

una inmensa célula con numerosos núcleos (judía, capuchina, etc.). Ocorre también que no llena por completo el albumen la cavidad del saco y entonces queda un espacio vacío central que en el coco, por ejemplo, se llena de un líquido albuminoso (leche de coco); lo mismo ocurre en muchas leguminosas y en diferentes otras plantas de gruesa semilla.

Los tegumentos de la nuececilla, en vez de ser reabsorbidos,

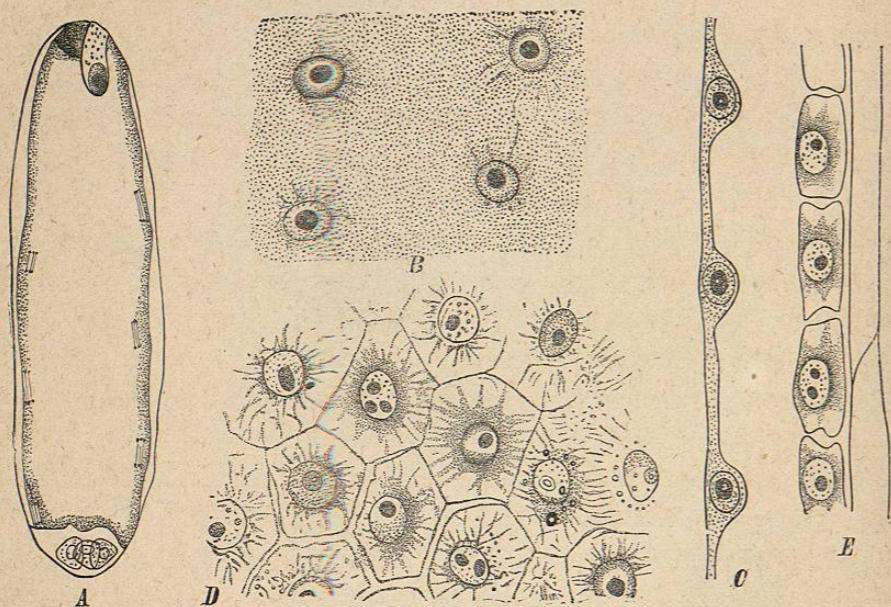


Fig. 133. - Formación del albumen en el saco embrionario del *Myosurus minimus*. A, bipartición de núcleos en la capa parietal; B, núcleos múltiples en la capa parietal vista de frente; C, los mismos vistos en sección longitudinal; D, formación de membranas que separan las células del albumen; E, la misma en sección longitudinal.

como ordinariamente ocurre, persisten en algunas semillas formando una reserva de materiales nutritivos que envuelve al albumen y constituye una tercera parte, que se denomina *perispermo*. Así, la almendra de la semilla puede estar formada sólo de una parte, la substancial, el embrión; puede tener dos partes, embrión y albumen, ó tres, que se denominan: *embrión*, *endospermo* y *perispermo* (fig. 134). Estos dos últimos tejidos desempeñan un papel análogo al del vitelo en la embriogenia de los animales, alimentan al embrión en sus primeras fases; como el vitelo, se segmenta el albumen, produciendo éste un tejido celular lleno de productos, que luego

han de ser objeto de una digestión; como la del vitelo, también la segmentación del albumen puede ser total ó parcial.

GERMINACIÓN.— Llegada á la madurez, la semilla permanece de ordinario en un estado de vida latente, durante el cual están sus funciones amortiguadas; es necesario que salga de aquel estado merced á un conjunto de circunstancias favorables; cuando éstas la rodean, continúa el desenvolvimiento del embrión hasta dar por resultado una plantita capaz de aprovechar los alimentos del suelo y del aire. Cuando la semilla sale del estado de vida latente, se dice que germina, y el fenómeno se conoce con el nombre de *germinación*.

Es conveniente que fijemos las condiciones necesarias para que la germinación tenga lugar, y además examinemos los fenómenos fisiológicos y morfológicos que se suceden hasta la formación de la plantita.

Condiciones necesarias.— Las requiere en primer término la semilla. Esta debe ser entera, bien conformada, con las reservas alimenticias necesarias, sin haber perdido, por modificaciones internas, la facultad germinativa.

Hay en efecto semillas en que no han llegado á completo desarrollo todas las partes y existen espacios interiores llenos de aire; los jardineros siguen un procedimiento muy sencillo para diferenciar las malas de las buenas semillas: las sumergen en el agua y desechan todas las que sobrenadan, puesto que es muy general la pérdida de densidad en las semillas que no están bien conformadas. Esta prueba es muy empírica, pues la densidad puede disminuir por contener el albumen ó el embrión gran cantidad de cuerpos grasos (ricino), ó por existir en los cotiledones grandes espacios aeríferos (*Erythrina*, *Glycina*, etc.), y aun por encerrar los tegumentos una gran cantidad de aire (lirio, pino, etc.).

