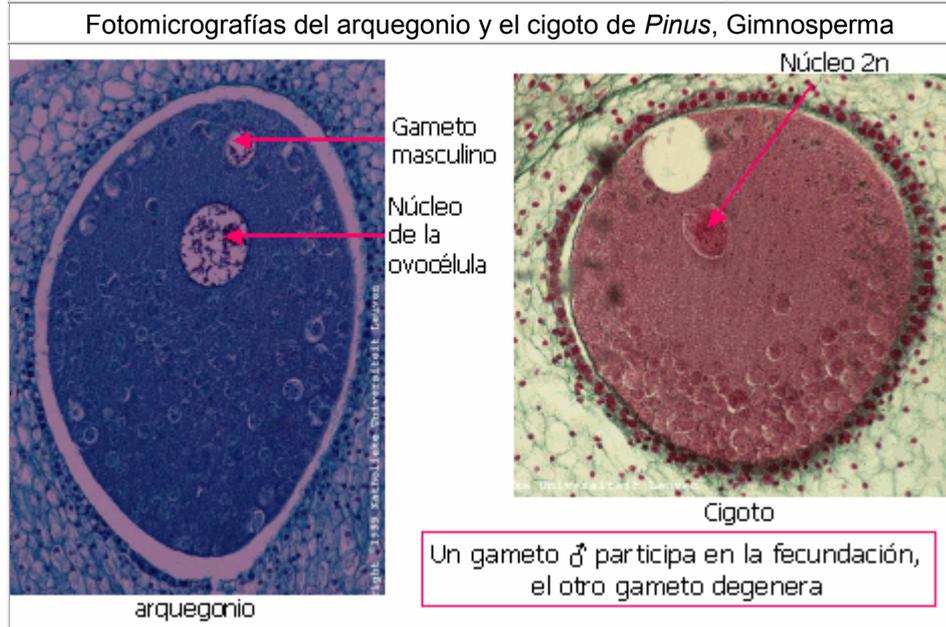


### GIMNOSPERMAS

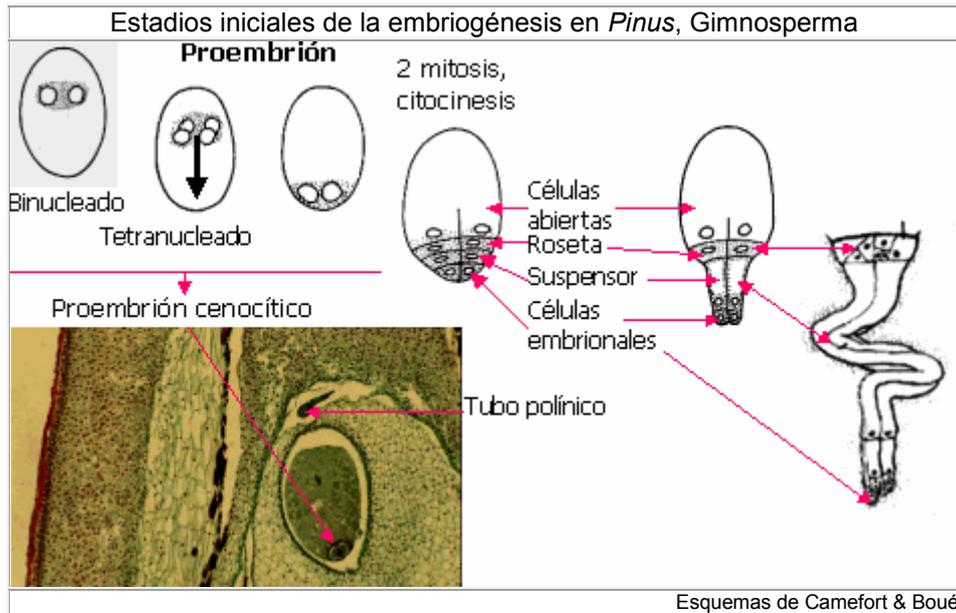
**Pinus.** El tubo polínico crece muy lentamente, abriéndose paso a través de la nucela del óvulo. Cuando llega hasta el gametofito femenino, se abre paso entre las células del cuello del arquegonio, penetra en la ovocélula o gameta femenina y descarga en ella su contenido. Allí ocurre la **fecundación**: uno de los gametos se une con el núcleo de la ovocélula y el otro degenera, igual que el núcleo vegetativo y las demás células del arquegonio.



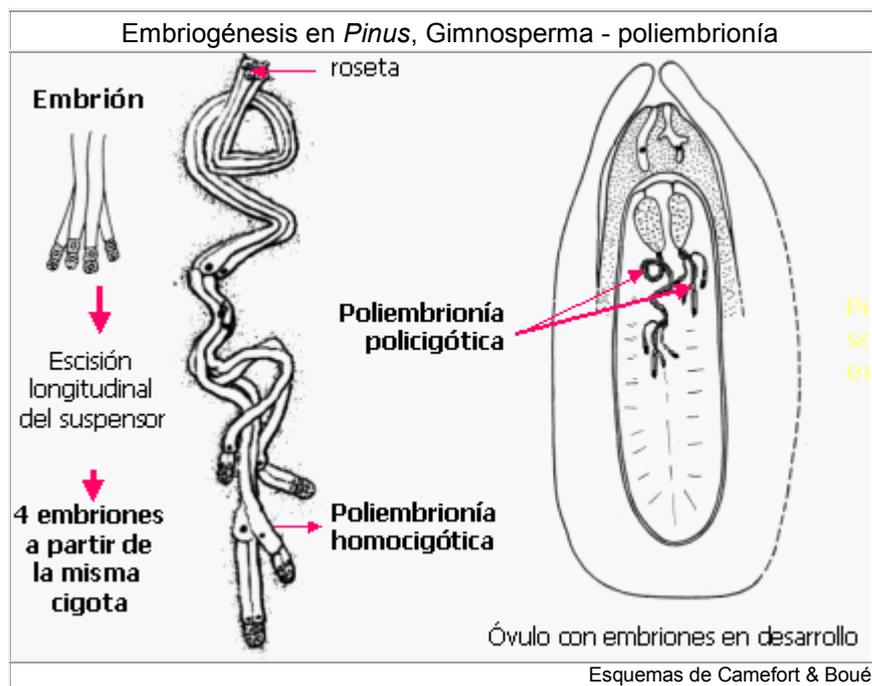
Esquemas de Camefort & Boué



Generalmente son fecundados todos los arquegonios y todas las ovocélulas comienzan la embriogénesis. Se inicia el desarrollo de tantos embriones como arquegonios hay. Este tipo de **poliembrionía** se denomina **policigótica** porque ocurre a partir de cigotos diferentes. Las 2 primeras divisiones del **cigoto** son nucleares libres; los 4 núcleos se hunden hasta el fondo de la célula donde se disponen en un solo plano (**proembrión cenocítico**). Allí los cuatro núcleos se dividen mitóticamente dos veces al tiempo que se produce la citocinesis, de manera que se forman 4 estratos de 4 células cada uno.



Los 4 núcleos superiores no completan la formación de paredes y terminan por degenerar. El segundo estrato de cuatro células constituye la **roseta**, y desarrolla una gruesa pared que lo separa del primero: la **placa basal**. El 3º estrato forma el suspensor, y empuja al cuarto hacia el prótalo cuyas células están llenas de reservas.

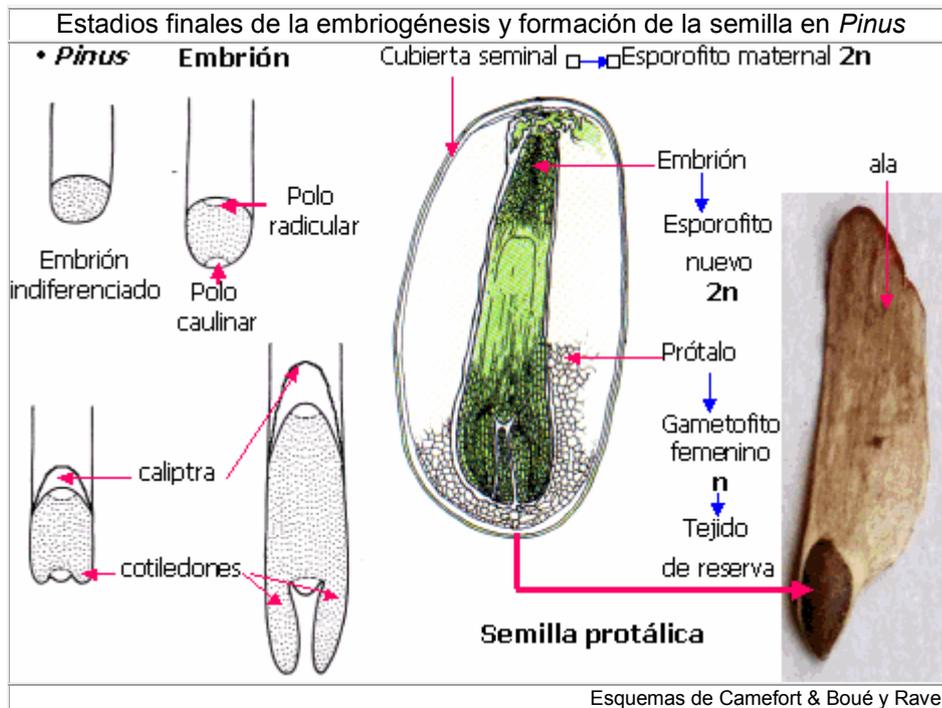


El cuarto estrato es el que formará el embrión. Cada una de las 4 células formará un embrión, es decir que ocurre un segundo tipo de poliembriónía, llamada **homocigótica** porque tiene lugar por división del cigoto.

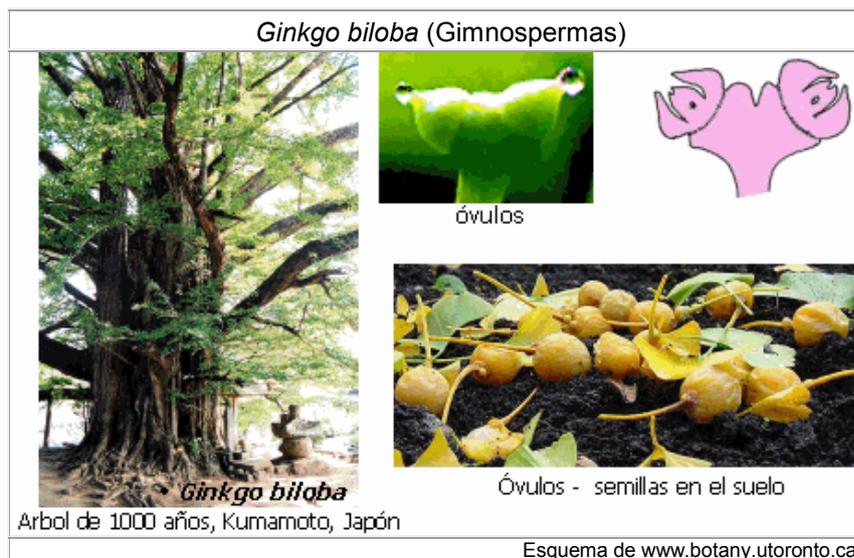
Cada embrión se desarrolla por la actividad de una **célula apical piramidal**. Cuando consta de varios cientos de células, la célula apical ya no se distingue. Lo primero que se desarrolla en el embrión son los **polos** radicular y caulinar y por último se inician los **cotiledones**, generalmente 8, por encima del eje hipocótilo-radicular.

