



SEMILLA - COMPLEMENTO TEORICO

Es el órgano de las Espermatófitas, originado a partir del óvulo luego de la fecundación. A veces este término se aplica a frutos secos, que tienen aspecto de semilla y encierran fuertemente a la misma. Así por ejemplo, los granos o “semillas” de las Gramíneas, que son cariopses, o las cipselas de las Compuestas.

La semilla a su madurez, contiene el “**embrión**” y las “**sustancias de reserva**” rodeados por el “**tegumento seminal**” o **episperma**.

El embrión se halla en estado de latencia y la ubicación y origen de los tejidos que acumulan las reservas pueden ser variables. También puede ser distinta la posición del embrión.

Las distintas especies vegetales producen semillas de características propias y variables en lo referente a tamaño, forma, color, etc.

Las semillas más pequeñas, pulverulentas, se encuentran en Orquídeas y algunas Ericáceas, tienen un peso aproximado de 0,001 mg. Las más grandes se encuentran en el coco doble o palma de los Seychelles (*Lodoicea maldivica*).

En cuanto a la forma pueden ser esféricas (*Brassica campestris*, *Raphanus sativus*), acorazonadas (*Trifolium repens*), arriñonadas (*Medicago arabica*), alargadas (*Coronilla varia*), oval redondeadas (*Amaranthus*), angulosas (*Anagallis*).

La superficie de la cubierta protectora puede ser lisa (*Malva*), con distintos grabados (*Nicotiana*, *Papaver*), a veces con excrescencias como espinas, ganchos, fibras o pelos (*Gossypium*) o expansiones aladas (*Jacaranda*, *Catalpa*).

Con referencia a la coloración existe una diversidad de matices: amarillentas (*Melilotus albus*), blanco amarillentas (*Sinapis alba*), rojas (*Lagunaria patersonii*), castañas (*Nicotiana*) y otras coloraciones intermedias lisas o moteadas.

Todas estas características son de importancia sistemática.

Las funciones de la semilla son las de diseminar, proteger y reproducir a la especie, cobrando mayor importancia en las plantas anuales.

Cubierta protectora o cubiertas seminales: se originan en los tegumentos del óvulo que experimentan una serie de modificaciones mientras se forma el embrión y acumulan las sustancias nutritivas.

La cubierta protectora de la semilla recibe el nombre de **episperma**

Si el óvulo tiene dos tegumentos, la semilla tendrá dos envolturas, la externa denominada **testa** resistente y proveniente de la “primina” y la interna **tegmen** o **endopleura**, delgada, derivada de la “secundina”.

En especies con óvulos de un solo tegumento, la semilla tiene una sola cubierta seminal.

Existen también semillas carentes de cubierta seminal, como en la familia Misondredáceas, con especies hemiparásitas del género *Nothofagus*, por originarse en óvulos sin tegumentos.

La **testa** consta de células más o menos vacuoladas, de membranas delgadas, que luego modifican tanto la estructura de sus membranas como su contenido. Por lo tanto pueden tener distinto espesor y consistencia. Así por ejemplo, en semillas que permanecen encerradas en un fruto carnoso o seco indehiscente es por lo general delgada, mientras que en aquellas semillas que son liberadas por el fruto y deben afrontar las exigencias del medio, la cubierta es gruesa y resistente.

Entre las modificaciones que le otorgan dureza e impermeabilidad se encuentra la cutinización, suberificación, lignificación y esclerificación.

La estructura histológica de esta cubierta seminal difiere con las especies. Un tipo muy simple presentan las orquídeas, consistiendo en una sola capa de células alargadas cuyo origen es el tegumento externo del óvulo.

En otras especies puede verse células alargadas en empalizada, carentes de espacios intercelulares “macroesclereidas”, pudiendo presentar por debajo de ellas una capa de “osteo esclereidas” las que pueden presentar pigmentos.



La presencia de células esclerificadas dispuestas en empalizadas perpendiculares a la superficie de la semilla, forma el llamado estrato de “células Malpighianas” que presenta una línea de luz por su especial refringencia, cumpliendo la función de impermeabilizar el tegumento. En Leguminosas, cerca del hilo, aparecen en este estrato células más largas que forman la lente.