Es forzoso que la semilla contenga la dosis necesaria de subs-

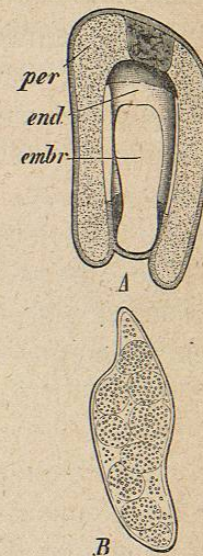


Fig. 134. - Semilla del *Costus speciosus*. A, corte de la semilla mostrando el embrión, el endospermo y el perispermo; B, célula del perispermo llena de almidón.

tancias alimenticias, sin las cuales no podría el embrión desenvolverse. Además dichas reservas han de hallarse en condiciones de ser inmediatamente asimilables.

No coincide esta madurez interna á veces con la madurez exterior de la semilla, ni menos con la del fruto; así, en los cereales, en muchas leguminosas, las semillas verdes germinan, y aunque el desenvolvimiento se opere con alguna lentitud, el resultado es favorable; á veces maduran las semillas indicadas cuando no han llegado todavía á la mitad de su dimensión normal. En el chopo, en el trigo y en otras plantas, apenas separado el grano de la madre, germina; en cambio, en el rosal, la zarza, el albaricoquero, el espiño majuelo, etc., transcurren á veces hasta dos años desde que la semilla está en condiciones favorables hasta que germina.

Puede haber adquirido la semilla su madurez y no hallarse en condiciones de germinación por haberla perdido. El tiempo, el medio en que se haya conservado, diferentes otras causas, pueden matar la vida latente y el grano convertirse en estéril. Los que tienen reservas de almidón, de aleurona, azúcar ó albuminoides, son menos alterables, conservan la vida durante largo tiempo. Entre las gramíneas se citan casos de gran longevidad: granos de trigo extraídos de ruinas muy antiguas, que habían permanecido encerrados muchos siglos, germinaron después; á las leguminosas y á las malváceas todavía se les conceptúa más resistentes que á las gramíneas: en las tumbas célticas y galo-romanas se han hallado semillas de mercurial, romero, camamila, heliotropo, etc., que sembradas germinaron después; se habían conservado sin el acceso del aire y con la constancia de la temperatura á cierta profundidad. Es sabido que los romanos conservaban los cereales en silos oscuros y profundos, en donde no tenían acceso fácil ni las variaciones de la temperatura externa ni la luz del sol.

Guardan también largo tiempo el poder germinativo las semillas oleaginosas, á no ser que la grasa se oxide; las que contienen esencias resinificables, etc. En cambio, pierden con facilidad el estado de madurez los granos que tienen tegumentos coriáceos, como los de las umbelíferas, el café, etc., á los cuales basta desecar para que mueran. Priva de la facultad de germinar la maceración en agua dulce, el agua caliente á 50° ó 54°. Estando bien

secas, aunque el frío alcance á -80° no les afecta. El aire seco es capaz de conservar durante una hora al trigo y al maíz á 65° sin perjudicarles, y un cuarto de hora resisten la temperatura de 100° .

Las semillas tienen, pues, una vida latente que pierden en circunstancias variables según los géneros, vida que es forzoso conserven si han de dedicarse á la producción de nuevas plantas, y vida que activan las condiciones del medio, que vamos á indicar.

Tres elementos ha de tomar la semilla del suelo: agua, oxígeno y calor; los dos primeros le son indispensables para completar la alimentación que necesita; el calor debe acompañar al desenvolvimiento del embrión como acompaña á todo acto general de crecimiento.

La temperatura necesaria para que las semillas germinen, varía en cada una; suele admitirse un límite inferior bajo el que el fenómeno no tiene lugar, un límite superior sobre el que tampoco el fenómeno es posible, y entre ambos hay una temperatura la más favorable para un rápido desenvolvimiento, la que debe buscarse en la práctica. Estos límites varían en las diferentes plantas; citaremos los correspondientes á determinadas especies de uso vulgar:

	Límite inferior	Optimum	Límite superior
Mostaza.	0°	$27^{\circ}4$	$37^{\circ}2$
Berros y lino.	$1^{\circ}8$	21°	28°
Cebada.	5°	$28^{\circ}7$	$37^{\circ}7$
Trigo.	5°	$28^{\circ}7$	$42^{\circ}5$
Trébol.	$5^{\circ}7$	$21^{\circ}25$	28°
Judía y maíz.	$9^{\circ}5$	$33^{\circ}7$	$46^{\circ}2$
Calabaza.	$13^{\circ}7$	$33^{\circ}7$	$46^{\circ}2$
Sésamo.	13°	25°	45°

La absorción del agua se verifica de modo distinto según las cubiertas que la semilla tiene; las que son delgadas y permeables germinan con facilidad, por el contrario las que se hallan recubiertas de una substancia córnea ó leñosa se valen de procedimientos distintos para absorber el agua; así, las nueces de coco tienen poros; los albaricoques, melocotones, abridores, almendros, etc., se abren en dos valvas. Para favorecer la germinación, los jardineros suelen adelgazar por frotamiento las cubiertas duras de algunas semillas.

