

TECNICAS PARA EL MANEJO Y USO DE RECURSOS GENETICOS VEGETALES



EDITORES: RAUL CASTILLO, JAIME ESTRELLA Y CESAR TAPIA

FORMACION Y DESARROLLO DE LA SEMILLA

Danilo Sánchez Ch.
Estación Experimental Santa Catalina - INIAP
Casilla 340, Quito-Ecuador

La naturaleza, con insustituible sapiencia, ha colocado en las semillas, además de todo un contenido genético, la facultad de reproducir nuevos individuos vegetales y que éstos se movilicen entre regiones, países y continentes con la misión de difundir y preservar la vida de una diversidad de formas vegetales a través del tiempo.

Las semillas, en los programas de manejo y conservación del germoplasma y recursos vegetales, constituyen la manera más práctica, segura y económica de trabajo. El conocimiento de ellas, su formación y fisiología funcional, por tanto, es indispensable.

El inicio de una nueva generación esporofilica está representada por la semilla y el primer paso en su formación, es la apertura del botón floral (*ántesis*) cuando la planta alcanza su madurez sexual. Esta estructura floral en las plantas superiores que difiere en número, forma y arreglo, contiene: el *androceo* con sus componentes estaminados y en ellos las *microsporas* o granos de polen; y, el *gineceo* con sus estructuras ováricas conformando las *macrósporas* o *saco embrionario*.

La formación de microsporas o *microsporogénesis*, así como la *macrósporogénesis* o formación de las macrósporas, ocurre de manera casi simultánea en una flor, dependiendo esta sincronía de la especie y de factores ambientales del momento. A todo este proceso formativo se denomina *Gametogénesis*.

Cuando estos gametos reproductivos han alcanzado su madurez, ocurre la polinización, es decir, el transporte del polen hasta el estigma en la misma flor (autopolinización), o entre flores diferentes (polinización cruzada).

El polen se adhiere a la superficie estigmática, germina elongando su tubo polínico a través del estilo hasta alcanzar el ovario y penetra por los integumentos y el micrópilo, hasta el saco embrionario, dándose inicio al proceso de la doble fertilización o fecundación.

Dos células generativas y otra vegetativa conforman el aporte funcional masculino del polen: en tanto que, el

Formación y desarrollo de la semilla

saco embrionario maduro contiene siete células nucleadas: tres antipodales o *antípodas*; dos *sinérgidas*; una célula binucleada, que da origen a los *núcleos polares* y la *oosfera*.

Ocurre entonces la doble fertilización o *singamia* (característica de las angiospermas): el núcleo de una de las células generativas del polen se fusiona con los núcleos polares, constituyendo un solo núcleo triploide ($3n$), denominado núcleo del endosperma primario. El núcleo de la segunda célula generativa del gametofito masculino, fecunda la oosfera originando el *huevo* o *zigoto*.

Divisiones sucesivas del zigoto originarán el embrión; igualmente, divisiones del núcleo del endosperma primario formarán el tejido de reserva denominado *endosperma* y los integumentos ováricos, darán lugar a los *tegumentos de la semilla*.

Los elementos básicos de la estructura de la semilla por lo tanto son: tegumento, embrión y endosperma. Desde el punto de vista funcional, la semilla está conformada por una cubierta protectora, un eje embrionario y un tejido de reserva.

La semilla, así desarrollada y conformada, requiere de fuentes energéticas y alimenticias, almacenadas en los cotiledones, embrión y endosperma, para activar sus procesos fisiológicos, sustancias éstas que son de naturaleza amilácea, proteica y oleaginosa.

El embrión maduro, parte vital y funcional de la semilla, es la nueva planta (planta embrionaria) que presenta su desarrollo interrumpido y potenciado, a causa de un proceso normal y de diferente duración, llamado *reposo*, *latencia* o *dormancia*.

El reinicio de las actividades bioquímicas y fisiológicas que dan lugar al desarrollo y crecimiento, se conoce como *germinación*, la cual tendrá lugar solamente con el cumplimiento de determinadas condiciones intrínsecas y extrínsecas de la semilla: madurez completa, vitalidad, integridad física, condiciones favorables de humedad, temperatura, oxígeno y luz, principalmente.

De manera perfecta, sincronizada y armónica, la semilla vuelve a regenerar la vida y perpetuar las especies vegetales en la naturaleza.

