

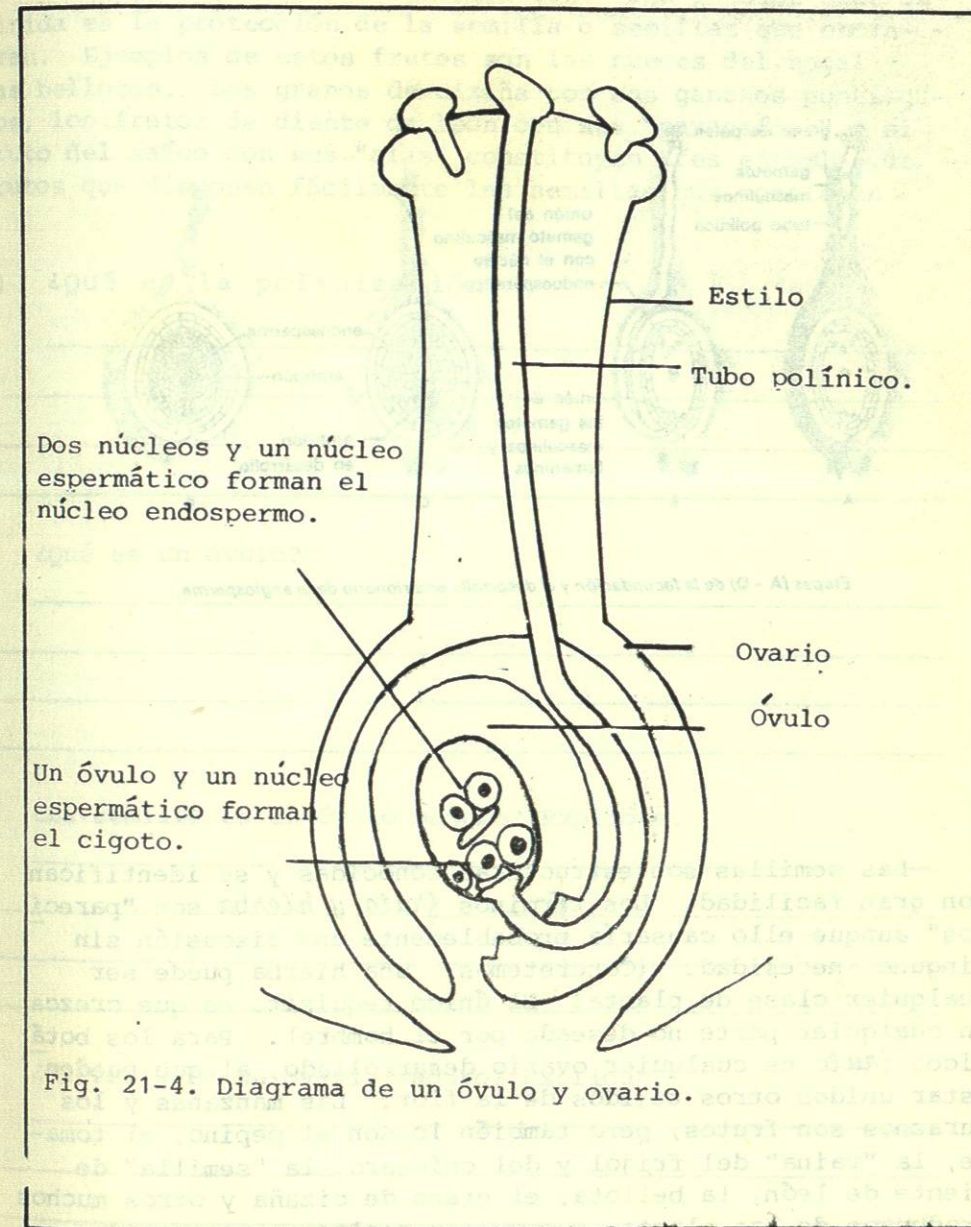
El óvulo.