Como defensa contra la desecación o penetración de sustancias salinas, muchas sufren procesos de gelificación, ya sea a la madurez (*Punica granatum*) o en contacto con el agua (*Linum*, etc.).

A veces la cubierta seminal puede estar cubierta de excrecencias, alas, pelos, papilas, ganchos.

En la cubierta seminal se observan cicatrices que constituyen pruebas de su origen en el óvulo ya que coinciden con las mismas partes de este último. Dichas cicatrices son:

El micrópilo, pequeño poro que es el mismo existente en el óvulo. Generalmente se observa como una depresión que puede visualizarse mejor colocando en remojo la semilla. A veces se halla totalmente obturado como en *Ricinus* donde lo cubre la carúncula.

El “hilo” es la cicatriz que marca donde se adhiere el funículo a la placenta. En algunas semillas provenientes de óvulos anátropos el funículo forma una arruga, el “rafe”, a lo largo de un borde que parte del hilio. La micrópila de estas semillas está junto al hilio en el lado opuesto al rafe. Algunas veces la cubierta seminal cerca de la micrópila forma una excrecencia carnosa que reciben nombres particulares “arilo” y “carúncula”, que en algunas especies absorbe agua para las semillas durante la germinación.

El **arilo** es una excrecencia carnosa del tegumento externo de la semilla que puede formarse en diversos puntos y alcanzar desarrollo variable, envolviendo a toda o casi toda la semilla. De acuerdo con el lugar del tegumento donde se origina se denomina: arilo funicular, cuando surge del funículo y envuelve totalmente la semilla, como en *Nymphaea*, donde tiene forma de saquito aerífero y le permite a la semilla flotar en el agua, arilo umbilical, se levanta en torno al hilo por ejemplo en *Buxus* teniendo poco desarrollo; arilo micropilar o ariloide, se forma alrededor del micrópilo, como en la nuez moscada (*Myristica fragans*), donde envuelve a la semilla y es laciniado; arilo rafeal, se produce en el rafe; arilo chalazal, localizado junto a la chalaza. En *Taxus baccata* o tejo se forma un arilo general o arilocarpo que envuelve toda la semilla.

La **carúncula** es en realidad un arilo propio de algunos géneros como *Ricinus* y *Euphorbia*. Nace junto al micrópilo, es de consistencia carnosa esponjosa y acumula sustancias grasas y proteínas.

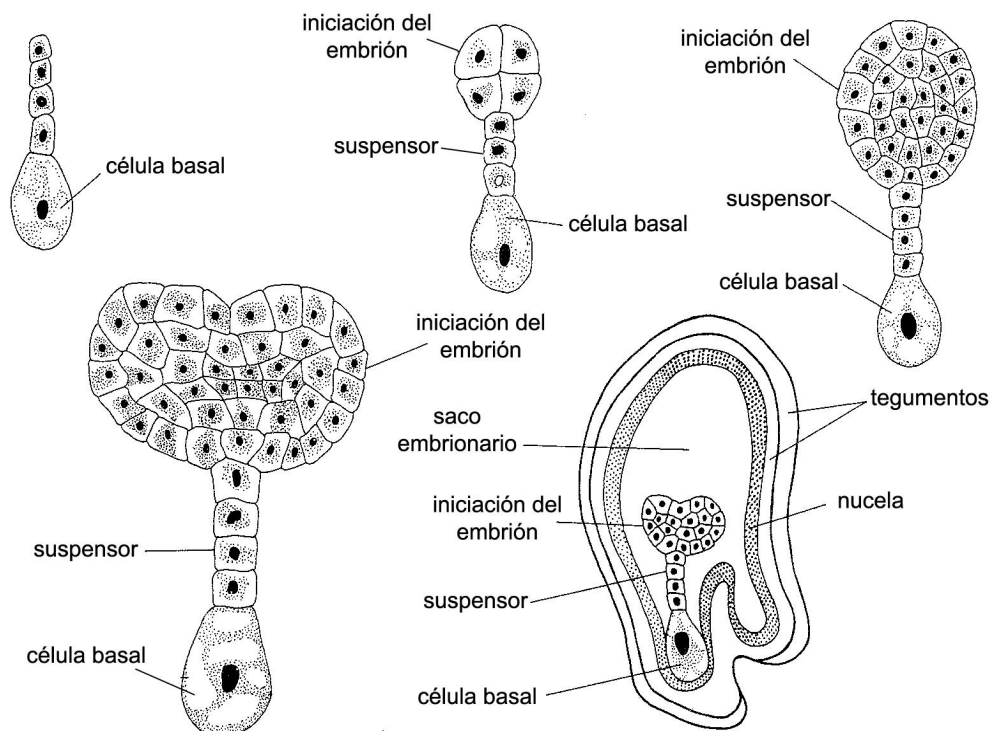
La formación de estas excrecencias es frecuente en semillas tropicales y subtropicales y a veces presentan colores intensos, por ejemplo rojo como en *Taxus baccata* o *Evonymus*.