Solo un embrión se desarrollará totalmente, los demás degeneran. El embrión está listo, maduro, cuando las semillas son liberadas, dos años después de la aparición de las flores.

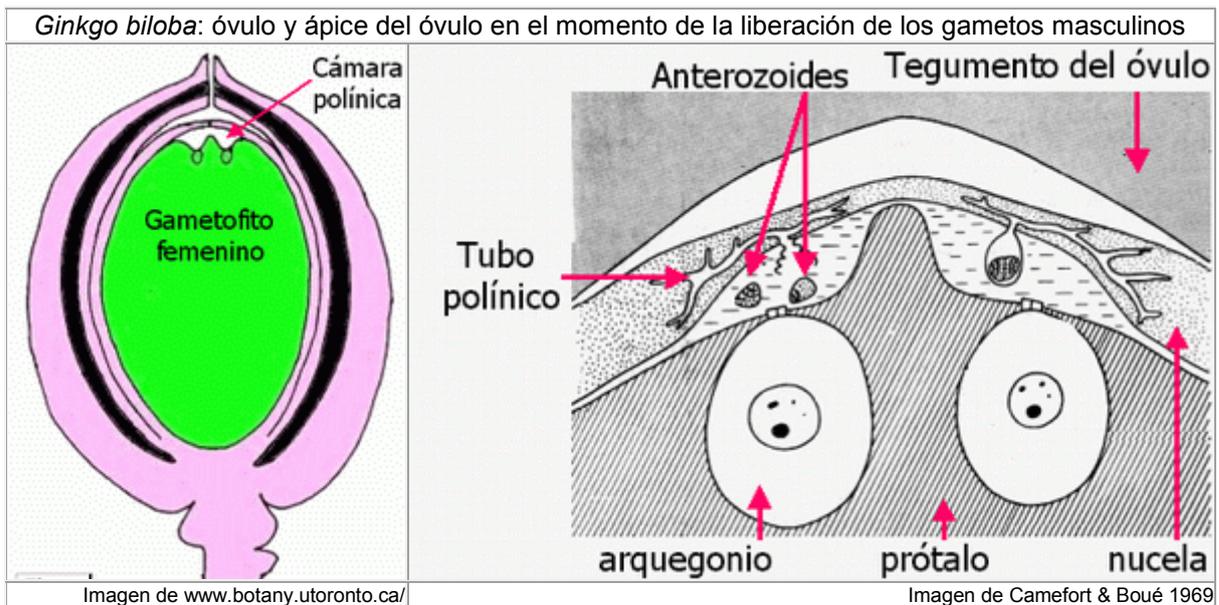
En la semilla de pino se combinan tejidos de origen y ploidía diferentes. El tegumento es  $2n$ , producido por la planta madre, el esporófito maternal; presenta un ala, formada por una parte adelgazada de la escama ovulífera que se desprende de ella. El tejido de reserva es el endosperma primario  $n$ , que es parte del gametófito femenino. El embrión  $2n$  que se forma después de la fecundación, es el nuevo esporófito.



***Ginkgo biloba*:** La especie es dioica. En el pie femenino los óvulos están dispuestos por pares en el extremo de un corto pedúnculo. Cuando están maduros para la polinización, el micrópilo segrega un líquido viscoso al que quedan adheridos los granos de polen.

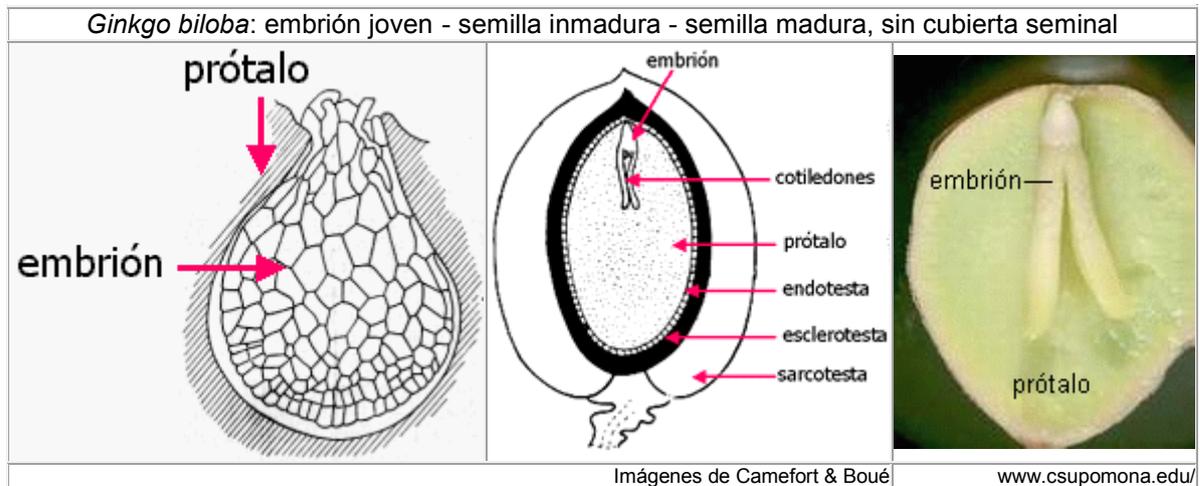


En la nucela se ha formado una concavidad apical: la cámara polínica. Después de la polinización la nucela y el micrópilo se cierran, dejando encerrados a los granos de polen, que comienzan a germinar. Los óvulos caen del árbol antes de que ocurra la embriogénesis, y en climas fríos, incluso antes de que ocurra la fecundación.



En la **fecundación**, cada gameto masculino se fusiona con la ovocélula de un arquegonio para producir la célula huevo o cigoto. Éste comienza a dividirse mitóticamente para formar el embrión. Como cada gametofito femenino tiene dos o más arquegonios, se inician varios embriones, pero usualmente completa su desarrollo sólo uno. Inicialmente el embrión crece dentro del arquegonio, luego se desarrolla dentro del prótalo.

Los embriones de *Ginkgo biloba* presentan radícula, hipocótilo, plúmula y 2-3 cotiledones.



## ANGIOSPERMAS

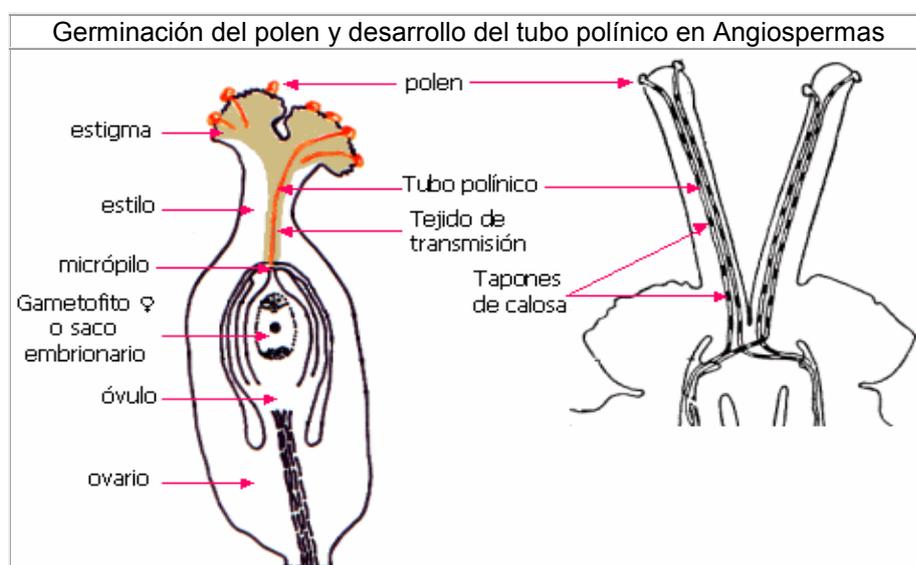
El proceso de la fecundación se inicia con la **germinación** del grano de polen sobre el estigma, desarrollando el tubo polínico. La relación del tubo polínico con la intina no ha sido totalmente aclarada: con microscopio óptico, el tubo parece empujar a los lados la capa de intina que hay en la abertura; con microscopio electrónico la intina se ve continua con la pared del tubo.

El tubo polínico crece sobre el tejido transmisor, sobre las células, entre ellas o en las paredes mismas. Las paredes o las laminillas medias son disueltas por enzimas pectinasas producidas en el extremo del tubo. El tubo crece por alargamiento, esencialmente por un proceso de síntesis de pared celular en la extremidad, llevado a cabo por dictiosomas que aportan su contenido (sustancias pécticas y hemicelulosas) para constituir la pared celular, mientras su membrana alarga el plasmalema. En la parte superior se forman tapones de calosa que sellan sucesivamente las partes viejas vacías.

Muchos granos llegan al estigma y germinan, pero solo uno producirá la fecundación de cada óvulo.

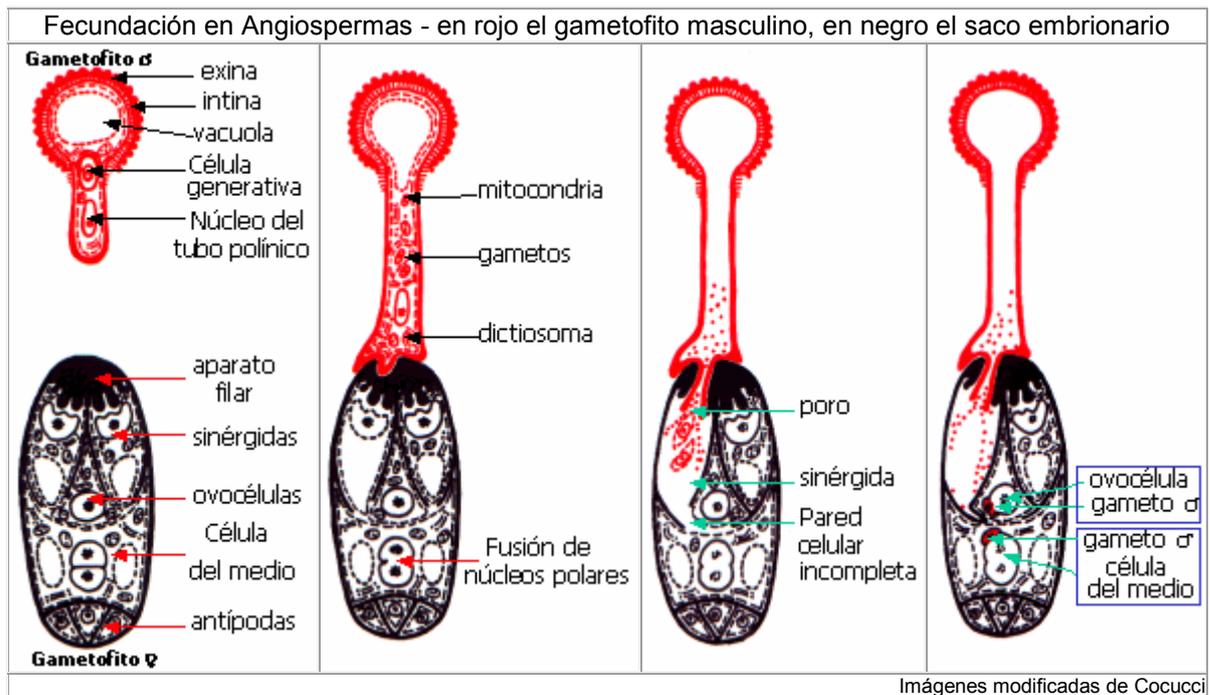
El tubo sigue su desarrollo sobre el tejido transmisor ovárico y llega al óvulo, al que penetra generalmente por el micrópilo: porogamia. Excepcionalmente puede penetrar por otros lugares: aporogamia (*Ulmus*: tegumentos; *Casuarina*: cálaza).