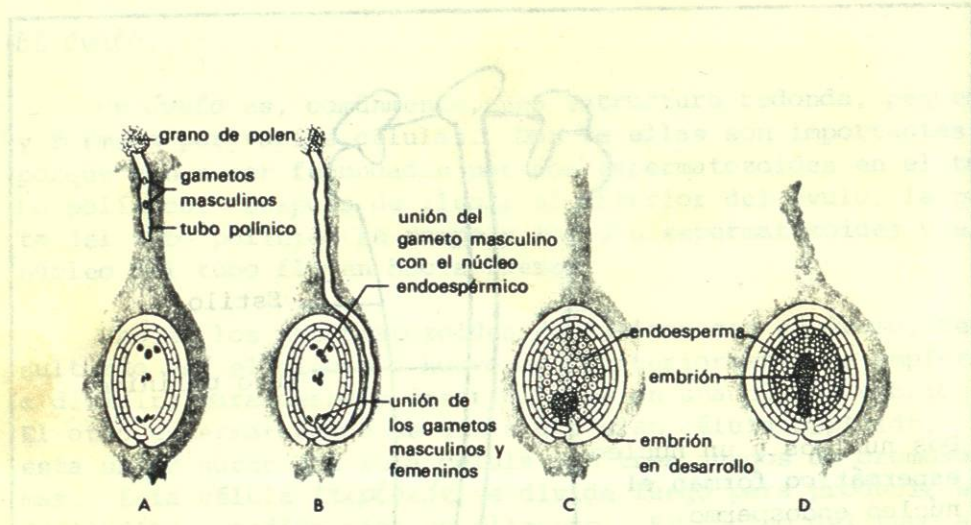
Un *óvulo* es, comúnmente, una estructura redonda, pequeña y formada por varias células. Dos de ellas son importantes porque van a ser fecundadas por dos espermatozoides en el tubo polínico. Después de llegar al interior del óvulo, la punta del tubo polínico se rompe y los dos espermatozoides y el núcleo del tubo fluyen hacia fuera.

Uno de los espermatozoides se fusiona con el óvulo, resultando así el cigoto o huevo que posteriormente se empieza a dividir, para después desarrollarse en una planta embrión. El otro espermatozoide se une a una gran célula diploide. De esta unión surge una sola célula con tres juegos de cromosomas. Esta célula *triploide* se divide luego para producir el *endospermo*, tejido rico en alimento. El núcleo del tubo al dejar de funcionar se desintegra. (Ver fig. 21-4).

Durante la maduración del óvulo suceden varios acontecimientos importantes. El óvulo fecundado, o cigoto, empieza a dividirse para ir formando un pequeño embrión vegetal. En algunas especies el tejido endospermico se desarrolla alrededor del embrión. En otras especies, como el frijol, el endospermo se desintegra antes de que madure la semilla. Así, la semilla no contiene endospermo.

Las paredes del óvulo empiezan a endurecerse, desarrollándose la *cubierta de la semilla*. Esta envoltura es impermeable al agua y al aire impidiendo que obtenga sustancias nutritivas para su desarrollo. Mientras la semilla está en esta condición de "encierro" parece que baja considerablemente su actividad fisiológica. Este estado se llama *semilla en latencia*. Variedad de cambios en el medio pueden producir el rompimiento de la latencia, pero todos ellos producen un efecto: la cubierta de la semilla se vuelve de alguna forma permeable.





Etapas (A - D) de la fecundación y el desarrollo embrionario de la angiosperma.

Las semillas son estructuras conocidas y se identifican con gran facilidad. Los términos *fruta* y *hierba* son "parecidos" aunque ello causaría probablemente una discusión sin ninguna necesidad. (Concretamos: una hierba puede ser cualquier clase de planta. El único requisito es que crezca en cualquier parte no deseada por el hombre). Para los botánicos *fruto* es cualquier ovario desarrollado, al que pueden estar unidos otros tejidos de la flor. Las manzanas y los duraznos son frutos, pero también lo son el pepino, el tomate, la "vaina" del frijol y del chícharo, la "semilla" de diente de león, la bellota, el grano de cizaña y otros muchos productos de las plantas que no son realmente reconocidos como frutas.

Los frutos pueden realizar varias funciones, dos de ellas las mencionaremos a continuación. Una función bien definida es la protección de la semilla o semillas que encierran. Ejemplos de estos frutos son las nueces del nogal y las bellotas. Los granos de cizaña con sus ganchos puntiagudos, los frutos de diente de león con sus "paracaídas" y el fruto del saúco con sus "alas" constituyen tres ejemplos de frutos que disponen fácilmente las semillas que contienen.

a) ¿Qué es la polinización?

b) ¿Qué es un óvulo?

c) ¿La semilla es un óvulo maduro? Explique.

d) ¿El fruto es un ovario maduro? Explique.

21-3 MODELO DE DESARROLLO.

Hasta ahora hemos empleado el término "desarrollo" sin indicar una definición precisa. Por el contrario, lo hemos dejado a su intuición y a su propia comprensión. Probablemente al hablar del desarrollo de una planta o de un animal se piensa en el crecimiento y maduración de estos organismos. En sentido amplio, esto significa el término. Pero los biólogos piensan en el término desarrollo como algo mucho más específico.

