

La deseccación del ambiente y el estrés hídrico en semillas

doi:10.25009/pc.v1i7.315

Candelaria Garcias Morales y
Lázaro Rafael Sánchez Velázquez



La posibilidad de germinación y la perpetuación de que las espermatofitas (plantas con semillas) germinen y sigan existiendo, depende de cuán bien sus semillas aguanten el calor y la sequía posterior a la dispersión. El propósito del presente texto es examinar el efecto del cambio climático sobre la desecación de semillas y su germinación, abordando los procesos de restauración pasiva y activa y su relación con los bancos de semillas del suelo, así como la relación que guardan la desecación de las semillas y la seguridad alimentaria.

Contexto a considerar

En muchas regiones del mundo se prevé un clima cada vez más cálido, con largas sequías y escasez, principalmente debido al efecto del cambio climático, puesto que este afecta significativamente la producción mundial de alimentos y la distribución de los organismos, convirtiéndose en una situación desafiante para la humanidad. Otro reto es el cómo solucionar los efectos que resultan de las actividades humanas cambiantes y transformadoras de la vegetación nativa para el aprovechamiento y producción de alimentos. Se estima que, para el año 2050, el mundo necesitará producir el doble de alimentos que lo generado en el 2000, con la misma cantidad de tierra y con menos agua (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2020). Actualmente, los bosques han sido fuertemente afectados, donde factores ambientales extremos y actividades agrícolas tienen diferentes grados de antagonismo, dificultando la restauración pasiva en áreas deforestadas (IPCC, 2023).

Ante el panorama actual, la semilla es la clave para la renovación y perpetuación de la mayoría de plantas.

Todo comienza con un óvulo maduro de una flor que se convierte en una semilla llena de información, transmitida de la planta progenitora. Cuando la semilla germina, el embrión crece, mediante el uso de reservas de alimento (carbohidratos, proteínas y lípidos) que se encuentran en estructuras como endospermo, cotiledón o perisperma, hasta que se convierte en una planta lista para alimentarse mediante la fotosíntesis y nutrientes del suelo. ¡Ciertamente, las semillas son los pequeños paquetes de potencial genético que viajan a través del tiempo y el espacio, debido a que son la unidad móvil de la planta! (Matilla, 2008).

La capacidad de germinación y el éxito de la perpetuación de las plantas están determinados, entre otros

factores, por la habilidad de las semillas para tolerar el estrés térmico e hídrico en los sitios de dispersión (Sáenz Romero *et al.*, 2016). Un ligero aumento en la temperatura o una pizca menos de humedad pueden alertar a las semillas, perjudicando su germinación y supervivencia, además de convertirlas en un festín para los insectos (Fenner & Thompson, 2005) y en un campo de competitividad por recursos con otras plantas.

A causa del efecto alterando la humedad y la temperatura, los biomas se encuentran en una especie de danza espacial: algunos retroceden, otros se expanden; algunos se achican y otros, se despiden (Sáenz Romero *et al.*, 2016). Entonces, debido al entorno cambiante, las zonas secas en todo el mundo han aumentado notablemente en comparación con años anteriores; por ello, la investigación sobre cómo las plantas manejan el estrés hídrico se ha vuelto crucial nunca. El contenido de humedad y la temperatura son las variables más importantes en la conservación de semillas (Fenner & Thompson, 2005).

Importancia de las semillas

Entre los diferentes tipos de vegetación, para muchos animales silvestres las semillas sobsu alimento principal, además de una fuente de agua. Son un recurso necesario, tanto como alimento para la dieta humana como para diversos animales domésticos. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) reporta que 30 especies de plantas son los cultivos que alimentan al mundo. Solo cinco cereales (arroz, trigo, maíz, mijo y sorgo) proporcionan el 60% del aporte calórico de la población mundial. De manera directa o indirectamente, el consumo por semillas es de 80% en la nutrición humana (FAO, 2024).

La seguridad de muchos alimentos se basa en la seguridad de las semillas.

Desde el punto de vista ecológico, la semilla es definida como el principal resultado de los órganos reproductivos (el gineceo, es la parte femenina de la flor y consta de tres segmentos: estigma, estilo y ovarios; el androceo representa la parte masculina de la flor y está constituido por filamento y antera) de la gran mayoría de las plantas terrestres y acuáticas. Después de que el embrión y los órganos de almacenamiento de la semilla terminan su formación y crecimiento (“madura”), sigue la diseminación (dispersión), ya sea por medio de agentes físicos (viento, corriente de agua y gravedad) o biológicos (insectos, mamíferos, aves, peces y reptiles).