Los óvulos de algunas plantas (*Beta*, *Gasteria*, *Paspalum*, *Ornithogalum*) presentan un exudado micropilar viscoso que contiene proteínas y carbohidratos. Posiblemente sirve como fuente nutricional y también como guía para el tubo polínico. En *Gasteria* el exudado parece ser secretado por el aparato filar. (Franssen-Verheijen & Willemse, 1993).



En algunas Gramineae (Andropogoneae y Paniceae: *Stipa*, *Cenchrus*, *Pennisetum*, *Brachiaria*) las células del ápice de la nucela se hipertrofian y proyectan al canal micropilar. Son células de transferencia, tienen paredes gruesas, con invaginaciones y protoplasma denso. Se ha sugerido que participan en la nutrición del tubo polínico por su aspecto glandular. Esta estructura se denomina **embellum** (*embellishment*: ornamento) (Busri *et al.* 1993).

El citoplasma, los gametos y el núcleo de la célula vegetativa se encuentran en la porción apical del tubo polínico. Más arriba se encuentra una gigantesca vacuola que aumenta de tamaño por incorporación de agua.



El tubo polínico hace contacto con el saco embrionario en el aparato filar de la sinérgida, lo atraviesa, y luego se forma un poro en el extremo del tubo para que pueda descargar su contenido en el citoplasma de la sinérgida. Esta recibe los gametos y parte de su citoplasma. El núcleo vegetativo del tubo se desorganiza. Uno de los gametos penetra en la ovocélula, y se fusiona con ella para constituir la célula huevo o cigoto  $2x$ . El otro penetra en la célula del medio y se fusiona con el núcleo secundario formado por la fusión de los dos núcleos polares, constituyendo el núcleo primario del endosperma, generalmente triploide,  $3x$ .

#### Doble fecundación en *Lilium*

Este proceso, llamado **doble fecundación**, es característico de las Angiospermas. Desde la polinización hasta la fecundación pueden transcurrir 12-48 horas (lo más frecuente).

Variantes: en *Taraxacum kok-saghyz* el proceso es muy rápido, requiere apenas 15 minutos, mientras en *Quercus dura* 14 meses.

ovocélula  
gameto ♂

gameto ♂  
célula del medio

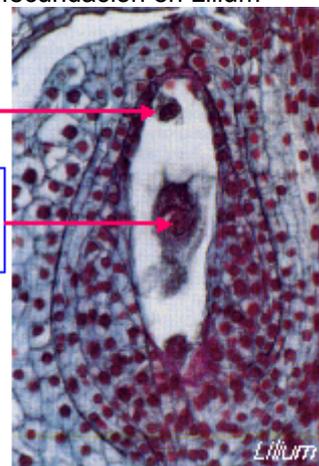


Imagen de Rave

La **embriogénesis** comienza generalmente después que se inicia el endosperma, unas pocas horas después de la fecundación, o después de varios meses.

El cigoto muestra una diferenciación citológica entre los polos calazal y micropilar, es decir que se define un **eje**. La polarización del cigoto, proceso controlado por el complejo membrana plasmática-citoesqueleto, es la base del desarrollo ontogenético. El polo calazal es el asiento de la mayor parte del crecimiento, el **embrión** se desarrolla de células formadas en este polo. El polo micropilar tiene esencialmente función vegetativa, su crecimiento produce el **suspensor** que asegura al embrión en la zona micropilar y suministra un mecanismo de transferencia de nutrientes.

La primera división del cigoto en angiospermas es transversal, excepto en las Piperaceae donde aparentemente es longitudinal; las siguientes pueden ser transversales, verticales u oblicuas. Los embriones muestran una gran variación en la derivación de sus partes a partir de las hileras producidas por las divisiones iniciales en la cigota y sobre esta base se han establecido diversas clasificaciones, muy complejas, con numerosas excepciones, que no tienen mayor importancia porque se aplican al **proembrión**, es decir a los primeros estadios del desarrollo, incluyendo el suspensor.

Haccius propone una clasificación simplificada, en 3 tipos, según la cantidad relativa de material celular que toma parte en la formación del embrión propiamente dicho:

I) solo una parte de las derivadas de la célula apical

II) todas las derivadas de la célula apical

III) las derivadas de la célula apical y parte de las derivadas de la célula calazal (Ej.: *Capsella bursa-pastoris*)

## Embriogénesis de *Capsella bursa-pastoris*.

La célula huevo o cigoto se divide transversalmente en 2 células: la célula micropilar o célula basal que se divide transversalmente repetidas veces para formar el **suspensor** y la célula calazal o terminal que se divide verticalmente.

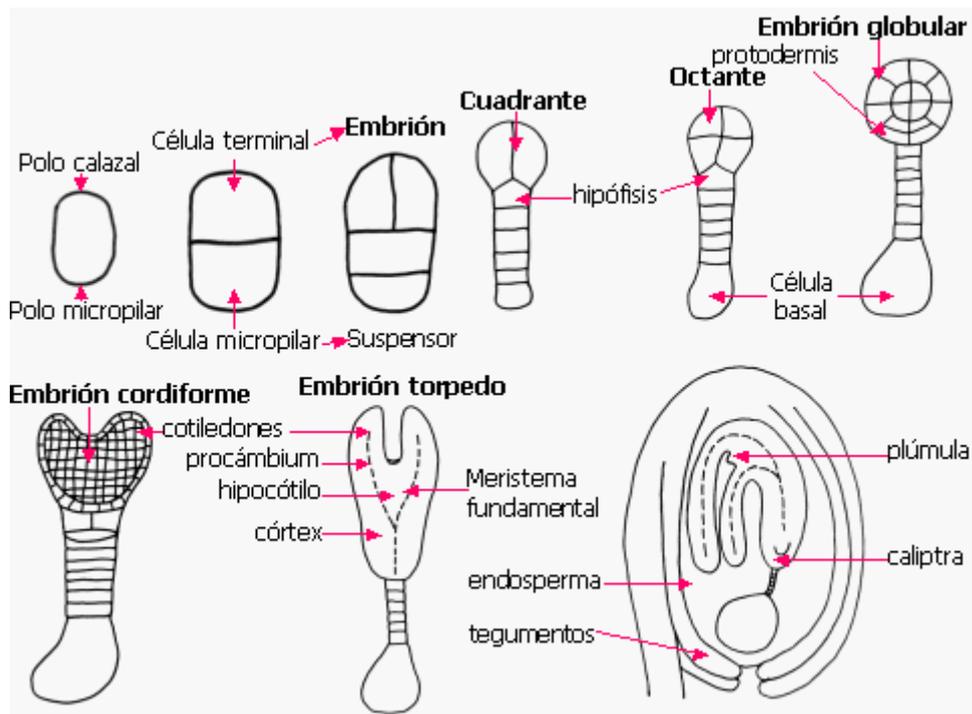
En el suspensor se puede distinguir una célula basal, la más cercana al micrópilo, muy grande, vacuolada, con una extensa red de proyecciones parietales, que participa en la nutrición del embrión, y varias células calazales que pronto degeneran. La célula basal vive un poco más pero finalmente desaparece. La célula interna se diferencia en **hipofisis**. A medida que crece el suspensor empuja hacia adentro al embrión, hacia el tejido nutricio que se está formando.

En las células derivadas de la célula calazal ocurre otra división vertical, en un plano perpendicular al primero. Luego estas 4 células (cuadrante) se dividen transversalmente formando 8 células (octante). Luego éstas se dividen periclinalmente: el embrión es ahora una estructura **globular**. Las divisiones siguen hasta que el **embrión globular** consta de 64 células.

Divisiones localizadas en este cuerpo globoso forman 2 prominencias que originan los **cotiledones**. El embrión adopta así la forma de **cuerpo cordiforme**; en este estado se diferencia la **protodermis** a partir de las células superficiales.

Las divisiones celulares continúan y se alargan cotiledones e **hipocótilo**. El embrión toma forma de **torpedo**. Divisiones verticales esbozan el **procambium** delimitándolo del meristema fundamental y del cortex. El crecimiento continúa, los cotiledones alcanzan el polo calazal del saco embrionario y el embrión se curva.

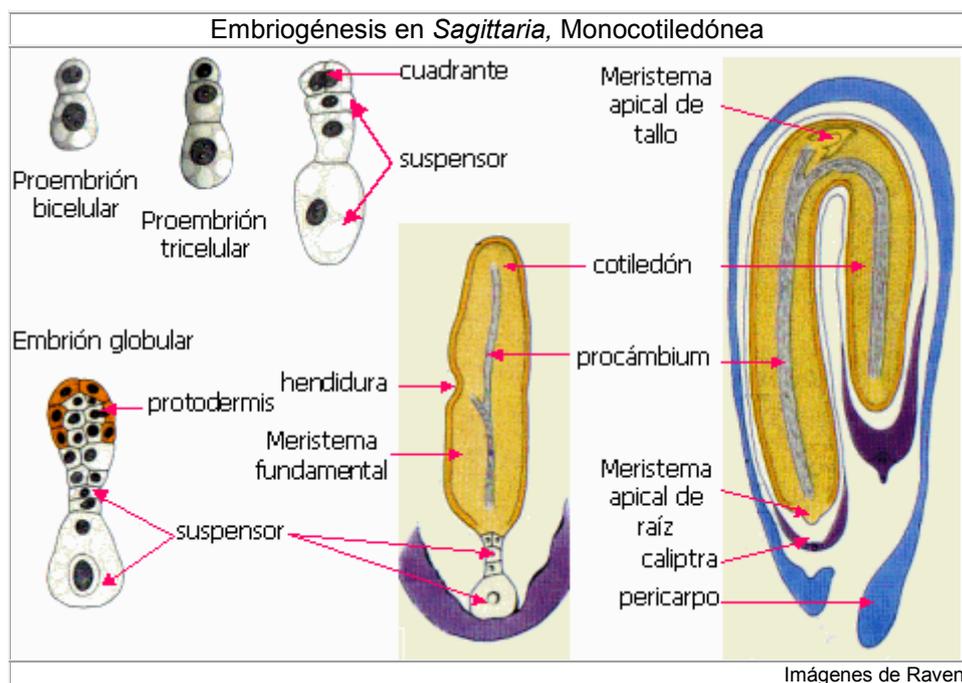
Embriogénesis en *Capsella bursa-pastoris*, Eudicotiledónea



Se organiza el **ápice caulinar: plúmula**. El **meristema apical** se localiza entre los cotiledones. El **procambium** forma el centro del eje hipocotilo-raíz y se extiende a los cotiledones. La hipófisis, por una serie de divisiones repetidas contribuye a formar la **caliptra** y el **ápice radical**, formándose la **radícula** separada de los cotiledones y de la plúmula por el hipocótilo. Durante el crecimiento del embrión, el **endosperma** pasa del estado de **núcleos libres** al estado **celular**. El nucelo es digerido.