Al no especificar otra cosa, los biólogos usan el término "desarrollo" para indicar los cambios y procesos que llevan a la producción de un organismo adulto. Si los biólogos se refieren a cualquier otro nivel de organización, por ejemplo, una célula o un órgano, el término "desarrollo" seguirá lo que indique el nivel de organización al que el desarrollo se refiere; por ejemplo: *desarrollo celular* o *desarrollo del tejido*.

Por lo tanto, el término desarrollo comprende la formación completa del organismo adulto. ¿Cuándo se inicia y cuándo termina? En las plantas y animales superiores que se reproducen sexualmente, los biólogos al pensar en desarrollo se refieren al que empieza inmediatamente después de la fecundación del cigoto y su doble juego de información del código DNA. Además, podríamos decir que no hay un momento final de desarrollo, que no existe un punto exacto en el cual se puede decir que un organismo es un adulto. Tenemos una idea general de cuando llegan a adultos una rana o un ser humano. Un punto arbitrario es usado para separar un adulto de un "subadulto", cuando el organismo llega a su madurez sexual. Cuando el organismo es capaz de producir gametos frecuentemente se le considera adulto.

Por supuesto, el desarrollo no se detiene cuando se llega a la etapa de adulto, todavía quedan muchas dudas. Por ejemplo, ¿cuándo llega a la edad adulta el pino gigantesco? Generalmente se piensa en el final del desarrollo de una planta cuando cesa de crecer y producir tejidos. Es decir, cuando muere. Las plantas, a diferencia de los animales, siguen creciendo mientras viven.

Incremento celular.

Los acontecimientos claves del desarrollo quizás serán más fáciles de reconocer si empezamos con un óvulo que acaba de ser fecundado. En esta etapa del desarrollo interactúan los medios intracelular y extracelular con DNA, el cual está ahora combinado en el núcleo de la célula. La nueva célula es una efervescencia de actividad. Los enlaces químicos energéticos son transformados y sintetizan nuevas moléculas. En esta etapa, así como en otras subsiguientes de desarrollo, hay una gran producción de nuevas moléculas en la célula por el rompimiento de las mismas. Cuando las moléculas se sintetizan más rápidamente que cuando se desintegran, el resultado es un aumento en el tamaño o un *aumento celular*. Tales aumentos traen el crecimiento que es la clave del desarrollo.

División celular.

El desarrollo debe incluir otros acontecimientos además de los de aumentar el tamaño, ya que de otro modo un organismo adulto sería tan sólo una gran célula. Volvamos de nuevo a los óvulos fecundados. Al cabo de un tiempo, el cigoto empieza a dividirse en dos células por mitosis. Estas dos células se dividen, en la misma forma, en cuatro células; estas cuatro se dividen en ocho; continuando así el proceso. Es evidente que la *división celular* es la segunda característica distintiva en el desarrollo de un organismo individual.

Supongamos que continúa la división celular por algún tiempo. ¿Cuál sería el resultado? ¿Veríamos un organismo adulto? Si el aumento celular y la división celular fueran los dos únicos procesos de desarrollo, veríamos sólo una gran masa de células idénticas. Pero, además, ¿qué podría suceder? ¿No se producen todas las células a partir de una mitosis idéntica? Esta es una de las paradojas biológicas más raras.

Diferenciación celular.

Ocurren otros procesos simultáneamente al del aumento y al de la división celular. El tercero se llama *diferenciación celular*. Después que se ha efectuado la división celular, ciertas células empiezan a diferenciarse; es decir, asumen formas específicas y comienzan a llevar a cabo actividades especializadas. Aparecen diferentes clases de células; células protectoras, células epidérmicas y células traqueidas.

Los biólogos tienen la razonable certeza de que estas células están respondiendo a la información del código nuclear de DNA. Pero, ¿qué causa que esta información sea traducida en un tiempo y secuencia adecuados para que el desarrollo se efectúe como proceso coordinado? ¿Cómo han obtenido los biólogos las respuestas a este enigma?

Diferenciación supracelular.

Hay un cuarto proceso característico durante el desarrollo de un organismo. A esta fase podemos llamarla *diferenciación supracelular*. Este es un término que alcanza a todo y describe el modo en que las células diferenciadas se organizan en tejidos, cómo se organizan los tejidos en órganos, cómo los órganos se organizan en sistemas y, finalmente cómo se organizan los sistemas en individuos.