Las transformaciones sufridas por la cubierta seminal en algunas especies como *Cycas revoluta* o *Ginkgo biloba*, donde la capa externa del tegumento se vuelve carnosa, la capa media dura y la interna inicialmente carnosa, luego seca y papirácea, confieren a la semilla aspecto drupáceo.

También puede ocurrir que al formarse el tegumento, puede producirse la destrucción de células constituyentes del tegumento del óvulo, por ejemplo en muchas Ranunculáceas y en *Asparagus officinalis*, donde partiendo de un óvulo anátropo con dos tegumentos, a la madurez de la semilla persiste solamente el tegumento externo reducido a una capa traslúcida, cubierta interiormente por cutícula, la que se halla en contacto con el endosperma y el embrión. El tegumento interno (secundina) se desintegra.

Otro caso similar se presenta en la semilla de *Lycopersicum esculentum*, desarrollada de un óvulo anátropo con un solo tegumento grueso del cual persiste únicamente la capa externa, estando separado del endosperma y embrión por cutícula.

El Embrión: se desarrolla a partir de la célula huevo por mitosis formándose así el proembrión, constituido por una fila de células. Luego la célula terminal sufre una serie de divisiones según diversos planos dando origen a un cuerpo masivo que se transforma luego en el embrión. Las células restantes constituyen el suspensor o pedicelo basal que puede ser delgado y de pocas células o masivo y pluricelular.



Desarrollo del embrión de una dicotiledónea

Un extremo del suspensor está pegado en el sector micropilar del saco embrionario y el otro extremo se une al embrión por una célula llamada hipófisis y empuja al embrión hacia el tejido nutritivo, contribuyendo, a veces, a la formación de la coleoriza y ápice radical.

A medida que avanza el desarrollo de la semilla las células del suspensor degeneran y suelen observarse, cuando está presente en la semilla madura, en el extremo radicular.

El embrión al principio es un cuerpo más o menos redondeado, multicelular, para luego diferenciarse en la planta en miniatura. Según las especies presenta variada forma, tamaño, color y desarrollo de sus partes.

El embrión puede ser recto o curvo y disponerse en la semilla horizontal o verticalmente, ocupando la parte lateral o central de la misma.

En el embrión maduro se distingue la **plúmula**, tallo rudimentario embrional que mira hacia la chalaza, los **cotiledones**, hojas seminales, hojas embrionales o primordiales, indistintamente **hipocótilo**, sector comprendido entre la radícula y punto de unión cotiledonar y la radícula rudimentaria o embrional.

La plúmula es la yema apical de crecimiento del tallo, a veces poco desarrollada, muy pequeña. Se encuentra rodeada por numerosos primordios foliares. En las Gramíneas, la protege una vaina, el coleoptile.

Los cotiledones se diferencian de las hojas verdaderas o nomófilos por su función. Pueden actuar como órganos de reserva, formando las semillas exalbuminadas. En casos de semillas albuminadas puede el cotiledón. En especies de germinación epigea, al alcanzar el exterior se transforman en órganos fotosintéticos temporales.