## Embriogénesis de Monocotiledóneas

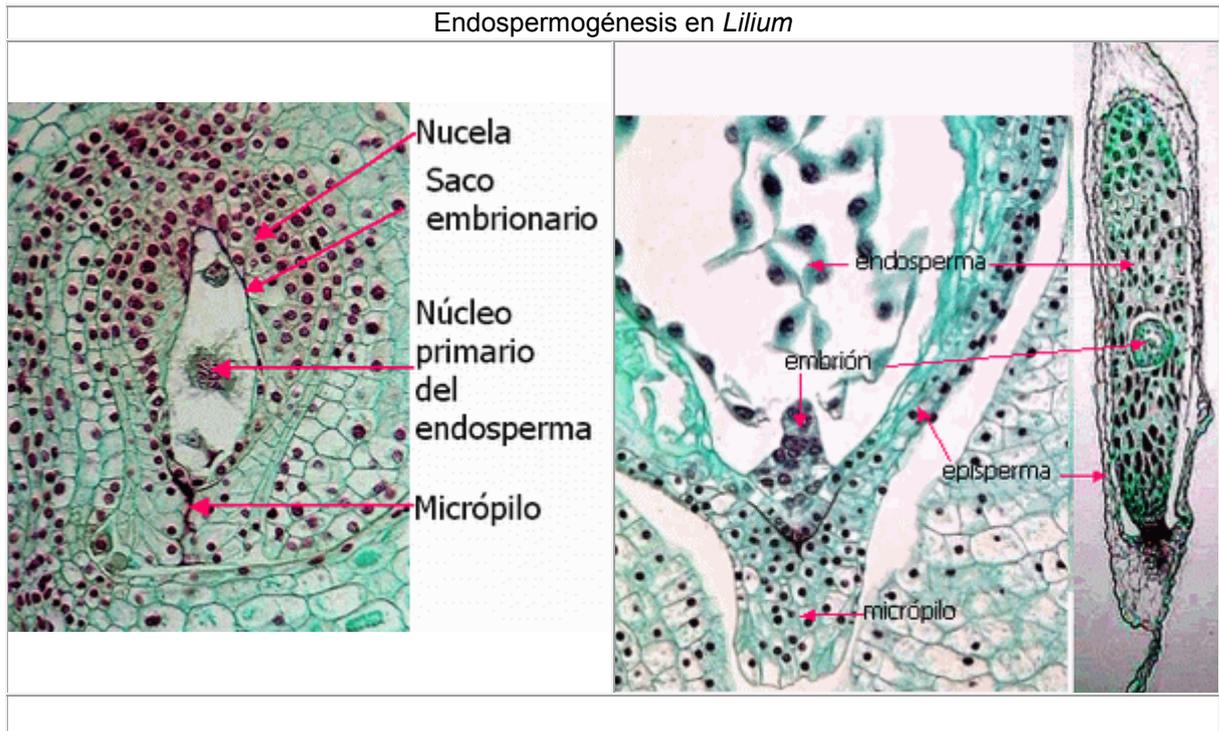
Los estadios iniciales, hasta la formación del embrión globular son idénticos. Se diferencia en que el cotiledón se desarrolla apicalmente, y el ápice caulinar está en una hendidura lateral. Según algunos investigadores, la posición lateral del ápice es aparente, desplazada por el cotiledón. Primero se diferencia el cotiledón, y luego las otras partes del embrión.



## Formación del endosperma

El endosperma es una estructura propia de las Angiospermas. La célula madre del endosperma comienza a dividirse antes que el cigoto, generalmente es triploide.

El endosperma sirve inicialmente para nutrir al embrión, más tarde puede desaparecer por completo o conservarse en la semilla como tejido de reserva o **albumen**.



La formación del endosperma puede ocurrir en tres formas básicas:

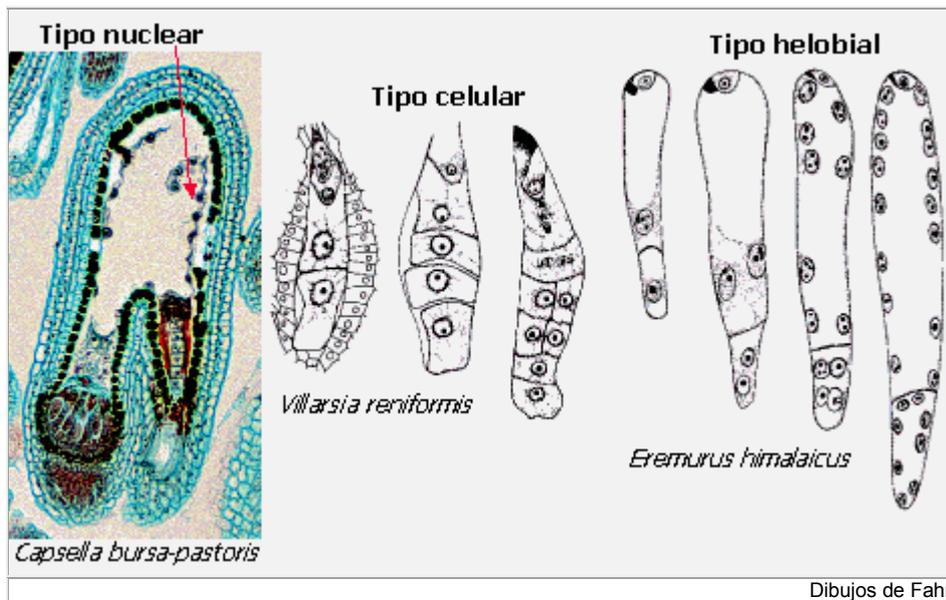
### Tipo nuclear

La célula madre se divide varias veces produciendo numerosos núcleos (8 a 2.000). Las paredes se forman después de cierto tiempo. Puede digerir las células de la nucela e incorporar células tegumentarias. Ejs.: *Malva*, *Malus*, *Capsella*.

### Tipo celular

Cada división nuclear es seguida de formación de paredes. Este tipo de endosperma se encuentra en el género *Senecio*.

Tipos de endosperma

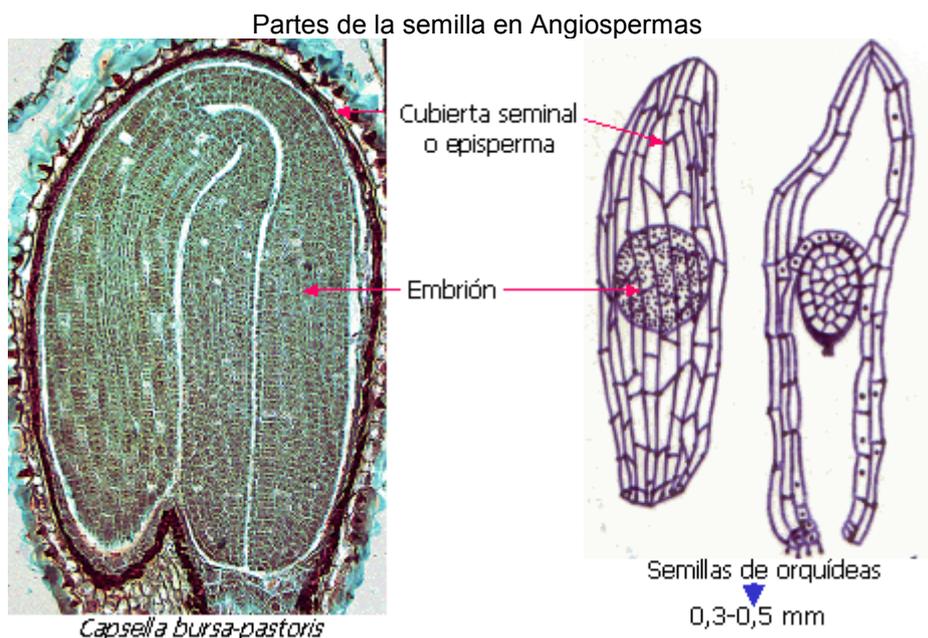


### Tipo helobial

Este tipo de endosperma es frecuente en las especies del orden Helobiales (Monocotiledóneas). La primera división es transversal, se forman 2 células de tamaño diferente, una pequeña calazal, en la que ocurren divisiones nucleares libres poco abundantes, y una grande micropilar en la que ocurren numerosas divisiones nucleares libres. En las derivadas de la célula pequeña calazal el contenido citoplasmático disminuye y los núcleos comienzan a degenerar. En las derivadas de la célula grande micropilar pueden formarse paredes por citocinesis simultánea.

## ESTRUCTURA DE LA SEMILLA

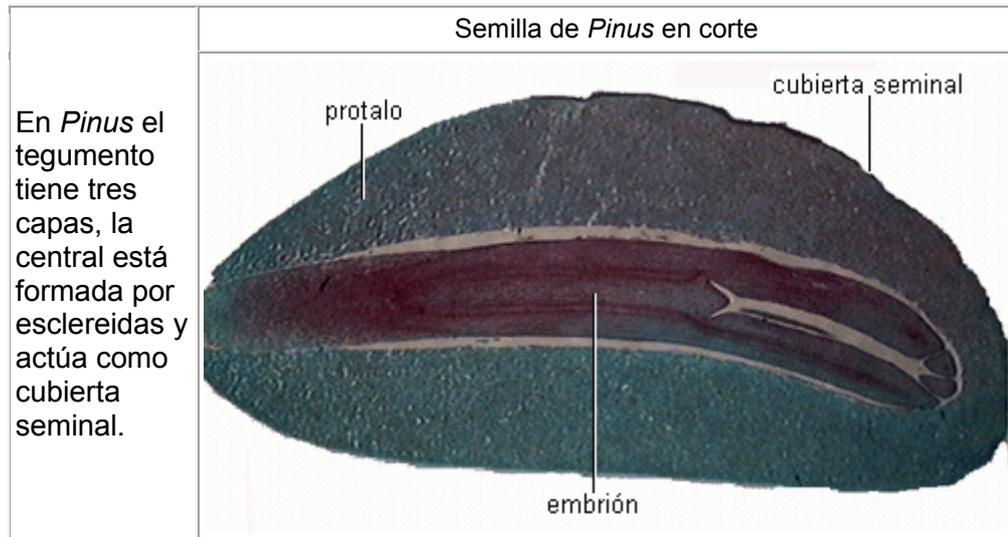
La semilla está formada por el embrión, la cubierta seminal o episperma y a veces tejido de reserva.