Las aves, haciendo pasar por su tubo digestivo determinados granos, con lo cual favorecen la trituración de los alimentos, prestan á la vez un servicio á la semilla, puesto que adelgazando sus cubiertas hacen más fácil la germinación.

La cantidad de agua tiene también un límite que varía en las diferentes especies, puesto que mientras el vesque germina tan sólo con la humedad atmosférica, las plantas acuáticas se desenvuelven en el barro. En general la humedad excesiva perjudica, puesto que de un lado favorece el desarrollo de hongos parásitos y de otro motiva una exósmosis excesiva.

El oxígeno atmosférico, en su presión normal de $\frac{1}{5}$ de atmósfera, se halla en las condiciones más favorables; cuando desciende á $\frac{1}{10}$ impide el fenómeno; cuando llega á siete atmósferas le imposibilita igualmente. Cuando en el aire hay gases ó vapores extraños, pueden favorecer ó perjudicar la germinación.

Las radiaciones luminosas no se conceptúan necesarias para la germinación; son las poco refrangibles, las térmicas, las indispensables. En general la obscuridad es favorable, y por esto las semillas se entierran, si bien no á gran profundidad, puesto que ésta pudiera ser perjudicial al desenvolvimiento de la plantita.

El suelo, por sus condiciones físicas, por su mayor ó menor permeabilidad, puede ser nocivo ó ventajoso á la germinación.

Fenómenos morfológicos. — Rodeada la semilla de las circunstancias antes indicadas, absorbe el agua y aumenta de volumen rompiendo los tegumentos exteriores por el sitio en que se halla situado el micropilo. El embrión, en el que, según hemos visto, se hallan bosquejados los diferentes miembros del vegetal, sufre en seguida modificaciones en su forma por el crecimiento y diferenciación de los meristemas que le constituyen.

Se desenvuelve en primer término la radícula, que sale muy pronto fuera, encorvándose hacia la parte inferior en virtud de su geotropismo positivo; crece en sentido longitudinal y se convierte en la raíz principal de la planta nueva.

Cuando la raíz tiene ya cierta longitud, comienza el crecimiento del tallito, el cual se encorva en sentido opuesto al de aquélla, siguiendo las tendencias del geotropismo negativo; el crecimiento es intercalar y motiva la elevación de la semilla hacia la superficie del

suelo; esta primera parte del tallo, situada bajo la semilla, es el primer entrenudo y recibe el nombre de *tallo hipocotíleo*.

Tras de estos hechos sigue el desenvolvimiento de los cotiledones, que se van separando el uno del otro, rompen más las cubiertas y acaban por hacer que se desprendan y caigan á tierra; creciendo, se convierten en el primer par de hojas (si la planta es dicotiledónea) que coronan la terminación del tallo hipocotíleo.

Cuando el cono terminal del tallo es desnudo, muy pronto se transforma en yemecilla, si ésta aparece ya formada se desenvuelve, prolongándose el tallo por encima de los cotiledones y formándose nuevas hojas. La parte del tallo situada sobre las primeras hojas cotilareas se denomina *epicotílea*. En este momento, puede juzgarse á la plantita completa.

El desenvolvimiento del embrión comprende, pues, cuatro tiempos, durante los cuales comienzan su crecimiento la radícula, el tallito, los cotiledones y la yemecilla. En los dos primeros tiempos, cuando existe el albumen, los cotiledones absorben la substancia alimenticia que aquél encierra; la parte que resta se desprende con los tegumentos en el tercer tiempo.

No siempre ocurren las cosas del modo reseñado; puede desenvolverse el embrión en menos tiempos. A veces no crece el tallito, los cotiledones siguen á la raicilla en su desenvolvimiento y forman al aire libre, hojas verdes; se suprime en este caso el segundo de los tiempos. Pueden faltar éste y el tiempo tercero, pasando directamente de la aparición de la raicilla al desarrollo de la yema terminal.

Los dos procedimientos extremos son designados por nombres distintos: se llama desenvolvimiento *epigeo* cuando los cotiledones se abren al aire libre: hay entonces tallo hipocotíleo; es el desenvolvimiento *hipogeo* si los cotiledones quedan bajo la tierra por no desenvolverse el tallito y no existir la parte hipocotílea.

