

# Ecología y conservación de semillas

CARLOS VÁZQUEZ-YANES\*



**L**as plantas vasculares superiores han desarrollado en el curso de su evolución una estructura reproductiva única en el reino vegetal, que es la semilla. En ésta existen tejidos procedentes tanto de la planta madre como del nuevo individuo formado por reproducción sexual, y además se presenta una cierta cantidad de reservas de alto valor calórico y nutricional que sostendrán las primeras etapas del crecimiento de la nueva planta, por un tiempo mucho más largo que otras estructuras reproductivas de vegetales que antecedieron a las plantas con

semilla; por ejemplo, las esporas. De esta manera, la semilla ha favorecido el que las plantas hayan colonizado y se diversifiquen en todos los ambientes de la corteza terrestre emergida, con casi la sola excepción de los hielos polares y de alta montaña. En la figura 1 se ha sintetizado en forma general el origen ontogénico de las diferentes partes de una semilla, pero esta síntesis no debe hacernos perder de vista que la diversidad de formas, tamaños y estructuras de las semillas es casi tan grande como lo es el número de plantas vasculares superiores. Por ejemplo, el peso de una semilla puede variar en seis órdenes de magnitud, desde las minúsculas semillas de las orquídeas y melastomatáceas hasta las gigantescas de algunas palmas.

\* Centro de Ecología, UNAM.

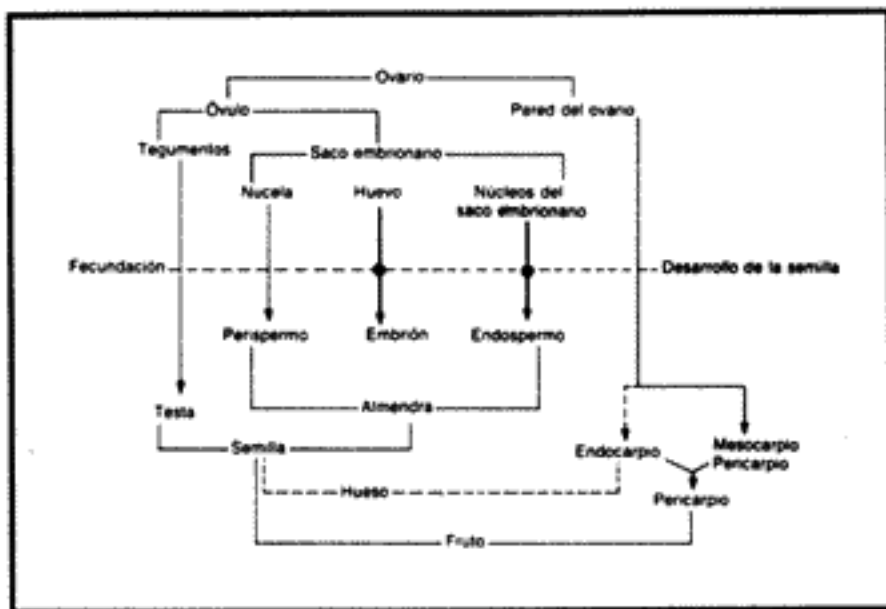


Figura 1. Diagrama que muestra la ontogenia de las diferentes partes de una semilla según el investigador francés Daniel Côme.

Durante el desarrollo del fruto sobre la planta madre, el embrión contenido en la semilla comienza su desarrollo a partir del huevo fecundado del saco embrionario del óvulo; este desarrollo puede llevarlo a formar desde una estructura muy simple de pocas células, en las semillas muy pequeñas, hasta una estructura relativamente compleja en la que ya se adivinan las partes del individuo adulto: hipocótilo (futura raíz), epicótilo (futura copa) y cotiledones (hojas embrionarias), como en las semillas de leguminosas. En un momento genéticamente determinado el desarrollo del embrión se interrumpe, se produce una parcial deshidratación tanto del embrión como de los demás tejidos que componen la semilla y toda la estructura queda lista para que ocurra la separación de la planta madre, es decir, la diseminación.

#### ORIGEN DE LA LATENCIA

La diseminación de las semillas al medio ambiente es un proceso traumático, casi como lo es el nacimiento de un animal. Las semillas de repente quedan separadas del progenitor y frecuentemente desprotegidas de la envoltura de la infrutescencia o fruto, a veces son transportadas a distancia en el interior de animales, sobre su piel, por el viento o por el agua, incluso en algunos casos por el agua del mar. Otras veces la simple gravedad las lleva de la planta a la superficie del suelo. En todo caso, el cambio ambiental es radical y la sobrevivencia del nuevo individuo está en manos del azar, ya que está condicionada a la llegada de éste a un ambiente húmedo y favorable que propicie la reiniciación del crecimiento del embrión, que fue interrumpido en el fruto maduro; pero casi siempre el número de individuos que se establece exitosamente es mínimo en comparación con el número de semillas producidas.