## EPISPERMA

La cubierta seminal o episperma se forma a partir de los tegumentos del óvulo. A veces intervienen las capas periféricas de la nucela.

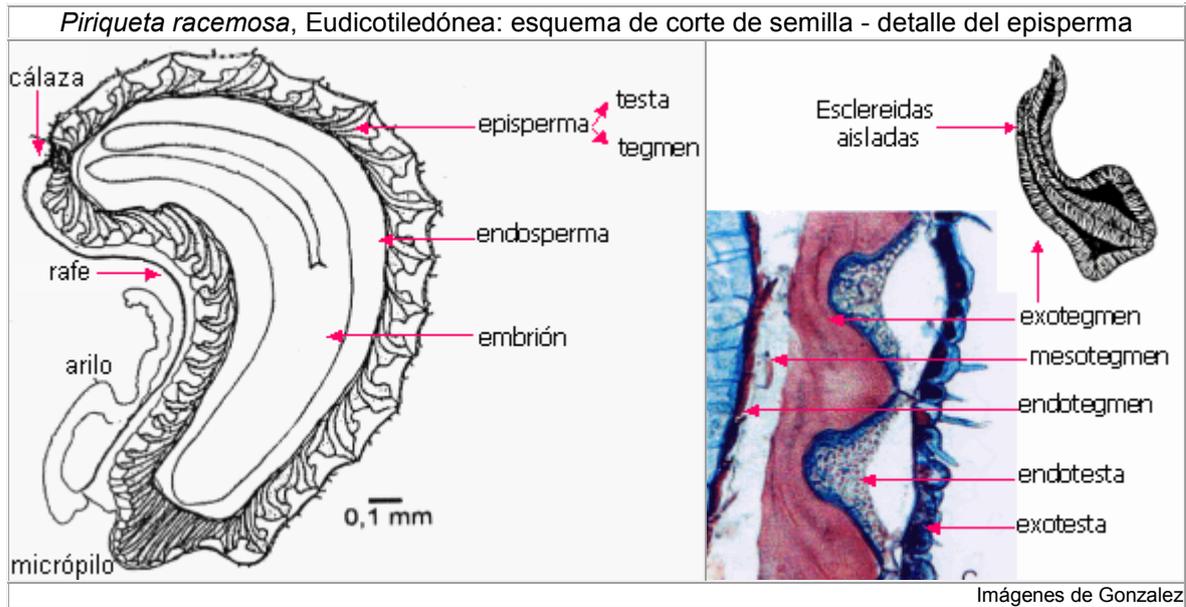
En *Ginkgo* el episperma presenta tres capas que de afuera hacia adentro son: sarcotesta (carnosa), esclerotesta (leñosa) y endotesta (delgada). Las células de la sarcotesta carnosas tienen ácido butírico, y despiden un olor desagradable al descomponerse. Por esta razón en parques y jardines sólo se cultivan pies masculinos, que se propagan vegetativamente.



En Angiospermas el episperma es generalmente seco. Las semillas de Orchidaceae (orden Microspermales, Monocotiledoneae) son microscópicas, miden menos de 1 mm; presentan una cubierta seminal simplificada formada por una lámina transparente de células delgadas que forman un saco aerífero donde está suspendido el embrión indiferenciado rodeado por el tegumento interno atrofiado; no hay tejidos de reserva.

En *Hymenocallis* (Liliaceae) los tegumentos son verdes y con estomas; el desarrollo embrionario está en conexión con la actividad de este tejido.

En el episperma se observan comúnmente dos capas, la externa, la **testa**, derivada del tegumento externo y la interna, el **tegmen**, derivado del tegumento interno del óvulo y/o de la nucela.

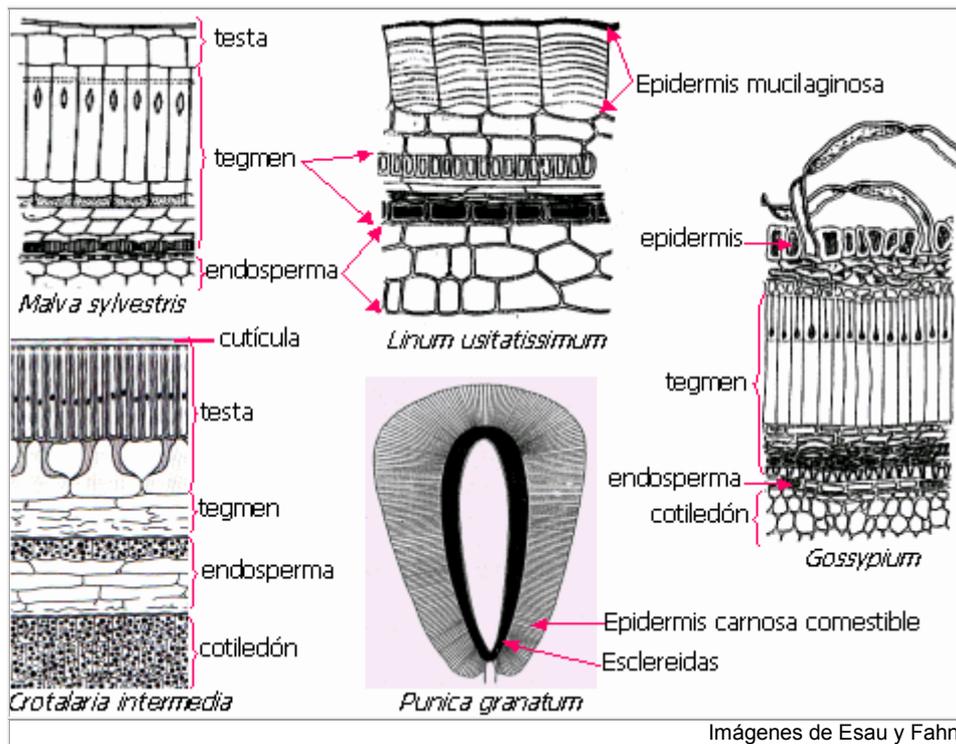


En el episperma la cutícula puede ser muy gruesa como sucede en *Plantago*, además puede ser lisa o labrada.

En *Gossypium* (algodonero) la epidermis seminal desarrolla largos pelos que constituyen la "fibra" del algodón. La testa (tegumento externo) está formada por varias capas, una de las cuales está formada de esclereidas columnares dispuestas como una empalizada, sin espacios intercelulares (también llamadas células de Malpighi que fue quien las describió primero). El tegmen está reducido a la epidermis interna que es la capa más interna del episperma (fringe layer: capa marginal).

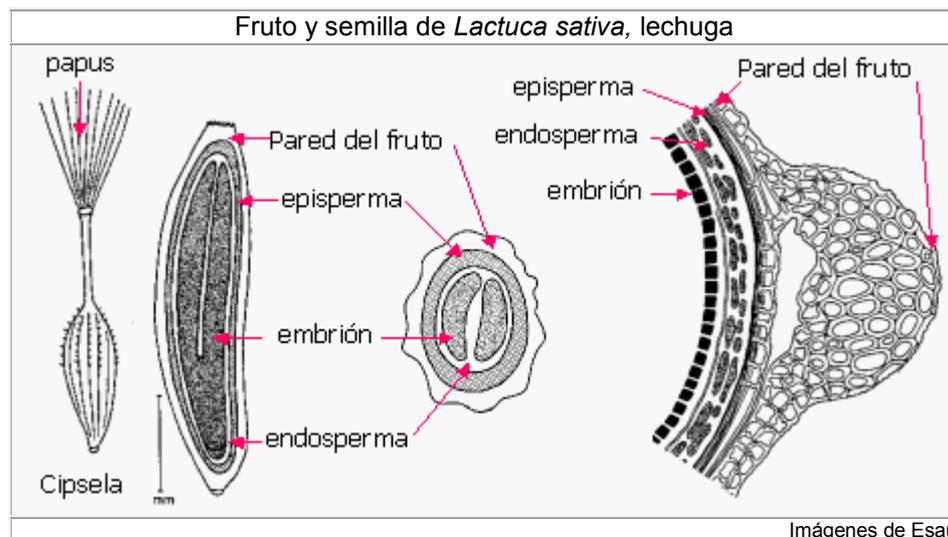
Con frecuencia el episperma se mucilaginizan, como en lino, membrillo o tomate. En *Linum usitatissimum*, el lino, el tegumento externo presenta tres capas, la pared externa secundaria de las células epidérmicas radialmente alargadas está formada de una sustancia mucilaginoso que se deposita en estratos hasta llenar prácticamente el lumen celular. Esta sustancia se hincha fuertemente cuando absorbe agua, y termina por romper las capas externas cutinizadas y la cutícula. Las dos capas internas son parenquimáticas. El tegumento interno posee tres capas: la externa es la capa mecánica, formada por esclereidas orientadas paralelamente al eje mayor de la semilla. Por debajo hay células parenquimáticas alargadas en sentido perpendicular a las esclereidas. Las células de la capa más interna presentan el lumen lleno de pigmentos que determinan el color de las semillas.

Variaciones en el episperma de semillas de Angiospermas



En las semillas duras, como las de *Crotalaria*, el episperma es muy resistente, tiene una cutícula notable y está esclerificada. Puede estar formada por varias capas de esclereidas: columnares, osteoesclereidas, lagenosclereidas, macrosclereidas con línea lúcida (línea con refringencia diferente debida a una orientación distinta de las microfibrillas en la pared). En el granado, *Punica granatum*, el episperma es carnoso, la capa carnosa comestible es la epidermis: las células se alargan notablemente en sentido radial y se vuelven turgentes. La otra capa es mecánica, formada por esclereidas.

En frutos secos indehiscentes el episperma es delgado y membranáceo, puede quedar reducido a una capa de células, como en las Umbelliferae o en *Lactuca* o desaparecer como sucede en *Zea mays*. En el cariopse de *Triticum* quedan restos de las cutículas.



El tomate, *Lycopersicon esculentum*, Solanaceae, es un ejemplo de semilla derivada de un óvulo unitégmico, con nucela pequeña, con episperma mecánicamente débil. La **epidermis externa** desarrolla paredes con engrosamientos en las paredes tangenciales internas y radiales. Las partes delgadas de las paredes se mucilaginizan, y las partes engrosadas permanecen como pelos. Por debajo hay restos de parénquima tegumentario, luego la

epidermis interna del tegumento, diferenciada en **tapete tegumentario o endotelio**, participa en la nutrición del embrión. La nucela desaparece durante el desarrollo, de manera que el endotelio está separado por una cutícula del endosperma que contiene al embrión curvo.