El número de cotiledones es uno en las Monocotiledóneas, dos en las Dicotiledóneas, generalmente son de igual tamaño y hasta dieciocho en las Gimnospermas.

Por su forma los cotiledones pueden ser acorazonados (*Brassica*), filiformes (*Fumaria*), aciculares (*Pinus*). Según el borde pueden ser enteros, palmeados (*Tilia*) o lobulados (*Juglans*). Generalmente son carnosos, conteniendo sustancias variables según las especies, como amiláceas en *Phaseolus*, oleosas en *Juglans*. En algunas especies como las de los géneros *Acokantera* y *Berberis*, son muy notables las nervaduras. Por lo común son planos, pero a veces como en *Hibiscus* se hallan doblados sobre sí mismos.

El hipocótilo tiene una extensión difícil de precisar. Es el órgano que se alarga en la germinación epigea llevando los cotiledones y plúmula sobre la superficie.

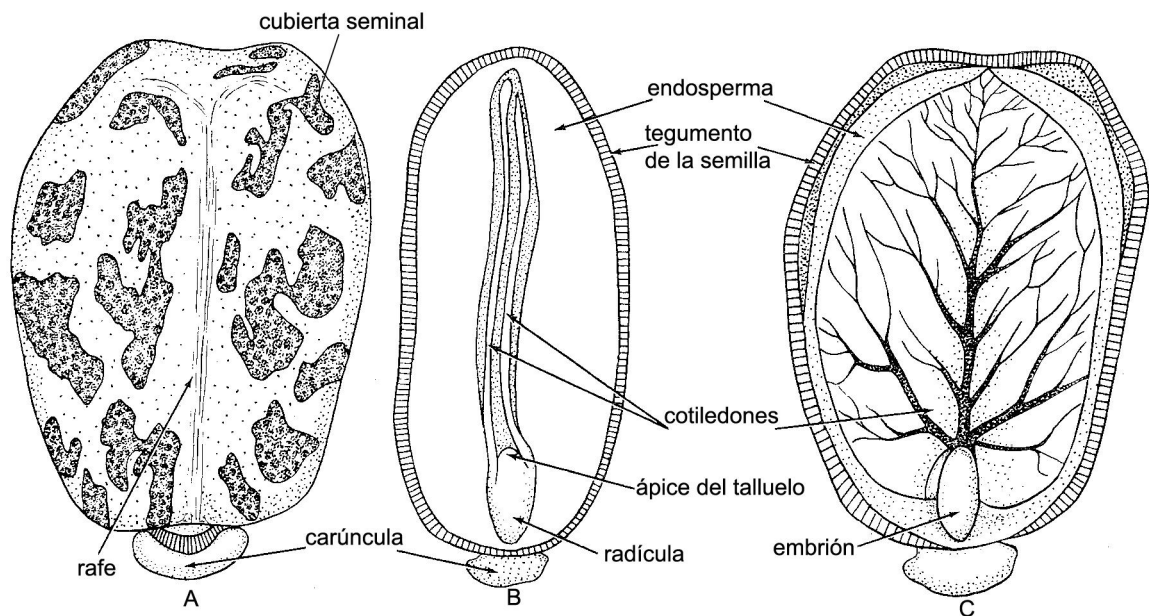


El hipocótilo se produce el arreglo del floema y xilema radical en la raíz a la estructura floema externo, xilema interno, en el tallo.

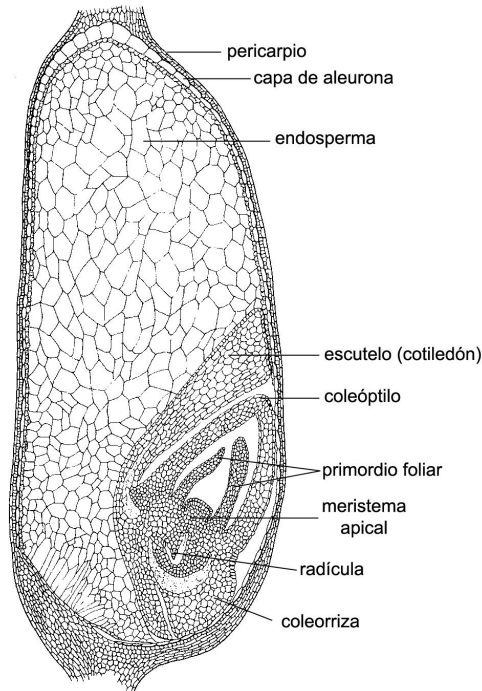
Dentro de la semilla el hipocótilo se halla orientado junto con la radícula hacia el micrópilo.