La semilla es un bocado muy estimado por muchos animales, pues contiene reservas de alto valor energético. El mejor ejemplo lo tenemos en la especie humana, cuyo principal alimento son precisamente semillas de diferentes plantas. Por esta razón, desde antes de que la semilla llegue a su lugar de deposición definitiva y ya estando en él, el riesgo que corre de servir de alimento a algún predador es enorme, por lo tanto aquí se establece una gran disyuntiva evolutiva que ha tenido gran importancia en la evolución de muchas de las características fisiológicas y estructurales causantes de la diversificación de las semillas. Dado que casi en cualquier lugar de la tierra se da una alternancia de estaciones favorables (templadas o cálidas y húmedas), y estaciones desfavorables (secas y/o frías) para el establecimiento de las plantas, es el momento de llegada de las semillas al suelo el que ha determinado en el curso

de la evolución, cuál de los dos mayores riesgos que corren las semillas define su comportamiento inmediato. Si el riesgo de ser predado es más grave que el de germinar en un periodo ya próximo a la época desfavorable del año, en la cual el establecimiento de una nueva planta casi seguramente será un fracaso, la tendencia será la germinación rápida; en cambio, si la semilla llega al suelo durante la estación desfavorable o poco antes de que ésta se inicie, la probabilidad de establecimiento en esas condiciones es prácticamente nula, de manera que la sobrevivencia del individuo dependerá de su capacidad para mantenerse en un estado de inhibición del metabolismo e interrupción del desarrollo, llamado latencia o letargo, hasta la llegada de la época favorable para el establecimiento. En este caso el fracaso en la germinación es más importante en determinar el comportamiento de las semillas que el riesgo de predación, y es posible que las semillas presenten alguna defensa contra esta eventualidad.

Otros factores pueden determinar qué tan profunda y larga debe ser la latencia de una semilla para que sea posible la sobrevivencia del individuo; por ejemplo, una semilla dispersada por mar o por algún animal con una digestión larga y lenta requiere de una particular resistencia y aislamiento, determinados por el proceso mismo de diseminación que precede al de establecimiento, de manera que en estos casos la latencia profunda es principalmente una consecuencia del mecanismo de diseminación.

Existen plantas que no se encuentran formando parte de las comunidades maduras de las regiones en que se distribuyen; en lugar de ello constituyen parte de la flora oportunista que se establece en condiciones de disturbio. Los ambientes que quedan denudados de su vegetación original por causas accidentales con frecuencia son colonizados por esa flora oportunista. Lógicamente las plantas que componen esta flora no suelen encontrar las condiciones favorables para el establecimiento al momento de la diseminación, ya que la perturbación ocurre esporádicamente, de manera que aquí también encontramos con frecuencia un predominio de la fisiología "de espera" sobre la fisiología de la rápida germinación en las semillas.

Hemos visto que aunque la diversidad de los mecanismos de latencia y de estructuras en las semillas es enorme, existen básicamente dos tendencias que las determinan: la germinación inmediata o la presencia de una fisiología "de espera", lo que a su vez afecta en gran medida su longevidad potencial, o sea la duración de la vida de las semillas en condiciones óptimas.



Foto: Pablo Ortiz Monasterio.

mas de almacenamiento, característica de la que nos ocuparemos en las siguientes páginas.

### DESARROLLO DEL EMBRIÓN

Cuando la semilla está madurando en el fruto en desarrollo se establecen las condiciones en que se dará la interrupción del crecimiento del embrión, que determinan en gran parte su comportamiento futuro al ser liberada. En un extremo, el crecimiento del embrión no se interrumpe y la semilla germina en el fruto, dando lugar a una plántula vivípara, como ocurre en los mangles de las lagunas costeras (figura 2). Otras plantas no presentan una deshidratación del embrión e incluso éste adquiere pigmentación cloroflica, y las cubiertas de la semilla no se desarrollan o no se cierran totalmente. La interrupción del crecimiento es de muy corta duración, pues éste se reinicia tan pronto como la semilla toca el suelo húmedo, tal como ocurre en muchas leguminosas de las selvas tropicales húmedas y en algunas plantas de pantanos, como el jiniquil y el apompo respectivamente.