Las semillas se enfrentan a factores ambientales que afectan la germinación y que son determinantes: temperatura, contenido de humedad, lluvia, concentración de oxígeno, dióxido de carbono, luz, etileno, inhibidores volátiles de la germinación y alelopatía; incluso influirán en si pasarán a una etapa de dormición (las semillas que son incapaces de germinar, aun cuando se presentan las condiciones favorables) o morirán (Bareke, 2018).

Para que la semilla cumpla con su objetivo de perpetuar, expandir su distribución o evolucionar la planta, es necesario que el embrión se transforme en una plántula, capaz de valerse por sí misma mediante mecanismos metabólicos y morfogenéticos, conocidos como proceso de germinación.

El proceso de germinación está constituido por tres fases:

- 1) Absorción o imbibición de agua por la semilla. En esta fase la semilla incrementa su tamaño como resultado de la absorción de agua;
- 2) Activación del metabolismo mediante el proceso de respiración, se sintetizan proteínas y ocurre la movilización de sustancias de reserva y
- 3) Elongación del embrión y ruptura de la cubierta (testa), a través de la cual se observa la salida de la radícula (Matilla, 2008).

Es indispensable las semillas tengan una buena respuesta en las condiciones de siembra y que produzcan plántulas vigorosas, para alcanzar su máximo rendimiento. La semilla de buena calidad representa el insumo estratégico que permite sustentar las actividades agrícolas, contribuyendo a mejorar su producción en términos de calidad y rentabilidad. Por tal motivo, en México se encuentran tres Centros de Conservación de Semillas Recalcitrantes (CC-SR) y Árboles Perennes, donde se resguardan 37 colecciones de campo de especies que producen semilla recalcitrante como las siguientes: aguacate, chayote, cacao, guanábana, saramuyo, ciruela, orquídeas, agaves, echeverias, cactáceas, vid, papaya, camote, yuca, tigrídias, bromelias, nopal, nogal y tejocote (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2020).

Cambio climático

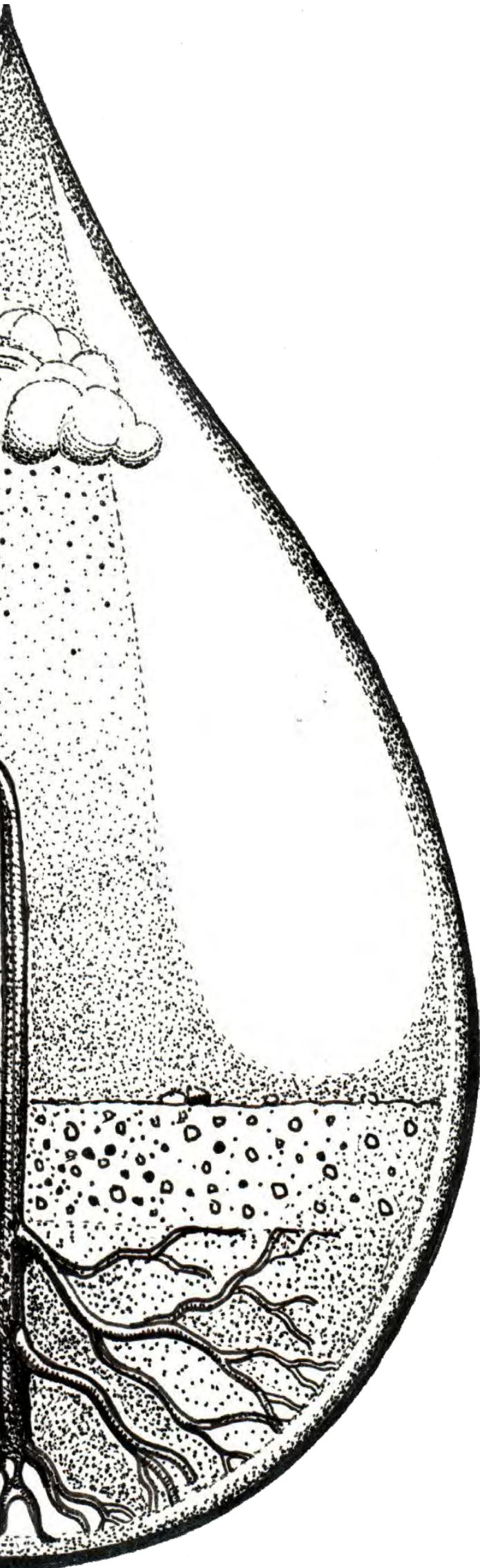
Las proyecciones sobre el cambio climático global, estiman un incremento de la temperatura de entre 1.8 a 4.0 °C (IPCC 2023), fenómeno que altera el crecimiento y provoca cambios en la productividad de muchas especies de flora. Los cambios en los diferentes parámetros climáticos y el aumento de la concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO₂), influyen en la fotosíntesis y tienen efectos sobre el crecimiento, el desarrollo de toda la vegetación y los cambios de distribución. Los cambios de la distribución podrían llevar a la extinción local de algunas especies a causa de la desaparición progresiva de condiciones adecuadas para su desarrollo (Sáenz Romero *et al.*, 2016).