La radícula es el primer órgano que sale de la cubierta seminal en la germinación para constituir la raíz embrional. En las Gramíneas está protegida por la coleoriza.

Albumen o Endosperma: este tejido nutritivo se origina por la unión de los núcleos polares del saco embrionario con el segundo anterozoide, en las Angiospermas. En consecuencia al fusionarse tres núcleos haploides, el tejido que de aquí deriva es triploide (3n cromosomas). Las semillas que lo poseen se llaman endospermadas o albuminadas. por células de parénquima con grandes vacuolas que no contienen reservas en tanto la semilla se desarrolla. En general, en la semilla adulta, el endosperma actúa como un tejido reservante.



Semilla de *Ricinus communis*. A, semilla vista de frente. B, corte longitudinal, vista de perfil. C, corte longitudinal por el plano medio antero-posterior



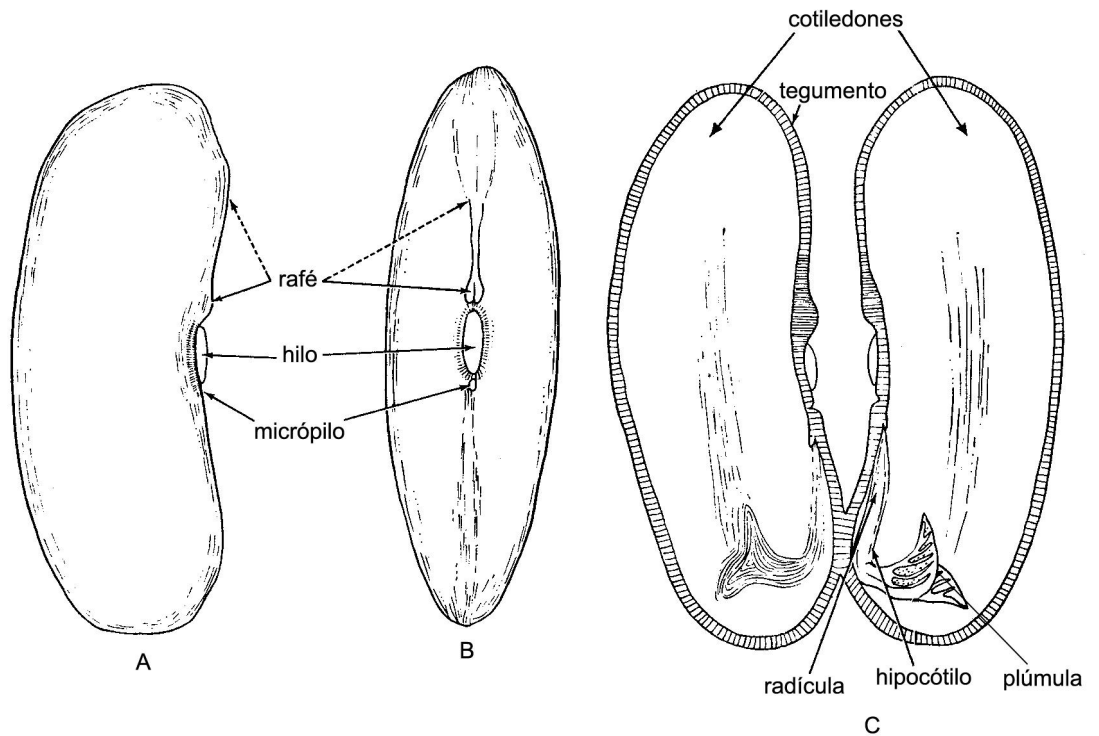
Sección longitudinal de una semilla de *Sorghum sp*