En muchas especies de plantas la deshidratación del embrión en la semilla es sólo parcial, no se acumulan en él sustancias inhibitoras del crecimiento (hormonas) y la interrupción del desarrollo dura pocos días o algunas semanas cuando la semilla está en el suelo. En la mayoría de las plantas la deshidratación es relativamente drástica, y a veces puede continuar acentuándose cuando la semilla es liberada a un ambiente muy seco. Además, con frecuencia se acumulan sustancias inhibitoras del crecimiento que alargan la duración del letargo aun en condiciones favorables, o existen mecanismos de latencia determinados por sensores ambientales presentes en la semilla que detectan la presencia de condiciones óptimas de germinación.

### LONGEVIDAD POTENCIAL Y ALMACENAMIENTO

Lo anterior tiene mucha importancia cuando se analiza la utilización de almacenes de semillas como una estrategia para conservar el germoplasma vegetal, particularmente de especies en peligro de extinción, pues la magnitud de la capacidad de deshidratación y letargo, que depende directamente de las características ecofisiológicas en que se da la reproducción de las plantas, determina el grado de éxito del almacenamiento para la conservación de distintas especies.

En 1973 el investigador inglés E. H. Roberts clasificó a las semillas en dos grupos, de acuerdo con su capacidad de almacenamiento. Las semillas que pueden prolongar su longevidad al deshidratarlas y almacenarlas a temperaturas bajas recibieron el nombre de "ortodoxas"; las que mueren al ser deshidratadas por debajo de cierto nivel, conservan cierta tasa respiratoria y no pueden ser almacenadas a baja temperatura, recibieron el nombre de recalcitrantes. Ambos grupos difieren en morfología, fisiología y origen ecológico, y el fundamento básico de esta clasificación es que existen semillas fáciles de almacenar y semillas que no lo son.

Las semillas fácilmente almacenables suelen ser de talla pequeña, y se desprenden de la planta madre con contenidos de humedad relativamente bajos. Durante su maduración la gradual deshidratación celular conduce a un rearrreglo de las macromoléculas y de las membranas, de manera que se preserva la potencialidad de regenerar una estructura celular funcional al rehidratarse los tejidos. Al parecer la disposición del agua subcelular (unida a macromoléculas) juega un papel crucial en este proceso. Cuando estas semillas alcanzan bajos ni-

veles de hidratación —por ejemplo, 5% sobre el peso húmedo— su resistencia a las bajas temperaturas se incrementa notablemente, de manera que es posible prolongar la viabilidad en temperaturas bajo cero grados centígrados. La longevidad depende así del contenido de humedad y de la temperatura, de lo cual resulta que ésta puede prolongarse más y más en relación directa y proporcional a la disminución de la temperatura y/o del contenido de humedad, de manera que en teoría la longevidad podría ser eterna. En estas semillas no existe metabolismo respiratorio y la probabilidad de invasión de microorganismos es mínima o nula cuando están almacenadas en condiciones óptimas (figura 3).

Desde un punto de vista ecológico, las semillas de fácil almacenamiento son características de aquellas especies para las que es importante la persistencia en estado latente en el suelo para la sobrevivencia de los nuevos individuos. Abundan en climas muy estacionales, así como entre las plantas arvenses, pioneras y ruderales y en la vegetación costera. Casi todas las plantas cultivadas herbáceas pertenecen a este grupo, debido probablemente a su origen en la flora oportunista, a partir de la cual fueron inicialmente seleccionadas por el hombre. Entre las plantas cultivadas la única excepción son algunos árboles frutales tropicales y subtropicales.

Las semillas de difícil o imposible almacenamiento tienden a ser grandes y son liberadas con un contenido de humedad alto, con frecuencia superior al 50% del peso húmedo. Presentan siempre cierta tasa respiratoria y es imposible hacer descender su contenido de humedad por debajo de cierto límite sin causar daños irreversibles a la estructura celular, por lo que difícilmente toleran las bajas temperaturas y en el almacén son fácilmente invadidas por hongos y otros microorganismos. Es evidente que durante la maduración del embrión de estas semillas no tienen lugar los importantes rearrreglos macromoleculares que permiten una deshidratación profunda. Son fre-



Figura 2. Plántulas de mangle creciendo en una playa.



Foto: Carlos Galindo.

cuentes entre las plantas leñosas o policárpicas de ambientes de climas húmedos y benignos o en las plantas que producen semillas al principio de la estación favorable para el establecimiento, cuando la germinación inmediata resulta la óptima para la sobrevivencia de los nuevos individuos.