Sin los procesos de diferenciación supracelular podemos imaginar lo que ocurriría. Si los hechos del desarrollo sólo incluyeran el aumento celular, la división celular y la diferenciación celular, teóricamente tendríamos una masa grande de células especializadas. En esas masas multicelulares las células especializadas funcionarían sólo como células individuales, y no como unidades de un conjunto de tejidos, órganos y sistemas.

En resumen, los biólogos piensan del desarrollo cuatro procesos clave: aumento celular, división celular, diferenciación celular y diferenciación supracelular (ver fig. 21-5).

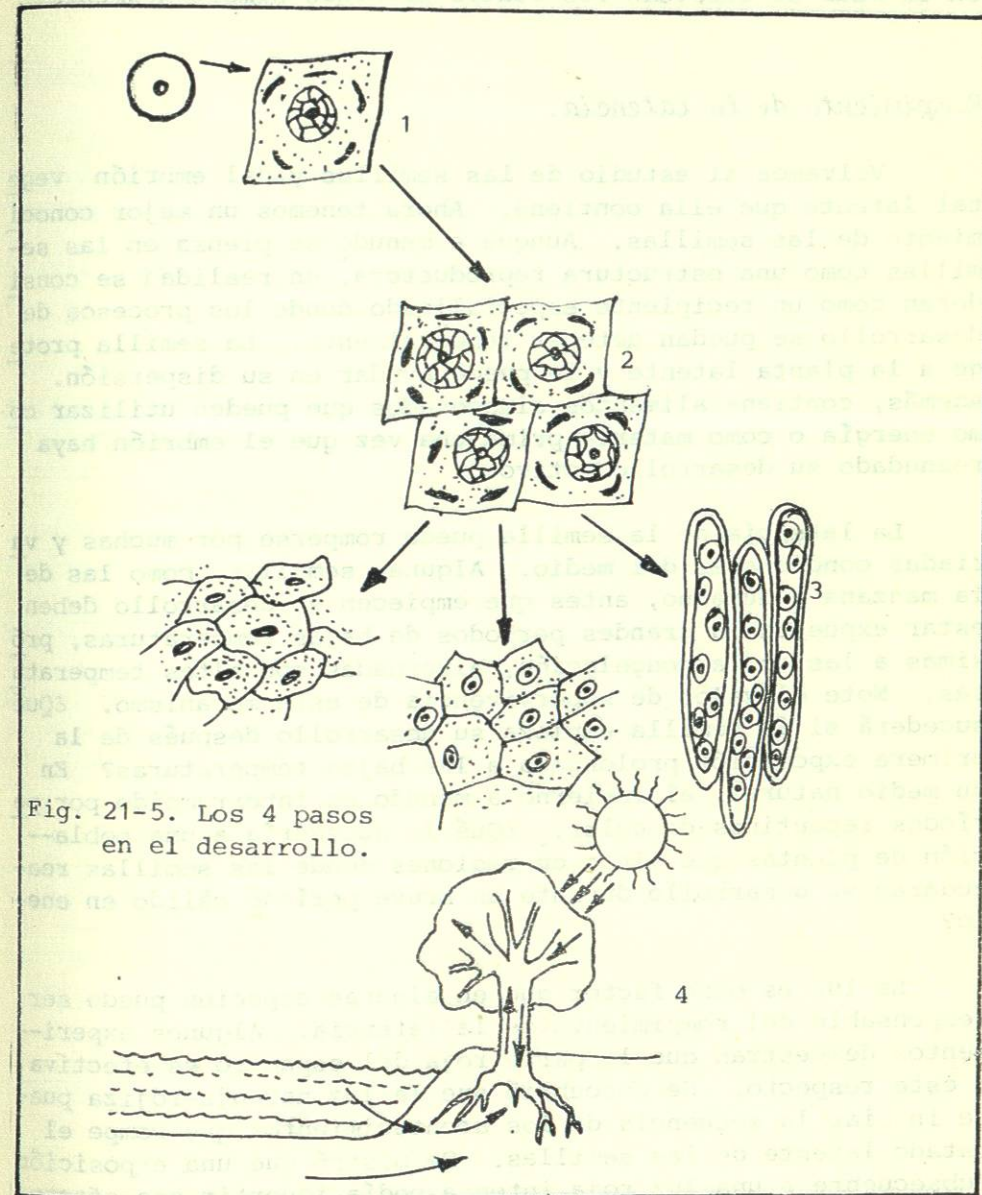


Fig. 21-5. Los 4 pasos en el desarrollo.