La formación de endosperma se inicia antes de la primera división del cigoto y puede ser de dos tipos: tipo nuclear, cuando por divisiones sucesivas se originan entre ocho y más de dos mil núcleos libres, recibiendo luego de cierto tiempo de pared celular, constituyéndose en células, que terminan por llevar la cavidad del saco embrionario; tipo celular cuando a cada división nuclear sigue la división celular y tipo helobial, característico del orden Helobiales, donde el saco embrionario se divide en dos células, una superior que continúa con el tipo nuclear y otra inferior.

Los diferentes procesos de formación del albumen son de importancia sistemática.

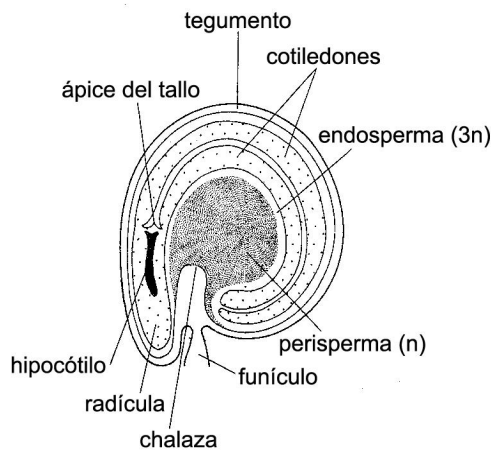
Tanto el embrión como el endosperma requieren para su desarrollo el concurso de sustancias nutritivas, por lo que el saco embrionario consume a la nucela, actuando ciertas células del mismo como haustorios. A veces adquieren funciones haustoriales las sinérgidas, antípodas modificadas e incluso el suspensor.

En las semillas exalbuminadas, como carecen de endosperma, al desarrollar el embrión absorbe todas las sustancias nutritivas y las acumula en los cotiledones que actúan como órganos de reserva constituidos por tejido diploide ($2n$ cromosomas).



Semilla de *Phaseolus vulgaris*. A, vista externa lateral. B, vista externa de frente. C, embrión abierto

En las semillas perispermadas la sustancia de reserva se acumulan en los restos de tejido nuclear diploide ($2n$ cromosomas). En las Cariofiláceas por ejemplo, el perisperma es el único tejido nutritivo, mientras que en otras familias con semillas perispermadas puede estar acompañado por cierta cantidad de endosperma, como en Piperáceas, Ninfáceas, Zingiberáceas.



Corte longitudinal de una semilla de *Beta vulgaris*



Las sustancias almacenadas por las semillas están formadas por mezclas de proteínas, minerales, grasas e hidratos de carbono.

Cuando predomina el almidón como en las semillas de cereales y muchas Leguminosas, se llaman amilíferas. En el caso que predominen las grasas como en el lino, maní, nuez, girasol, se denominan semillas oleaginosas. Cuando la reserva es en forma de celulosa o hemicelulosa el endosperma tiene consistencia dura o córnea como en la palmera brasilera *Phytelephas macrocarpa*, que se conoce como marfil vegetal. Cuando las capas de celulosas forman una estructura menos compacta el albumen es carnoso, como en las Liliáceas.

Son semillas con albumen mucilaginoso o gomoso, aquellas que almacenan compuestos varios, los cuales en contacto con el agua, la absorben, se hinchan y forman un mucílago en *Gleditsia* y *Sophora*.

Las proteínas se encuentran en las semillas en dos formas, al estado amorfo como el gluten de trigo y al estado cristalino como los granos de aleurona que en muchas Monocotiledóneas (trigo, maíz, cebada) se encuentran en la capa externa del endosperma.

GERMINACIÓN

Letargo de las semillas: es el estado fisiológico durante el cual el embrión de una semilla no crece ni germina, aún cuanto las condiciones ambientales sean favorables.

El letargo puede resultar de cubiertas seminales excesivamente duras, falta de oxígeno, necesidad de un cambio químico (definido como postmaduración) o la presencia de inhibidores del crecimiento.