## SUSTANCIAS DE RESERVA

En las semillas de Gimnospermas se almacenan grasas, aceites y proteínas en el **endosperma primario, prótalo o gametófito femenino**, cuya dotación cromosómica es haploide.

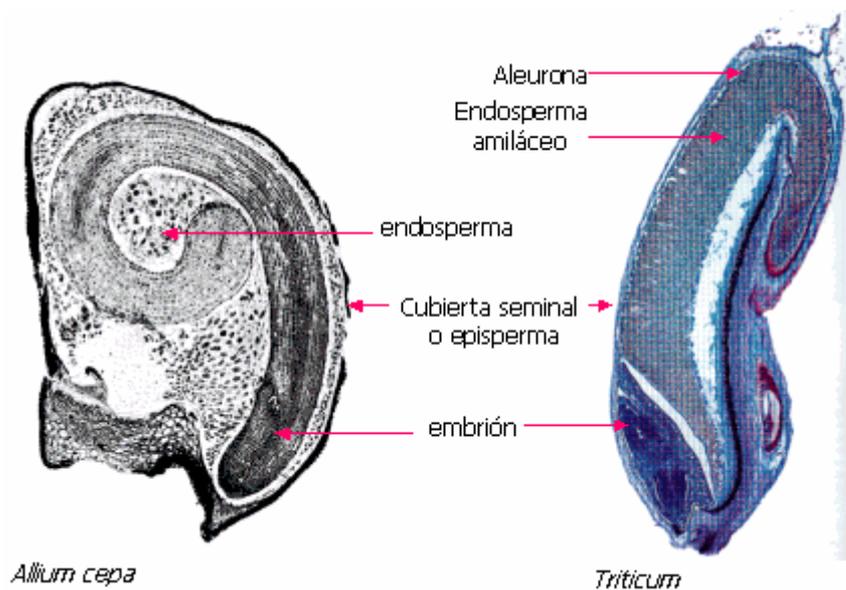
En las Angiospermas las sustancias de reserva generalmente están presentes. Su ausencia, característica de las semillas de Orchidaceae, es rara.

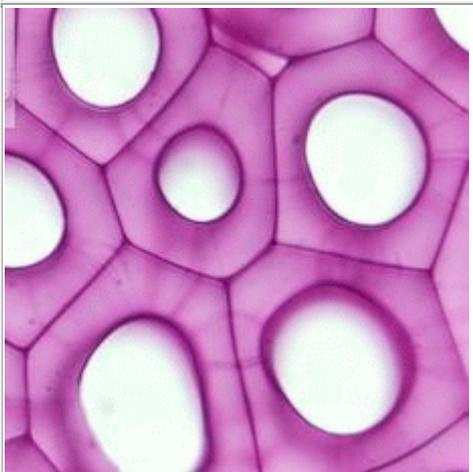
Hay tres posibilidades para la localización de las sustancias de reserva:

### 1. Semillas albuminadas o endospermadas

Las reservas se acumulan en el endosperma originado por la doble fecundación. El tejido es triploide generalmente, a veces con grado de ploidía aún mayor.

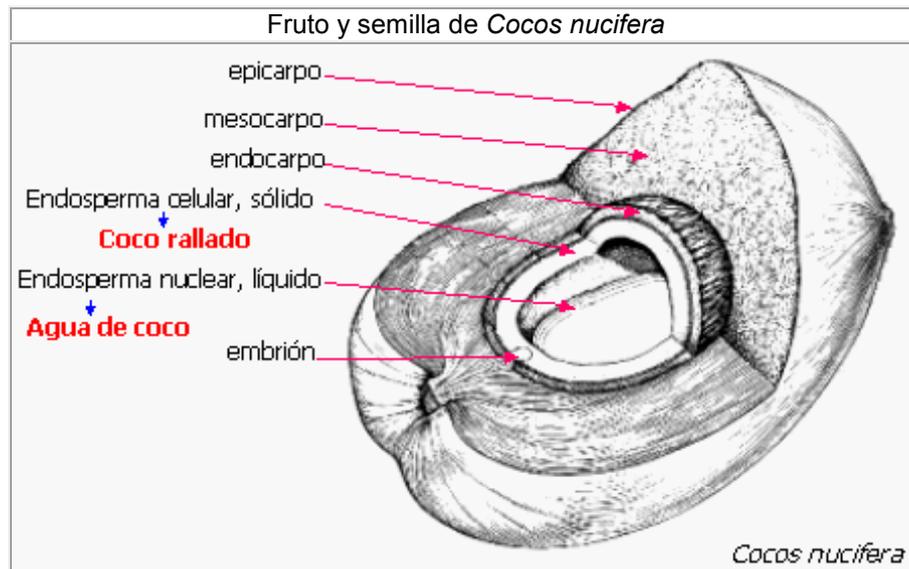
Semillas albuminadas de Monocotiledóneas



Endosperma de <i>Diospyros</i>	
	<p>En algunas semillas como las de <i>Diospyros</i> (Ebenaceae) las sustancias de reserva del endosperma se acumulan en las paredes celulares; se trata de polisacáridos no celulósicos que forman estratos muy duros, que durante la germinación se descomponen fácilmente por vía enzimática.</p>

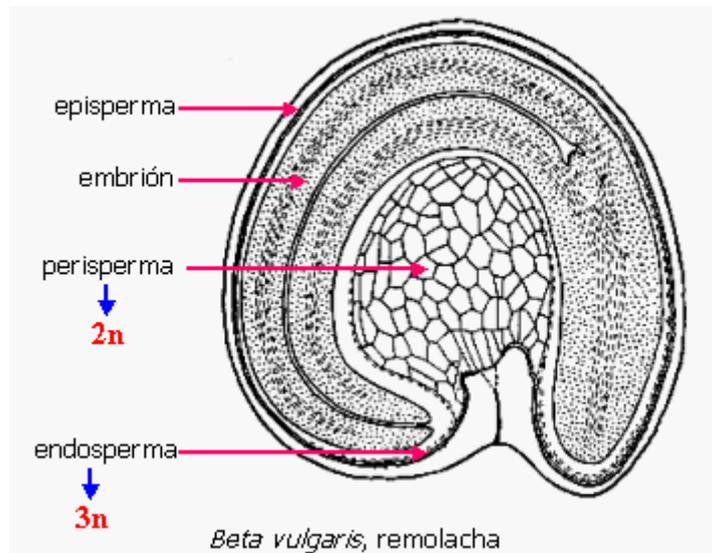
La semilla de *Cocos nucifera* es un caso interesante: su endosperma es parcialmente líquido (nuclear): agua de coco, y se usa como bebida. La porción periférica es carnosa (celular) y

muy rica en aceites y vitaminas; comercialmente recibe el nombre de copra y a partir de ella se obtienen el coco rallado y el aceite de coco.



## 2. Semillas perispermadas.

Las sustancias de reserva se acumulan en el **perisperma**, tejido nucelar, cuya dotación cromosómica es  $2n$ . Se presenta en semillas de Amaranthaceae, Chenopodiaceae, Polygonaceae.

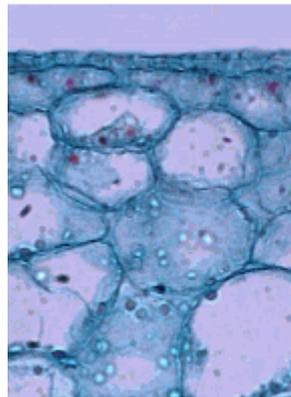


A veces coexisten perisperma y endosperma como sucede en las semillas de Nymphaeaceae, Zingiberaceae, Piperaceae.

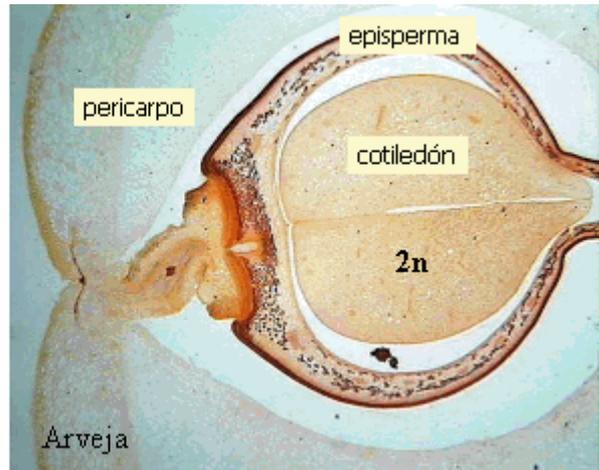
### 3. Semillas exalbuminadas o exendospermadas

*Pisum sativum*, arveja, semillas sin endosperma

En estas semillas, el endosperma se consume durante el desarrollo del embrión. Las sustancias de reserva para la germinación se acumulan en los cotiledones  $2n$ , que se vuelven carnosos.



Cotiledón, parénquima reservante



Arveja

## ANATOMIA DEL FRUTO

La anatomía del fruto varía mucho según su consistencia. Veremos algunos ejemplos con importancia agronómica.

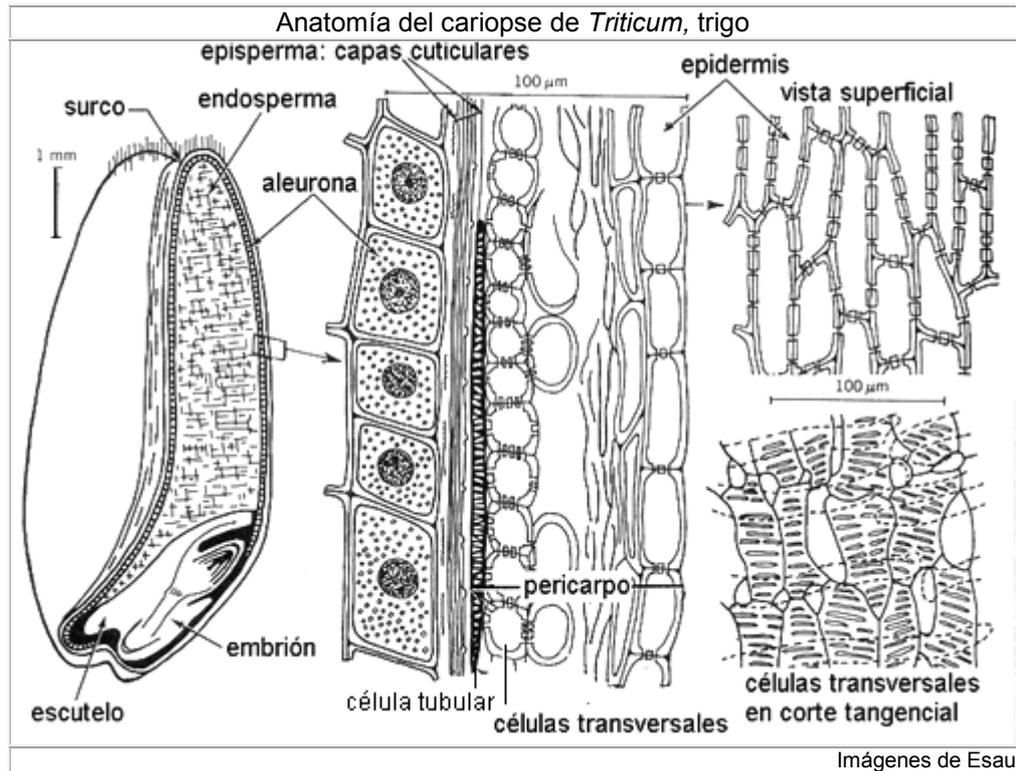
### Frutos secos

#### CARIOPSE - Fruto de los cereales

El grado de modificación de las capas de células de ovario y óvulo varían ampliamente, en *Triticum* varias capas de células presentes en la pared del ovario colapsan o se aplastan, en cambio el pericarpio de *Sorghum* muestra menos colapso que otros cereales.