Recuerde que estos procesos nunca se deben considerar como hechos aislados o que ocurran independientemente unos con otros. El desarrollo es un proceso uniformemente coordinado, en el cual se efectúan los cuatro procesos simultáneamente.

Rompimiento de la latencia.

Volvamos al estudio de las semillas y del embrión vegetal latente que ella contiene. Ahora tenemos un mejor conocimiento de las semillas. Aunque a menudo se piensa en las semillas como una estructura reproductora, en realidad se consideran como un recipiente especializado donde los procesos de desarrollo se puedan detener temporalmente. La semilla protege a la planta latente y le puede ayudar en su dispersión. Además, contiene alimentos almacenados que pueden utilizar como energía o como materia prima una vez que el embrión haya reanudado su desarrollo activo.

La latencia de la semilla puede romperse por muchas y variadas condiciones del medio. Algunas semillas, como las de la manzana o durazno, antes que empiecen su desarrollo deben estar expuestas a grandes períodos de bajas temperaturas, próximas a las de la congelación, alternadas con altas temperaturas. Note el valor de supervivencia de este mecanismo. ¿Qué sucederá si la semilla empieza su desarrollo después de la primera exposición prolongada a las bajas temperaturas? En su medio natural, el invierno a menudo es interrumpido por períodos repentinos de calor. ¿Qué le sucedería a una población de plantas que viven en regiones donde las semillas reanudarán su desarrollo durante un breve período cálido en enero?

La luz es otro factor que en algunas especies puede ser responsable del rompimiento de la latencia. Algunos experimentos demuestran que la parte roja del espectro es efectiva a este respecto. Se descubrió que la luz naranja-rojiza puede iniciar la secuencia de los acontecimientos que rompe el estado latente de las semillas. Se mostró que una exposición subsecuente a una luz roja intensa podía invertir ese efecto, es decir, inhibía la acción causada por la luz roja anaranjada.