Formación y desarrollo de la semilla

Características generales del desarrollo.

Una semilla (Figura 1), por definición botánica, es el resultado de la fertilización y maduración de un óvulo. Consta de un embrión, que se desarrolla en plántula durante la germinación, de un tejido nutritivo en la mayoría de los casos, y de una cubierta protectora, la testa, que recubre a ambos. Con frecuencia, sin embargo, la unidad a analizar y comúnmente denominada semilla, también contiene restos de otras estructuras, tales como el ovario y en ocasiones otras partes de la flor. En lo que sigue no se distinguirá entre "verdaderas" semillas en sentido botánico y las unidades que retienen estructuras adicionales.

Todas las estructuras esenciales de la plántula proceden de los tejidos que se diferencian durante el desarrollo del embrión de la semilla. La diferenciación puede definirse como el proceso durante el cual se modifica la forma o función interna y externa de las células, y grupos de éstas forman tejidos especializados u órganos. El grado de diferenciación del embrión en el momento de la cosecha varía según la especie. En algunas semillas maduras el embrión está poco diferenciado (p. ej. *Daucus*) mientras que en otras (p. ej. *Phaseolus*) está altamente diferenciado.

Un embrión bien formado generalmente consiste en un eje que sostiene, lateralmente y hacia el extremo superior, uno (monocotiledóneas), dos (dicotiledóneas), o más (la mayoría de las coníferas) cotiledones. Termina en la plúmula, yema apical embrional que puede estar envuelta por las primeras hojas en aquellos embriones altamente diferenciados (p. ej. *Phaseolus*). El extremo inferior del eje forma la radícula, raíz embrional, con su meristemo recubierto por una capa de células protectoras.

El embrión de la semilla madura está frecuentemente recubierto por un tejido especial de almacenamiento. Según la especie, puede ser, endospermo, perispermo o tejido gametofítico.

En dicotiledóneas y monocotiledóneas, la fertilización del óvulo no solo origina el desarrollo del embrión sino también el del endospermo, tejido nutritivo que es consumido gradualmente por el embrión en crecimiento. En el momento en que el embrión está completamente desarrollado en la semilla, el endospermo bien ha desaparecido o bien se ha transformado en un tejido de almacenamiento para las reservas de alimentos de la

Formación y desarrollo de la semilla

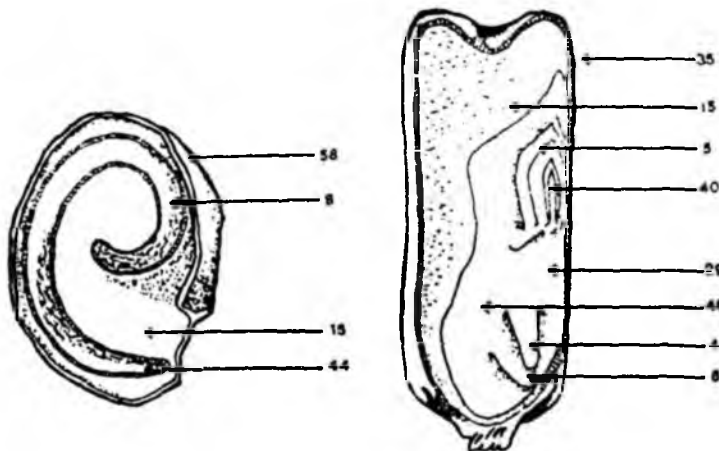


Fig. 1a.—Semilla con los nutrientes almacenados en el endospermo; *Allium sp.*

Fig. 1b.—Semilla con los nutrientes almacenados en el endospermo; *Zea mays.*

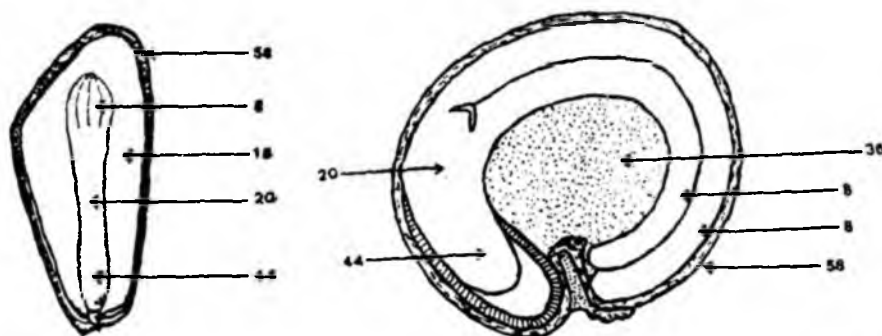


Fig. 1c.—Semilla con los nutrientes almacenados en el tejido gametofítico; *Pinus sp.*