<i>Triticum</i> : destino final de las diversas capas de la pared del ovario	
Pared del Ovario	Pared del Fruto
1. Epidermis externa.	Epidermis con cutícula.
2. Varias capas de parénquima.	Células parcialmente colapsadas.
3. Dos capas de clorénquima.	1 a 2 capas de clorénquima, células transversales al eje.
4. Epidermis interna.	Celulas tubulares paralelas al eje.
5. Cutícula.	Cutícula gruesa.
6. Tegumentos del óvulo.	Capas hialinas.

La cutícula gruesa es continua excepto en la región calazal, donde las células se diferencian en células de transferencia; parecen tener importancia en la absorción de agua en el momento de la germinación.



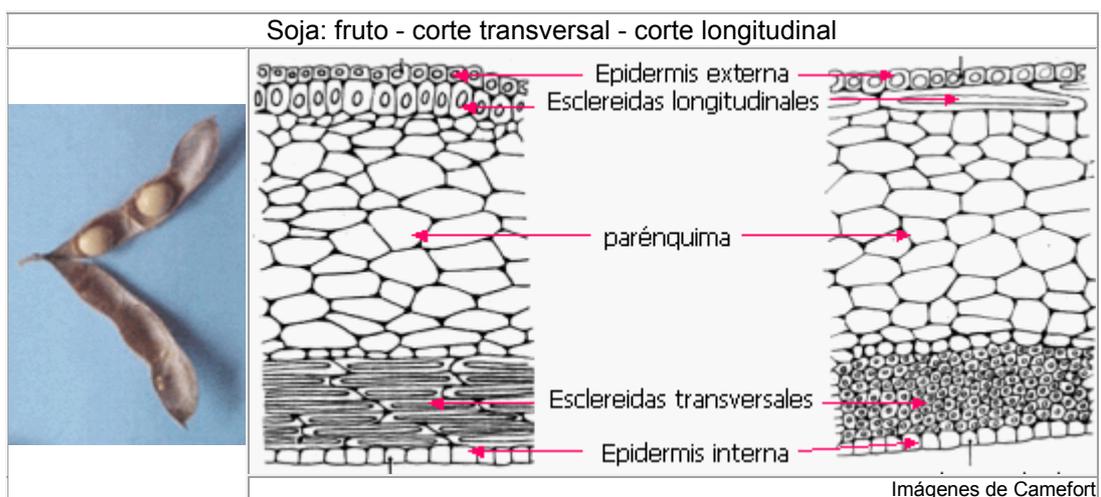
### Legumbre - Fruto de las leguminosas

La legumbre es un fruto seco, dehiscente. Como ejemplo tomaremos la de *Glycine max* (soja)

**Exocarpo:** formado por la epidermis externa y una hipodermis, formada por esclereidas alargadas longitudinalmente.

**Mesocarpo:** constituido por parénquima

**Endocarpo:** formado por varias capas de esclereidas alargadas transversalmente y por la epidermis interna.



Las esclereidas del exocarpo y las del endocarpo tienen diferente orientación, y se contraen en distinto sentido, provocando tensiones que causan la dehiscencia del fruto a su madurez. En otras especies las microfibrillas de las paredes de las distintas esclereidas están orientadas de manera diferente, razón por la cual algunas legumbres se retuercen después de abiertas.

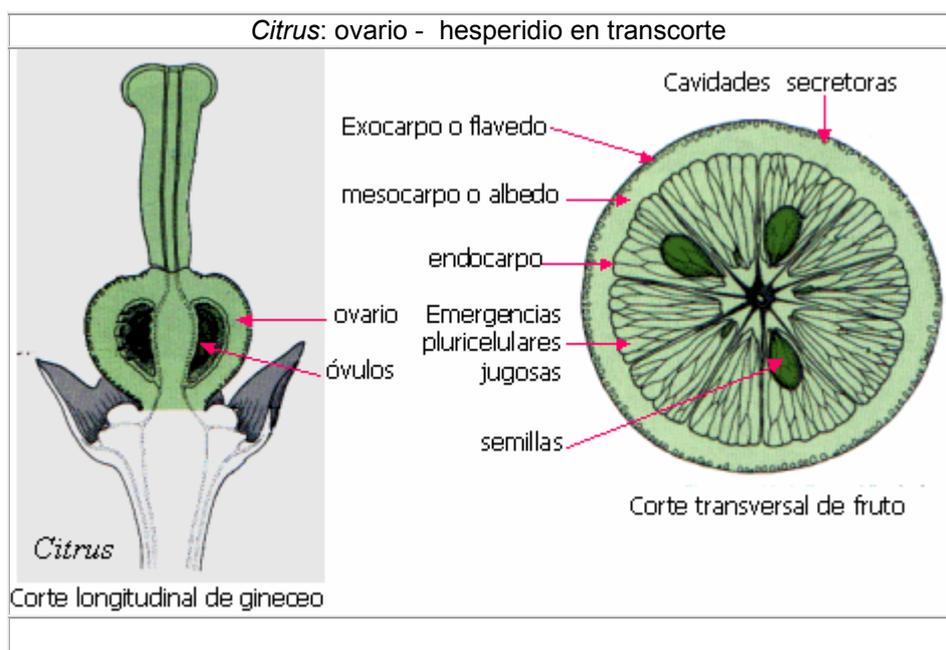
## Frutos carnosos

### Hesperidio - Fruto de las especies del género *Citrus*

**Exocarpo o flavedo:** formado por la epidermis y el parénquima subyacente con cavidades glandulares lisígenas y células con cristales. En el proceso de maduración los cloroplastos del parénquima se convierten en cromoplastos con carotenoides.

**Mesocarpo o albedo:** parénquima formado por células con brazos que dejan espacios intercelulares, y una red de haces vasculares.

**Endocarpo:** pocas capas de parénquima compacto y epidermis interna con emergencias pluricelulares jugosas, claviformes, con un pie delgado. Las células altamente vacuoladas que contienen el jugo están rodeadas por una epidermis con cutícula y cera. En la maduración, el contenido cambia, disminuyen los ácidos y aumentan los azúcares.



### Baya - Fruto carnoso

*Lycopersicon esculentum*, tomate

**Epicarpo:** formado por la epidermis fuertemente cutinizada y colénquima subepidérmico.

**Mesocarpo:** parenquimático. Durante la maduración los cloroplastos se transforman en cromoplastos conteniendo pigmentos carotenoides.

**Endocarpo:** formado por la epidermis interna con paredes delgadas.

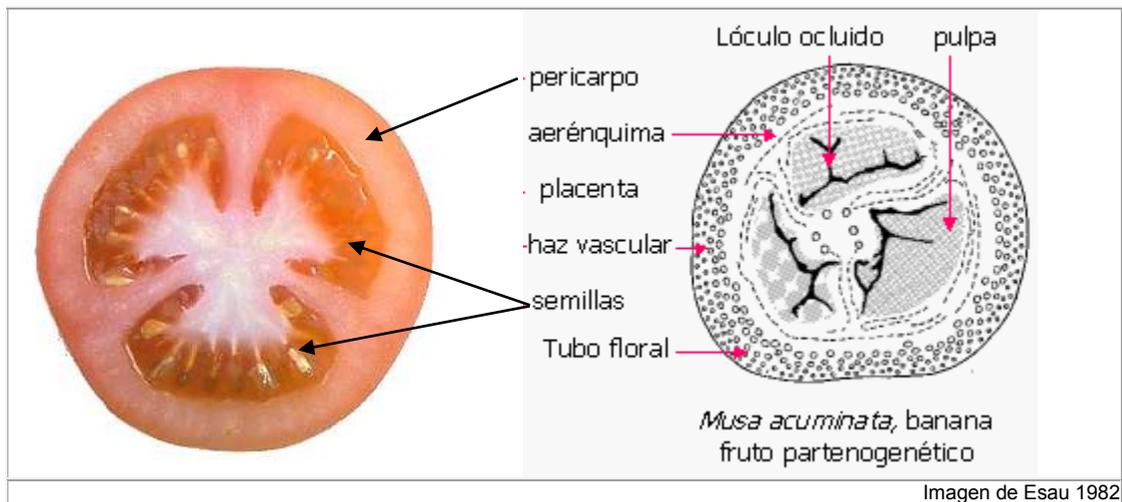
**Placentas:** durante el desarrollo del fruto las placentas proliferan llenando los lóculos con tejido parenquimático que envuelve totalmente las semillas. A la madurez estas células se gelatinizan.

*Musa paradisiaca*, banana

El fruto es una baya de ovario ínfero, y se desarrolla partenogenéticamente, sin producir semillas.

La pared del fruto, que deriva del tubo floral, está constituida por un parénquima con haces vasculares acompañados por laticíferos. Por dentro hay una capa de aerénquima, responsable de la facilidad con que se desprende la "cáscara". Internamente, sobre la pared de los carpelos, corren haces vasculares orientados horizontalmente, conectados con los haces carpelares. Los óvulos degeneran, y los lóculos se ocluyen con una pulpa que se origina a partir de la pared de los carpelos y de los septos, muy rica en almidón.