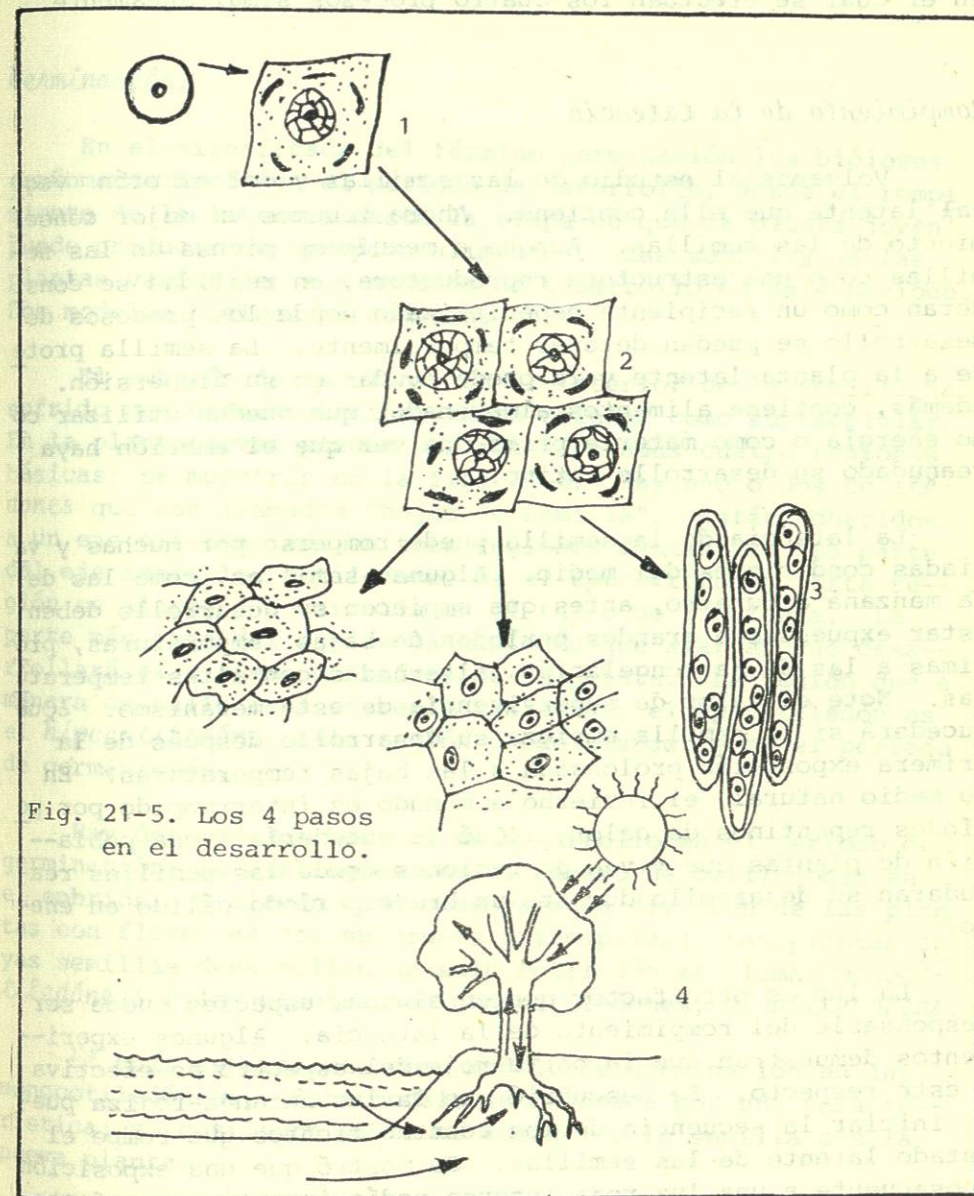


Fig. 21-5. Los 4 pasos en el desarrollo.

Recuerde que estos procesos nunca se deben considerar como hechos aislados o que ocurran independientemente unos con otros. El desarrollo es un proceso uniformemente coordinado, en el cual se efectúan los cuatro procesos simultáneamente.

Rompimiento de la latencia.

Volvamos al estudio de las semillas y del embrión vegetal latente que ella contiene. Ahora tenemos un mejor conocimiento de las semillas. Aunque a menudo se piensa en las semillas como una estructura reproductora, en realidad se consideran como un recipiente especializado donde los procesos de desarrollo se puedan detener temporalmente. La semilla protege a la planta latente y le puede ayudar en su dispersión. Además, contiene alimentos almacenados que pueden utilizar como energía o como materia prima una vez que el embrión haya reanudado su desarrollo activo.

La latencia de la semilla puede romperse por muchas y variadas condiciones del medio. Algunas semillas, como las de la manzana o durazno, antes que empiecen su desarrollo deben estar expuestas a grandes períodos de bajas temperaturas, próximas a las de la congelación, alternadas con altas temperaturas. Note el valor de supervivencia de este mecanismo. ¿Qué sucederá si la semilla empieza su desarrollo después de la primera exposición prolongada a las bajas temperaturas? En su medio natural, el invierno a menudo es interrumpido por períodos repentinos de calor. ¿Qué le sucedería a una población de plantas que viven en regiones donde las semillas reanudarán su desarrollo durante un breve período cálido en enero?

La luz es otro factor que en algunas especies puede ser responsable del rompimiento de la latencia. Algunos experimentos demuestran que la parte roja del espectro es efectiva a este respecto. Se descubrió que la luz naranja-rojiza puede iniciar la secuencia de los acontecimientos que rompe el estado latente de las semillas. Se mostró que una exposición subsecuente a una luz roja intensa podía invertir ese efecto, es decir, inhibía la acción causada por la luz roja anaranja-

da. Este descubrimiento es un ejemplo de los misterios que los biólogos tienen que explorar acerca del estado de latencia.

Germinación.

En el significado del término germinación los biólogos comúnmente incluyen el período de desarrollo, desde el rompimiento de la latencia hasta la etapa en que la planta joven puede producir sus propios alimentos. Las semillas de las plantas varían en sus modelos de desarrollo en este período. Dos modelos básicos predominan.

El embrión de la planta en el interior de la semilla ha sufrido una diferenciación, tanto celular como supracelular. En la planta joven pueden ser identificadas cuatro regiones básicas; se muestran en la fig. 21-6. Hay uno o dos *cotiledones* que son llamados "hojas de semilla". Están adheridos a un eje diferenciado en tres regiones distintas. La parte del eje sobre los cotiledones es el *epicotiledón*. Esta región se alarga y desarrolla en el tallo de la planta. La parte más baja del eje es la *radícula* que alargándose desarrollará el sistema de raíces de la planta. La región que a manera de tallo está entre la radícula y el epicotiledón es el *hipocotiledón*. Esta región puede alargarse en el período de germinación.

Hay dos modelos básicos de desarrollo en el período de germinación; se distinguen por el número de cotiledones en el embrión; y sirven como base para la división de las plantas con flores en dos subgrupos principales: Las plantas cuyas semillas desarrollan un solo cotiledón se llaman *monocotiledóneas* y las plantas con dos cotiledones, *dicotiledóneas*.