Fig. 1d.—Semilla con los nutrientes almacenados en el perispermo; *Beta vulgaris.*

FIGURA 1. Tipos de semillas: 5 Coleóptilo, 6 Coleoriza, 8 Cotiledón (es), 15 Endospermo, 18 Tejido gametofítico, 20 Hipocótilo, 29 Mesocótilo, 35 Pericarpio, 36 Perispermo, 40 Plúmula, 42 Hojas primarias, 44 Radícula, 48 Escutelo, 58 Testa.

Formación y desarrollo de la semilla

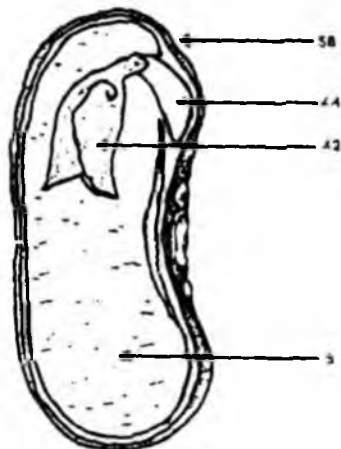


Fig. 1c.—Semilla con los nutrientes almacenados en los cotiledones: *Phaseolus vulgaris*

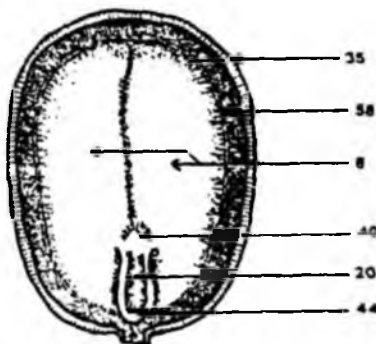


Fig. 1f.—Semilla con los nutrientes almacenados en los cotiledones: *Quercus sp.*

FIGURA 1. (Continuación). Tipos de semillas: 5 Coleóptilo, 8 Coleorriza, 8 Cotiledón (es), 15 Endospermo, 18 Tejido gametofítico, 20 Hipocótilo, 29 Mesocótilo, 35 Pericarpio, 36 Perispermo, 40 Plúmula, 42 Hojas primarias, 44 Radícula, 48 Escutelo, 58 Testa.

Formación y desarrollo de la semilla

semilla (p. ej. *Allium*, Fig. 1a; *Zea*, Fig. 1b). En la mayoría de las semillas la nucela, tejido que forma la masa principal del óvulo antes de la fertilización, es agotada completamente por el embrión en desarrollo pero en algunas (p. ej. *Beta*), permanece como tejido de almacenamiento para las reservas de alimentos, denominándose perispermo (Fig. 1d). En las coníferas (p. ej. *Pinus*), el tejido de almacenamiento está constituido por el tejido gametofítico previo a la fertilización (Fig. 1c). En muchas semillas, sin embargo, las reservas de alimentos se almacenan en el mismo embrión, generalmente en los cotiledones (p. ej. *Phaseolus*, Fig. 1e o *Quercus*, Fig. 1f) y ocasionalmente en otras partes del mismo (p. ej. hipocótilo). Puede darse un almacenamiento combinado o mixto en cotiledones y endospermo, o en endospermo y perispermo. Las sustancias de reserva sostienen el crecimiento inicial de la plántula, haciéndola independiente de los recursos externos durante cierto tiempo, hasta que es capaz de asimilarlos por sí misma.

El embrión y los tejidos de reserva están encerrados por la cubierta de la semilla (testa), que la protege contra daños y evita lixiviaciones. De aquí que sea con frecuencia dura y sólida, pero si la verdadera semilla permanece dentro de otras estructuras puede ser simplemente membranosa.