Esto le permite a la semilla sobrevivir en condiciones adversas.

Impide la germinación de la semilla hasta que las condiciones favorables persistan durante un tiempo suficiente como para asegurar cierta supervivencia de las plántulas.

Impide la germinación de las semillas durante el tiempo de dispersión.

Ayuda a mantener una población asegurando que no todas las semillas de una especie germinen en un año, con lo que puedan ser eliminadas por una catástrofe común.

La rotura del letargo puede requerir: 1) un período de temperatura fría, 2) un período de temperatura fría y un período de temperatura caliente, 3) putrefacción u otros medios que eliminen la cubierta seminal o 4) la eliminación de los inhibidores del crecimiento.

La duración de la viabilidad de la semilla está asociada al letargo, hace posible que la semilla soporte el letargo durante largos períodos de tiempo. El tiempo durante el cual las semillas permanecen viables varía desde un período breve como *Quercus* (roble), *Acer* (arce), *Populus* (álamo), *Salix* (sauce), *Citrus* y algunas gramíneas hasta centenares de años en otros casos.

Cumplido el período de letargo según las especies, se inicia la actividad o germinación siempre que se cumplan las siguientes condiciones: suficiente provisión de agua, temperatura favorable y suficiente provisión de oxígeno. En algunas especies es necesaria la luz.

La función del agua es ablandar las cubiertas seminales, además el embrión y el tejido de reserva por imbibición se hinchan y logran romper la cubierta seminal, se diluye el protoplasma celular activándose las funciones que se traducen en el crecimiento de la plántula.

Cada semilla posee una temperatura mínima, óptima y máxima de germinación. En general las especies invernales germinan bien con 10-16° C y las de verano con 21-27°C.

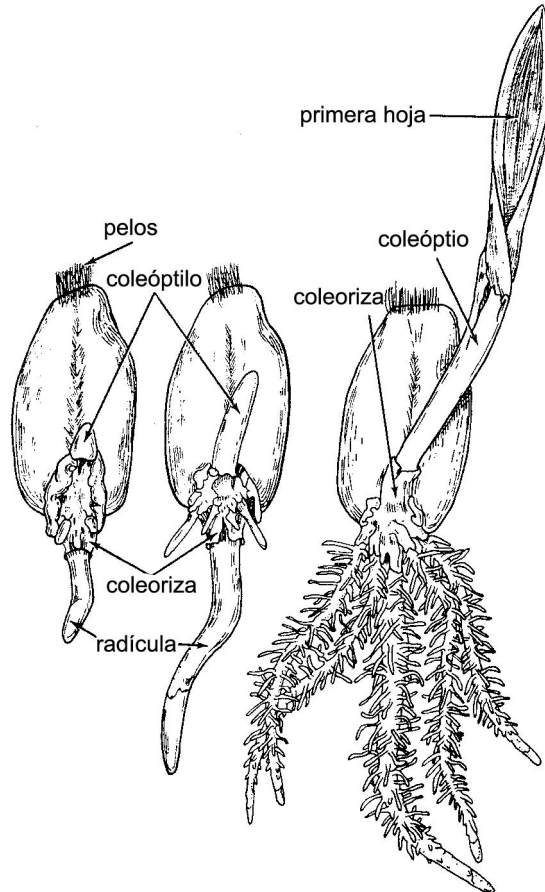
La radícula es la primer parte del embrión que sale a través de la cubierta seminal. Debido a su geotropismo positivo, sea cual fuere la posición de la semilla se dirige hacia abajo. Inicia su crecimiento para convertirse en raíz primaria.

Se denomina germinación hipogea cuando el hipocótilo permanece corto, los cotiledones no salen de la semilla, alargándose el mesocótilo; y germinación epigea, cuando a la salida de la radícula, le sigue el alargamiento del hipocótilo que lleva sobre la superficie del suelo, los cotiledones y plúmula o epicótilo.