El maíz se presenta como modelo de germinación en las monocotiledóneas. Este modelo se reconoce por una característica: el cotiledón único no emerge de la semilla con la nueva planta.

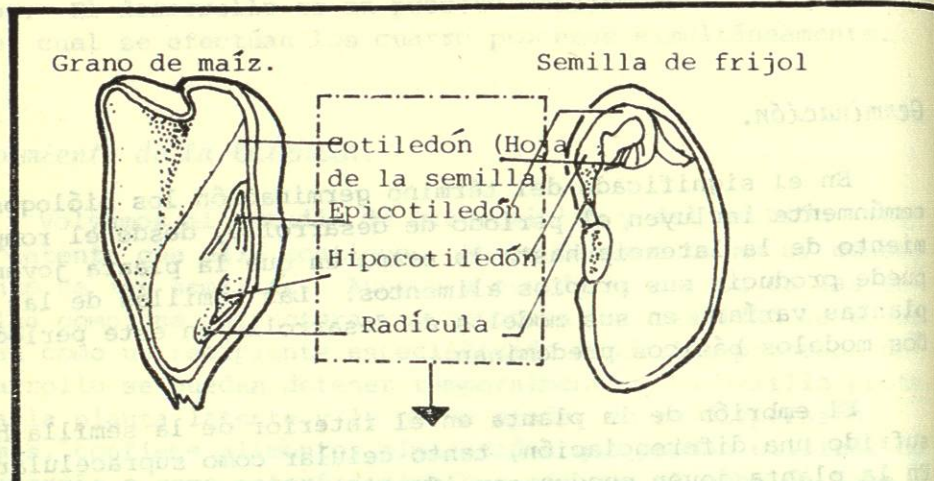


Fig. 21-6 Embrión de la planta de una semilla de frijol y de un grano de maíz.

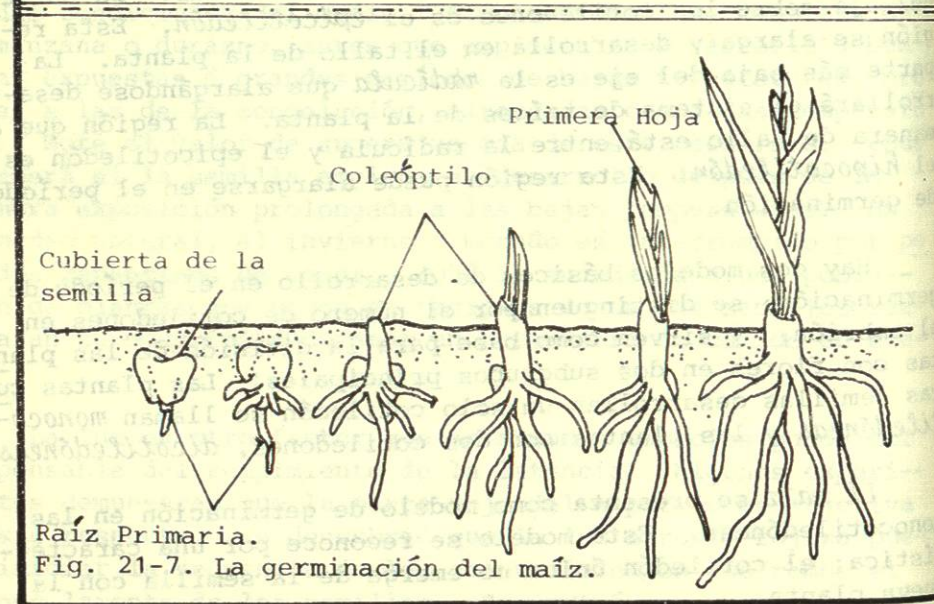


Fig. 21-7. La germinación del maíz.