El cambio climático es uno de los desafíos más apremiantes de la humanidad en cuanto a su seguridad alimentaria, principalmente en lo concerniente a las plantas cultivadas y a sus semillas.

Las temperaturas extremas y fluctuantes, resultado del cambio climático, están acentuando la propagación de plagas; creando condiciones favorables para que ocurra, así como la presencia de enfermedades en zonas donde no ocurría.

El cambio climático ayuda a expandir la zona de presencia de plagas como las siguientes: roya del café, tizón tardío en papa, fusariosis, gusano cogollero del maíz, mosca de las frutas, mildiú de la vid, entre otras. En la agricultura existe una urgente necesidad de desarrollar cultivos resistentes capaces de soportar el déficit hídrico, temperaturas extremas, enfermedades y plagas (IPCC, 2023; FAO 2024).

En el año 2020, en México, se reportaron 44 instituciones involucradas en la conservación de especies sensibles a la desecación, de las cuales 50% se encuentran en el centro sur del país. Actualmente ahí se resguardan 243 géneros, con un total de 9,734 accesiones. Dada la importancia de los géneros frutícolas en la alimentación y la agricultura, resaltan 26 géneros conservados, una estrategia de gran interés comercial que presenta semillas sensibles a la desecación, siendo los principales géneros: *Annona* (anonas), *Carica* (papayas), *Crataegus* (tejocotes), *Ipomoea* (camotes), *Opuntia* (nopales), *Persea* (aguacates), *Stenocereus* (pitayas), *Hylocereus* (pitahayas) y *Vitis* (vid), entre otras (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2020).



Efecto del estrés hídrico en las semillas y su germinación

La germinación depende principalmente de la disponibilidad de agua en el medio (Bareke, 2018), clave para iniciar para activar el metabolismo y el crecimiento de las células vivas de los tejidos de las semillas.

En condiciones de estrés hay una disminución de la disponibilidad de agua por la caída del potencial hídrico, lo que ocasiona afectaciones drásticas en los porcentajes y las tasas de germinación.

Si el contenido interno de humedad de la semilla se encuentra por debajo del contenido crítico de humedad, la semilla se deteriora en el suelo, incluso hasta su descomposición (Fenner & Thompson, 2005).

El conocimiento detallado de los mecanismos de desecación puede generar estrategias para la restauración de hábitats y orientar la gestión de bancos de germoplasma de árboles y de plantas con semillas comestibles. El estrés hídrico retrasa la germinación y puede llevar a la muerte de la semilla, el crecimiento de la planta se ve afectado debido a la pérdida de turgencia, dificultando la emergencia y afectando a la plántula, desencadenando en un establecimiento deficiente (Tweddle *et al.*, 2003).

En plantas ya adultas, el estrés hídrico afecta a sus funciones vitales y procesos fisiológicos como actividad fotosintética, bajas defensas contra depredadores, exposición a sufrir ataques de plagas, disminución de la síntesis de proteínas totales, a las tasas de crecimiento y enfermedades. Los cultivos sometidos a estas condiciones presentan problemas de vigor, además de una significativa reducción en la producción, calidad de la semilla, tamaño y turgencia de los frutos y las hojas. Para las especies de cultivo, prevenir o minimizar la pérdida de vigor durante el almacenamiento es fundamental para la producción en las temporadas posteriores.

El acondicionamiento de las semillas catalogadas como ortodoxas, consiste en sumergir las semillas en agua o productos químicos durante un determinado periodo (1 a 24 h), como soluciones osmóticas (se aplica a las semillas antes de envasarlas con el

objetivo de mejorar su germinación), seguido de la deshidratación. Estas medidas se utilizan comercialmente para aumentar el vigor de las semillas (Dadlani & Yadava, 2023).

Sensibilidad a la desecación

De acuerdo con Roberts (1973), las semillas se dividen en ortodoxas y recalcitrantes. Las ortodoxas adquieren la capacidad de tolerar la desecación a través de cambios celulares, fisiológicos y bioquímicos antes de ser liberadas de la planta parental. Esta etapa les permite alcanzar un rango de humedad de 1 a 5% sin presentar daños irreversibles. Dada esta característica, las semillas pueden ser almacenadas durante largos periodos en bóvedas frías y secas.