Anatomía de frutos carnosos: baya y baya de ovario ínfero



### Drupa - Fruto con hueso o carozo

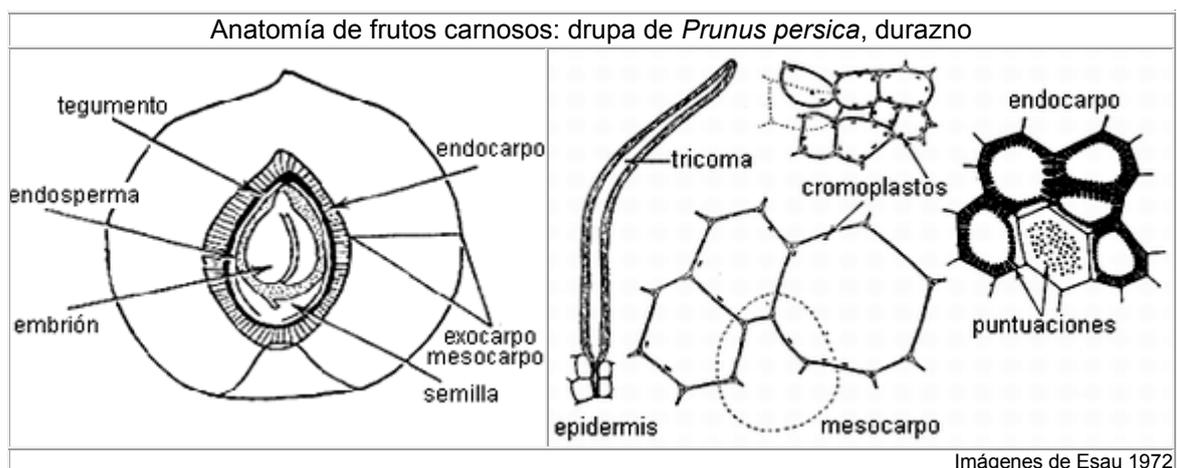
*Prunus*

Deriva de un ovario unicarpelar, con sutura marcada como un surco pronunciado especialmente en el carozo o hueso.

**Epicarpo:** epidermis variable según la especie y colénquima subepidérmico.

**Mesocarpo:** carnoso; durante la maduración disminuyen los ácidos en el contenido celular y aumentan el contenido en azúcares.

**Endocarpo:** es el carozo o hueso, esclerificado. De adentro hacia afuera: la epidermis origina varias capas de esclereidas verticalmente alargadas; luego hay esclereidas transversalmente alargadas, luego 1-2 capas de esclereidas isodiamétricas. En este sector hay haces vasculares, lo que indica que esas capas se originaron del mesófilo.

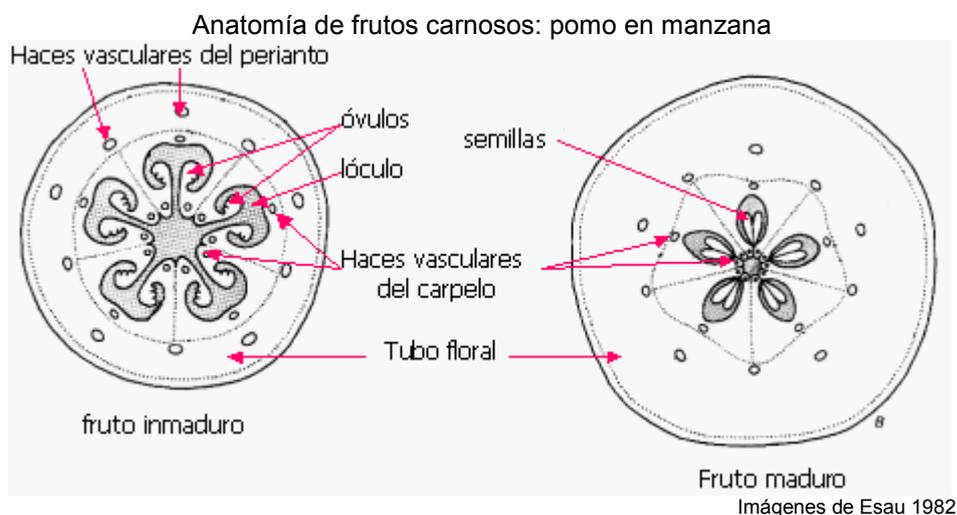


### Pomo - Fruto de las Rosáceas Maloideas

*Malus sylvestris*

Deriva de un ovario ínfero, la pared formada por tejido carpelar más tejido extracarpelar de origen apendicular. Evidencia: vascularización, no hay haces recurrentes, el tejido carpelar presenta haces carpelares medianos y laterales, y el extracarpelar está recorrido por los haces de los sépalos y de los pétalos.

El ovario es pentacarpelar con placentación axilar, inicialmente los carpelos están unidos entre sí por su cara externa de modo que hay un solo lóculo pentalobado. Cuando el fruto se desarrolla se observan 5 lóculos separados. Weberling, Strasburger y Fahn interpretan los carpelos como inicialmente libres, describen el ovario como ínfero dialicarpelar; según estos autores la unión ocurre postgénitamente, durante el desarrollo.



La piel está formada por la epidermis externa del tubo floral, con antocianos, cutícula gruesa con cera, estomas reemplazados por lenticelas en frutos maduros. El tejido subepidérmico es compacto, formado por células con paredes gruesas con inclusiones citoplasmáticas proteicas y con ferritina. Más adentro hay un parénquima con espacios intercelulares, que en *Pyrus* y *Cydonia* presenta nidos de braquiesclereidas.

Una capa de células compactas indica el límite del tejido carpelar formado por parénquima con haces carpelares, y endocarpo formado por tejido cartilaginoso constituido de esclereidas.

## Glosario

**Antociano:** Compuesto orgánico de origen vegetal, forma pigmentos rojos, violetas y azules que dan color a las flores y frutos.

**Arquegonio:** Órgano donde se forman los gametos femeninos en Pteridofitas y Gimnospermas.

**Braquiesclereidas:** Esclereida de forma más o menos redondeada, aproximadamente isodiamétrica.

**Calazal:** Propio de la cálaza o relativo a ésta.

**Caliptra:** Región apical de la raíz que, a modo de casquete o en forma de una pequeña vaina, protege el meristema apical de la misma.

**Carotenoides:** Colorantes vegetales amarillos y rojos, que acompañan a la clorofila en los cloroplastos, pero que también se encuentran independientemente de estas, disueltos o cristalizados, en la célula vegetal.

**Carozo:** Sinónimo de *hueso*. En general, el endocarpo lignificado de las drupas.

**Cigoto:** Célula huevo, producto de la fecundación o singamia. Al desarrollarse formará el embrión.

**Citocinesis:** En la mitosis y en la meiosis, división del citoplasma celular para formar las células hijas.

**Cromoplastos:** Plastos que contienen distintos pigmentos que la clorofila; la mayoría de las veces contienen carotenoides.

**Dialicarpelar:** De carpelos libres.

**Embriogénesis:** Formación del embrión.

**Endosperma primario:** Tejido reservante de las semillas de gimnospermas, es el prótalo formado a partir de la megáspora.

**Endotelio:** Sinónimo de tapete tegumentario.

**Esclereidas:** Células esclerenquimáticas de forma variada, pero que no suele ser muy alargada; posee la pared secundaria muy engrosada y lignificada, muchas veces con puntuaciones numerosas.

**Esporófito:** Generación que produce esporas, a partir de las cuales nacen los gametófitos.

**Ferritina:** Proteína de alto contenido en hierro, en cuya forma se almacena este metal para dar lugar a la biosíntesis de la hemoglobina.

**Gametófito:** Generación de células haploides, que termina reproduciendo células reproductoras sexuales, los gametos.

**Hipocótilo:** Porción del vástago situada entre el cuello de la raíz y el nudo cotiledonar.

**Hipófisis:** En el embrión de los antófitos, célula extrema del suspensor, de las que derivan las iniciales de la caliptra y otras partes de la raíz.

**Lenticelas:** En las plantas leñosas, cualquiera de ciertas protuberancias visibles a simple vista y con una abertura de forma lenticular, situada en la peridermis, reemplaza a los estomas de la epidermis y permite el intercambio de gases entre los tejidos externos y la atmósfera.

**Leptosporangiados:** esporangios desarrollados a partir de una sola célula del esporofilo y con la pared uniestratificada.

**Lóculo:** Cavidad de un órgano, generalmente de un fruto, de un esporangio, de una antera, en que se contienen las semillas o esporas.

**Lumen:** La cavidad celular, limitada por las paredes.

**Micropilar:** Pertenece o relativo al micrópilo.

**Micrópilo:** En los rudimentos seminales, abertura que, a modo de canalículo, dejan en el ápice de los mismos el tegumento o los tegumentos.

**Ovario ínfero:** El ovario es ínfero o adherente cuando está más o menos profundamente adherido o concrece con el receptáculo.

**Pentacarpelar:** Con 5 (cinco) carpelos.

**Pétalos:** En la corola, cada una de las piezas que la componen, por lo general de colores vistosos o blancos, y de forma muy variable de unas a otras plantas.

**Ploidía:** Fenómeno concerniente al aumento del número de dotaciones cromosómicas.

**Plúmula:** En el embrión de los antófitos, la yemecilla apical, situada entre ambos cotiledones en las eudicotiledóneas.

**Poliembrionía:** Fenómeno por el cual se forma más de un embrión en la semilla.

**Polisacárido:** Polímero compuesto por muchas unidades de monosacáridos unidas en una larga cadena, como el glucógeno, el almidón y la celulosa.

**Postgénitamente:** Después de nacido.

**Procámbium:** Meristema primario derivado del meristema apical de tallo en las plantas con semilla.

**Proembrión:** Corpúsculo pluricelular que se forma a partir de la ovocélula fecundada, antes de alcanzar el estado de embrión globular.

**Proembrión cenocítico:** Proembrión que presenta varios núcleos, en el cual no se ha producido la citocinesis.

**Prótalo:** En las Pteridófitas, gametofito nacido de la espora, de tipo taloide, sin tallos ni hojas diferenciados. En las Gimnospermas, gametofito nacido de la megáspora, en el cual se formarán los arquegonios, y que persiste en la semilla cargado de reservas

**Protodermis:** Meristema primario derivado que da lugar a la epidermis.

**Radícula:** Rudimento radical del embrión de las plantas con semilla, que empalma en su base con el hipocótilo y tiene el ápice dirigido hacia el micrópilo.

**Sépalos:** Dícese de cada una de las piezas que forman el cáliz.

**Tapete tegumentario:** Capa de células de estructura glandular situada en el tegumento interno del óvulo.

**Unitérmico:** Que tiene un solo tegumento.

## Bibliografía

**Busri N., G.P.Chapman & Greenham J.** 1993. The embellum. A newly defined structure in the grass ovule. *Sex. Plant Reprod.* 6: 191-198

**Cocucci A.E.** 1969. El proceso sexual en Angiospermas. *Kurtziana* 5: 407-423

**Esau, K.** 1972. Anatomía vegetal. 2a. ed. Ed. Omega. Barcelona

**Esau, K.** 1982. Anatomía de las plantas con semilla. 2a.ed. Hemisferio Sur. Bs.As.

**Fahn A.** 1990. Plant anatomy. 4th ed. Pergamon Press.

**Foster y Gifford.** 1989. Morphology and evolution of vascular plants. 3ª. edic.

**Franssen-Verheijen M.A.W., Willemse M.T.M.** 1993. Micropylar exudate in *Gasteria* (Aloaceae) and its possible function in pollen tube growth. *Amer.J.Bot.* 80: 253-262

**Gonzalez, A.M.** 2000. Estudios anatómicos en los géneros *Piriqueta* y *Turnera* (Turneraceae). Tesis doctoral. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales.

**Raven P.H., Evert R.F. & Eichhorn S.E.** 1992. Biology of Plants. 5th ed. Worth Pub.