Germinación

Las semillas viables generalmente comienzan a germinar cuando se las sitúa en condiciones adecuadas de humedad, temperatura, oxígeno y, en algunos casos, luz. En primer lugar las semillas absorben agua, los tejidos se hinchan y la cubierta seminal se vuelve blanda y elástica. La raíz primaria atraviesa la cubierta seminal y se alarga con rapidez; los pelos radicales son abundantes, por lo general, desde los primeros estados de desarrollo. Posteriormente se forman las raíces secundarias. El desarrollo del sistema apical se produce a continuación. Los cotiledones, bien son llevados por encima del suelo (germinación epigea) o bien permanecen en el suelo en el interior de la cubierta seminal (germinación hipógea).

Muchas especies agrícolas, horticolas y leñosas, presentan germinación epigea (Fig. 2): después de emerger la raíz primaria, se alarga el hipocótilo, forma un arco y finalmente empuja los cotiledones y la joven yema por encima del suelo. Los cotiledones se tornan

Formación y desarrollo de la semilla

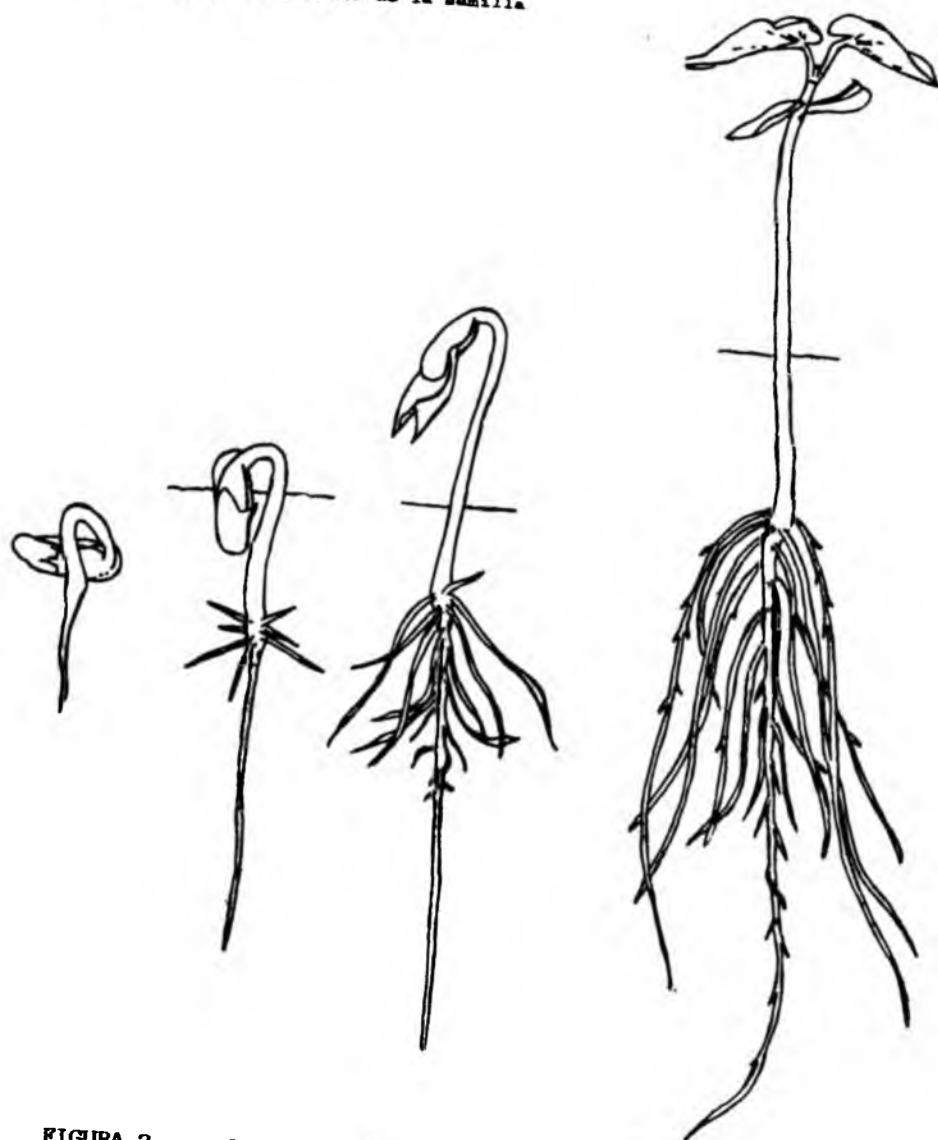


FIGURA 2. Germinación epígea: *Phaseolus vulgaris*

Formación y desarrollo de la semilla

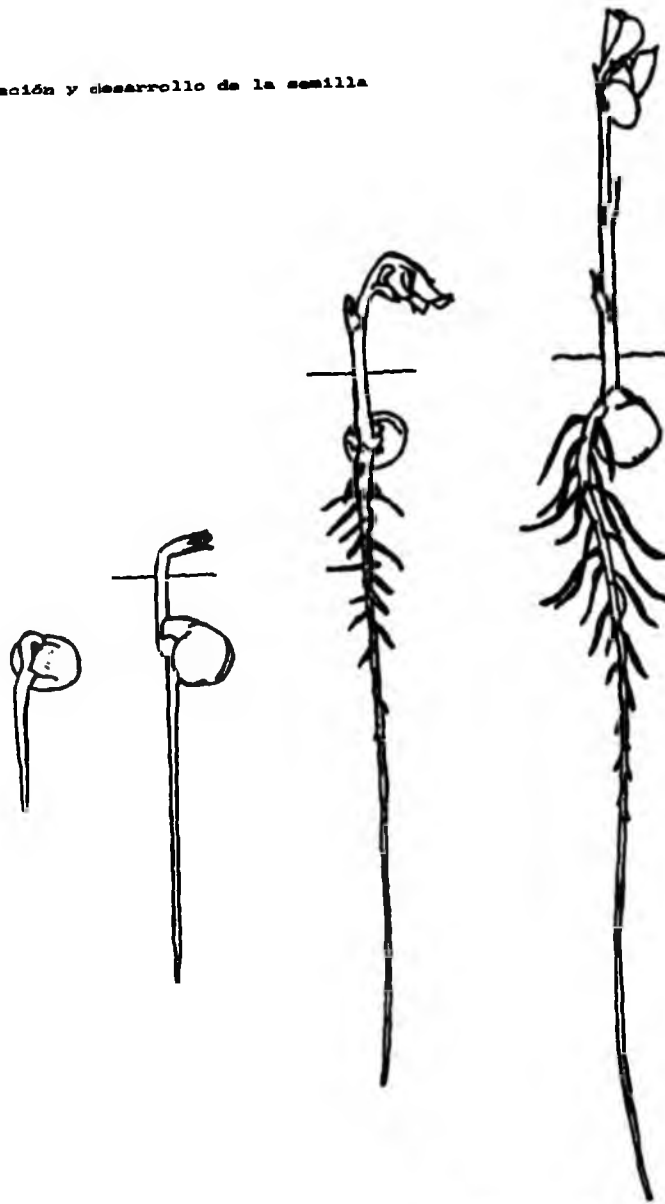


FIGURA 3. Germinación hipógea: *Pisum sativum*