La germinación es epigea en la generalidad de las coníferas y en muchas dicotiledóneas (crucíferas, cucurbitáceas, euforbiáceas, convolvuláceas, etc.). Es hipogea en casi todas las monocotiledóneas, en las cicadeas, en alguna conífera y en no pocas dicotiledóneas.

La germinación comienza unas veces muy pronto, tarda en

otras plantas muchísimo; una semilla de sauce germina en un día, un guisante ó un grano de trigo necesitan tres ó cuatro; una bellota ocho ó diez, el pino y el abeto emplean dos ó tres semanas y el dátil tarda cuatro ó cinco meses.

Fenómenos fisiológicos.—Mientras tienen lugar los fenómenos morfológicos antes reseñados, el embrión vive, y se cumplen en él, por tanto, las múltiples funciones que la vida entraña. Esto da lugar á fenómenos químicos interiores y externos que se traducen en la respiración de los tejidos y en la digestión de determinadas sustancias. El funcionalismo del embrión no es cosa distinta de la fisiología que en artículos anteriores hemos delineado.

Desde luego, cuando la germinación comienza, respiran los tejidos con una intensidad superior á la ordinaria; el volumen de oxígeno absorbido es mayor que el volumen de ácido carbónico exhalado. La actividad respiratoria es causa de una producción tal de calor que fácilmente se demuestra, porque una parte irradia al medio externo. La combustión es necesaria; ella proporciona la gran cantidad de fuerza que el embrión necesita para desenvolverse.

La transpiración es también fenómeno demostrado, y asimismo lo es la pérdida del peso; para cerciorarse de esto, basta hacer germinar un peso conocido de semillas bajo una campana, sobre el mercurio.

El embrión se nutre, y como carece de clorofila en un principio, tiene que operarse la digestión de los principios alimenticios contenidos en los cotiledones ó en el albumen. Según procedan de uno ó de otro lado, la digestión será interna ó externa, y tendrá lugar dentro de los principios que en el capítulo respectivo hemos indicado. Se produce la amilasa que ataca á los granos de almidón, los corroe, los disuelve, y motiva la producción de dextrina y de maltosa; éstas son á la vez transformadas en glucosa. Lo mismo puede verificarse la digestión de las glucósidas ó de las sacarosas; resulta en todos los casos, como producto final, una glucosa que puede fácilmente caminar de célula en célula, acudiendo á aquellos puntos en donde la labor del protoplasma exija su presencia.

En esta digestión interna, que tiene lugar cuando todas las reservas se hallan encerradas en el embrión, puede darse el caso de que los productos que éste contenga sean grasas neutras y han de

sufrir la acción de la saponasa, que las desdobla en glicerina y ácidos grasos; la primera se asimila directamente, los segundos sufren una serie de oxidaciones hasta convertirse en almidón.

Las reservas albuminóideas se encuentran en presencia de pepsinas, que las transforman en peptonas, quienes á su vez se desdoblan de nuevo, produciendo en último resultado las diversas amidas ya indicadas repetidas veces. Es la asparagina la producida con más frecuencia en los embriones, sobre todo si contienen en escasa proporción los hidratos de carbono. Cuando la clorofila se forma y la síntesis de estos hidratos tiene lugar, las amidas desaparecen, contribuyendo á formar el protoplasma de las nuevas células.

Según Van Tieghem, puede compararse la producción de la asparagina en tales condiciones á la de la urea en los animales.

La digestión es externa si las reservas alimenticias no están en los cotiledones, sino en el perispermo; los actos digestivos han de operarse en éste, y el embrión se limita á absorber los productos elaborados; esta absorción tiene lugar por la epidermis de la cara inferior de los cotiledones, que descansa inmediatamente sobre el albumen.

Pero si éste es córneo ó tan amiláceo que sus células puedan juzgarse pasivas, no podrían los actos digestivos realizarse sin que los fermentos se produjeran, y tal producción sólo es posible en el cuerpo embrionario. En efecto, los cotiledones son los productores de la amilasa, la saponasa, la pepsina, etc., que penetrando en el albumen le hacen entrar en movimiento, en una activa labor química cuyo resultado es el que se formen materiales digestivos, solubles, absorbidos después por el embrión. La acción digestiva es muy enérgica en estos casos; delicados embriones son capaces de transformar membranas córneas que los animales no pueden digerir.

El crecimiento de los tejidos primitivos en la futura plantita es un caso simple de división celular; crecen como meristemas que son, y los nuevos elementos histológicos se van sucesivamente diferenciando hasta hallarse cada cual en su posición desempeñando la función que le está encomendada.