PLÁNTULAS

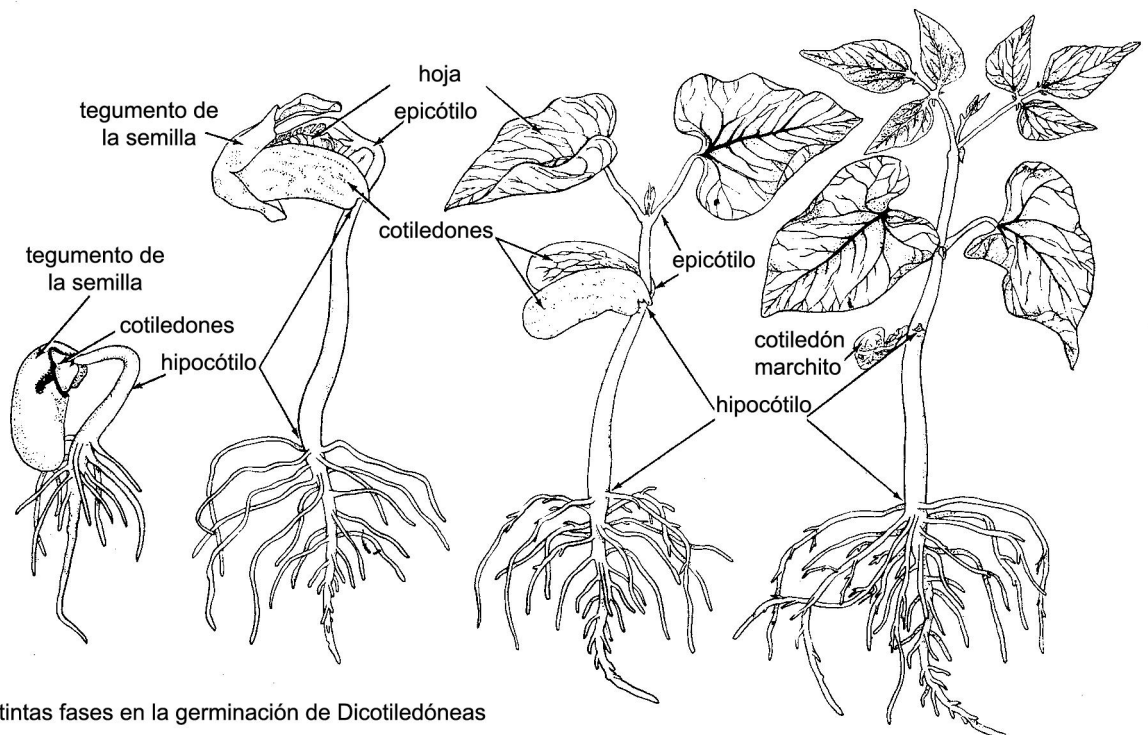
Se denomina plántula a la pequeña plantita desarrollada al producirse la germinación de la semilla hasta el momento que se independiza de las reservas contenidas en la semilla. El tiempo del estado de plántula es variable, llega hasta 3-4 meses en *Cocos nucifera*. El desarrollo de la plántula difiere según la especie y el tiempo de germinación. En Gramíneas, monocotiledóneas con semillas albuminadas, la germinación es hipogea.



Distintas fases en la germinación de Monocotiledóneas

La radícula emerge, rompe los tegumentos seminales y luego la coleoriza, convirtiéndose en raíz primaria. Sobre ésta aparecen ramificaciones, formando el sistema radical embrionario. El hipocótilo se alarga. El escutelo o cotiledón permanece en la semilla, actuando como órgano de absorción, entregando las sustancias que extrae del endosperma al embrión. Cuando las sustancias de reserva se agotan los tegumentos se descomponen. El mesocótilo se alarga y lleva sobre la superficie al coleóptilo, que luego es atravesado por la plúmula, apareciendo la primera hoja. En el primer nudo nacen las raíces adventicias.

En *Pisum sativa* (arveja) la semilla exalbuminada es de germinación hipogea. Los cotiledones enterrados proveen a la radícula y plúmula las sustancias que necesitan para su crecimiento. A medida que se agotan las reservas en los cotiledones se ablandan hasta descomponerse y desaparecer.



Distintas fases en la germinación de Dicotiledóneas