Formación y desarrollo de la semilla

verdes, se expanden y constituyen los primeros órganos fotosintéticos de la plántula. A continuación se produce el desarrollo del epicótilo y yema terminal.

La germinación hipógea (Fig. 3) se presenta en la mayoría de las monocotiledóneas (p. ej. Gramineae), algunas leguminosas de semillas grandes (p. ej. *Pisum*) y ciertas especies forestales (p. ej. *Quercus*). Existe muy pequeña elongación del hipocótilo y los cotiledones permanecen dentro de la cubierta seminal en el suelo. En las dicotiledóneas, así como en algunas monocotiledóneas (p. ej. *Asparagus*), el epicótilo se alarga, normalmente forma un arco y empuja la joven yema por encima de la superficie del suelo. En muchas otras monocotiledóneas hipógeas (p. ej. Gramineae) parece no existir alargamiento del epicótilo. En contraste con la germinación epígea, los primeros órganos fotosintéticos son la primera o primeras hojas verdaderas, que se desarrollan de la plúmula.

BIBLIOGRAFIA

- Bekendam, J. y Grob, R. 1980. Manual para evaluación de plántulas. Estación de ensayo de semillas. Madrid. 128 p.
- Moreira de Carvalho, N. y Nakagawa, J. 1983. Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção. 2da. Ed. Rev. Campinas, Fundação Cargill. 429 p.