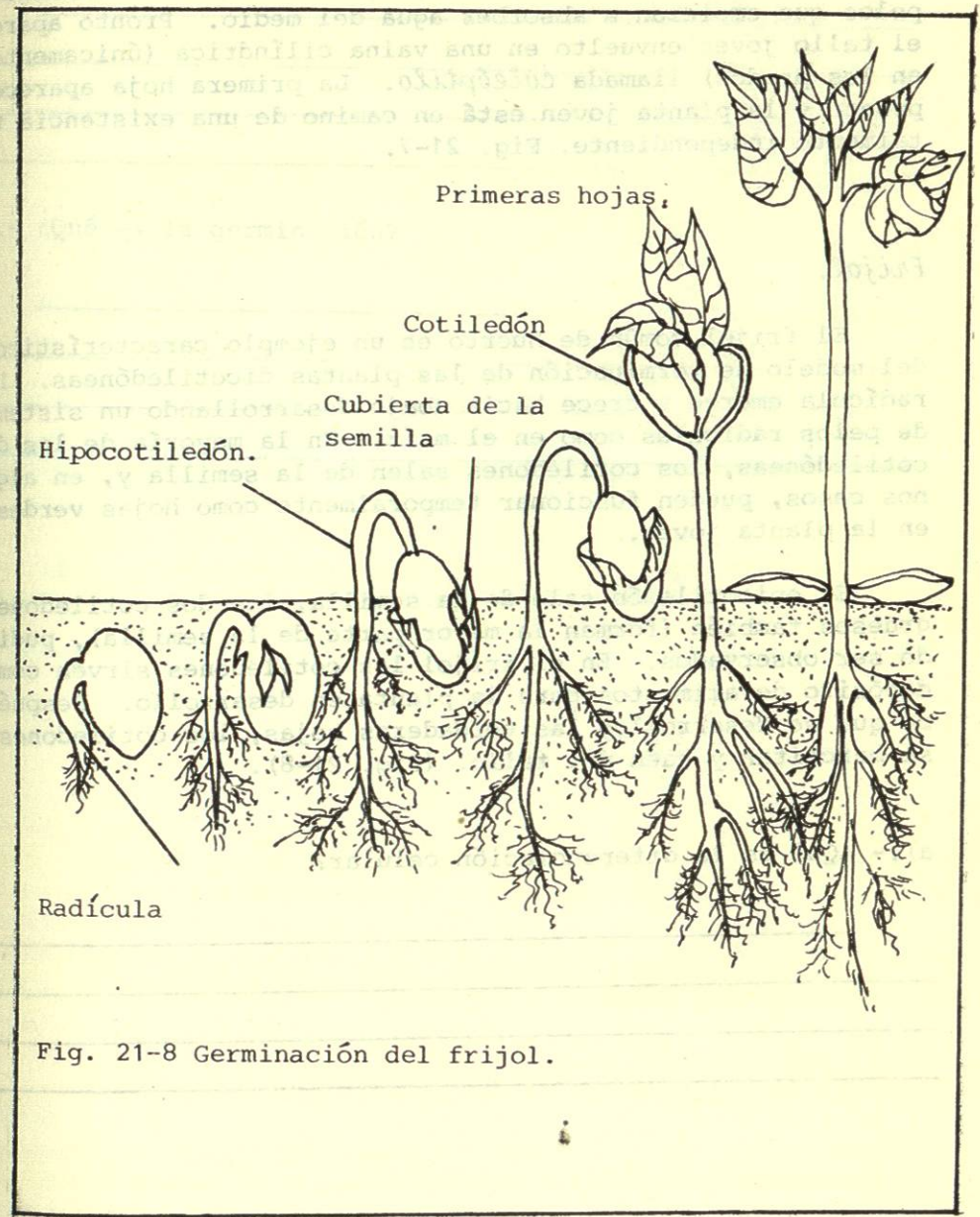


Fig. 21-8 Germinación del frijol.

Los primeros signos visibles de germinación son la ruptura de la cubierta de la semilla y el crecimiento de la radícula, o raíz primaria. Al prolongarse la raíz va desarrollando pelos que empiezan a absorber agua del medio. Pronto aparece el tallo joven envuelto en una vaina cilíndrica (únicamente en los prados) llamada *coleóptilo*. La primera hoja aparece pronto y la planta joven está en camino de una existencia totalmente independiente. Fig. 21-7.

Frijol.

El frijol común de huerto es un ejemplo característico del modelo de germinación de las plantas dicotiledóneas. La radícula emerge y crece hacia abajo desarrollando un sistema de pelos radicales como en el maíz. En la mayoría de las dicotiledóneas, los cotiledones salen de la semilla y, en algunos casos, pueden funcionar temporalmente como hojas verdes en la planta joven.

El epicotiledón sale de la semilla, los dos cotiledones gruesos también (forman la mayor parte de la semilla), pudiendo ser observados. En el frijol los cotiledones sirven como depósito de alimentos para la planta en desarrollo. Después de que se desarrollan las verdaderas hojas, los cotiledones se marchitan y caen del tallo. (Fig. 21-8).

a).- ¿Qué es la diferenciación celular?

b).- ¿Qué es la diferenciación supercelular?

c).- ¿Qué es la germinación?