No siempre las semillas de almacenamiento difícil son de germinación rápida, algunas presentan una germinación muy retardada, debido a un proceso de maduración del embrión que requiere de varios meses para completarse. Esto ocurre con frecuencia en las palmas y en otras familias de plantas, pero la condición óptima para la maduración del embrión se da en el suelo mismo y es muy difícil de lograr en medios artificiales.

Hasta aquí hemos visto cómo la longevidad potencial de las semillas en almacén está muy ligada con las características ecológicas de las especies que las producen. Esto nos conduce a replantearnos el análisis de la posibilidad de usar almacenes de semillas como una forma de preservar germoplasma vegetal y también delinear algunos de los problemas de investigación que surgen de esta problemática.

### EL ALMACÉN EN LA CONSERVACIÓN

Un porcentaje importante de las plantas que componen la flora espontánea pueden ser almacenadas con éxito por tiempo prolongado, si se siguen las normas y procedimientos ya bien conocidos en varios bancos de semillas orientados a la conser-



Figura. 3. Los clásicos frascos con semilla presentes en muchos laboratorios distan mucho de ser una forma óptima de almacenamiento.

vación de especies que existen en varios países del mundo. En este caso se encuentran la mayoría de las plantas de zonas áridas, muchas especies herbáceas, arbustivas y arbóreas de zonas montañosas frías y templadas, la mayoría de las plantas ruderales, arvenses, pioneras y epífitas y la gran mayoría de las plantas cultivadas. Para almacenar las semillas de estas plantas se requiere de un almacén bien organizado con una cámara refrigerada que se conserve de  $-10$  a  $-20^{\circ}\text{C}$  y un laboratorio en el que se cuente con un procedimiento de deshidratación y envasamiento de semillas. En este proceso la recolección y la deshidratación de las semillas son las dos etapas más críticas, ya que las semillas deben estar perfectamente maduras y haber alcanzado su nivel de hidratación de dispersión cuando se recolectan. El proceso de deshidratación previo al almacenamiento debe ser continuado a una temperatura relativamente baja y a una velocidad no excesivamente rápida ni lenta, pues en cualquiera de los dos casos puede haber una disminución en la longevidad potencial. La última etapa de deshidratación debe llevarse a cabo ya a la temperatura de almacén y por ello es conveniente almacenar a las semillas en continuidad atmosférica con una sustancia deshidratante. Si se siguen estas reglas y se tiene la organización que permita verificar regularmente la viabilidad de las semillas almacenadas y reponer las muestras conforme se agotan o se intercambian, es posible contar con un medio sumamente útil de apoyo a los programas de repoblación de especies en peligro de extinción.

Para las plantas que producen semillas de difícil almacenamiento la situación es muy diferente, ya que aun utilizando los procedimientos de prolongación de la longevidad que muchos autores preconizan, como la deshidratación parcial, el almacenamiento individualizado con ventilación a temperatura relativamente baja, etc., difícilmente se puede prolongar la longevidad por más de un año, de manera que el almacén de semillas en este caso no juega un papel importante en la conservación. Es posible que ahondando más en la fisiología y el conocimiento de la ultraestructura de estas semillas se puedan detectar algunos de los aspectos críticos que conducen a la muerte de la semilla y contrarrestarlos con algunos tratamientos; por ejemplo, protectores de membrana, modificadores de la presión osmótica, sustancias reguladoras del crecimiento, ultracongelación, etc., pero la investigación de estos procedimientos aún está en una etapa incipiente.

Para la conservación de las plantas con semillas de difícil almacenamiento la mejor estrategia es la conservación de las comunidades de las que forman parte, ya que cualquier otro procedimiento no garantiza su preservación.

De hecho lo ideal es preservar al menos una muestra representativa de todas las comunidades naturales de los diversos ecosistemas de la tierra; sin embargo, en muchos casos esto se antoja como una batalla perdida; es por ello que las investigaciones sobre la longevidad potencial de las semillas, así como de otros propágulos de las plantas (esporas, yemas, etc.) cobran día a día mayor importancia y premura.<sup>24</sup>

### LECTURAS COMPLEMENTARIAS

- Chin, H. F. y E. H. Roberts (editores). 1980. *Recalcitrant seed crops*. The Tropical Press, Kuala Lumpur.
- Koslowski, T. T. (editor). 1972. *Seed Biology*, 3 volúmenes. Academic Press, Nueva York.
- Priestley, A. D. 1986. *Seed Aging*. Comstock, Cornell Univ. Press, Ithaca N. Y.
- Vázquez-Yanes, C. y J. R. Toledo. 1989. Bases ecofisiológicas de la conservación de semillas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 49 pp. 61-69.