Las semillas recalcitrantes son descritas como semillas sensibles a la desecación; no pasan por desecación y son liberadas al ambiente con contenidos de humedad relativamente altos (25 a 45%). Su susceptibilidad y vulnerabilidad al daño por desecación dificulta su almacenamiento, mientras que su alto contenido de humedad las hace sensibles al daño por congelamiento.

La sensibilidad a la desecación varía entre las especies y los hábitats, lo que influye en la viabilidad y la germinación de las semillas. Este rasgo es frecuente en ambientes húmedos y no estacionales, donde 31% de las semillas no latentes presentan este rasgo, mientras que los hábitats áridos (1 a 3%) tienden a favorecer a semillas tolerantes a la desecación (Tweddle *et al.*, 2003).

Las plántulas de semillas tolerantes a la desecación son, en gran medida, especies cultivadas; sin embargo, posterior a la germinación muchas de estas especies pierden la capacidad de tolerancia a la desecación, ya que las plántulas resultantes de la germinación necesitan requerimientos específicos de agua, nutrientes, temperatura y sombra (muchas veces proporcionados por el agricultor) para continuar con su ciclo (Dadlani & Yadava, 2023).

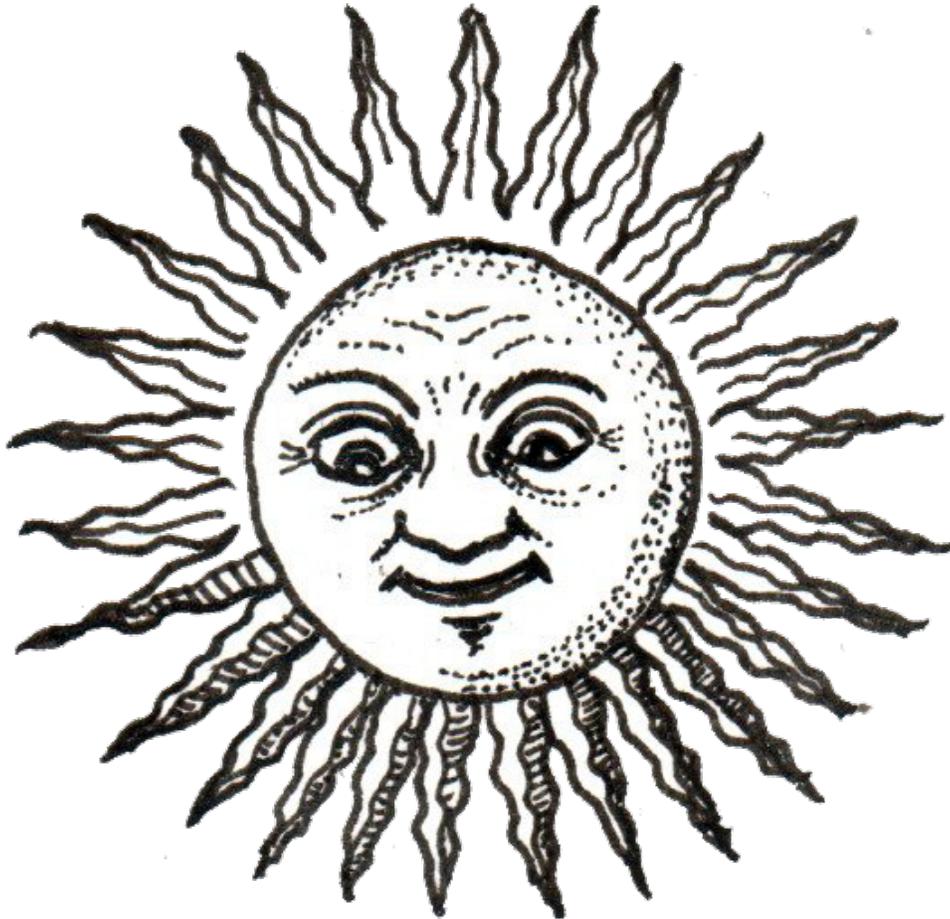
La sensibilidad a la desecación de las semillas se correlaciona positivamente con el contenido inicial de agua, la masa de semillas y el tipo de hábitat. Se puede decir que las semillas sensibles a la desecación se han adaptado a entornos con estaciones de lluvias abundantes y constantes. Esta adaptación sugiere una disminución de la presión de selección en lo que respecta a la tolerancia a la desecación (Bareke, 2018).

Aunque son poco frecuentes en ambientes secos, existen plantas con semillas sensibles a la desecación (1 a 3%); la germinación rápida y el momento de dispersión reducen la probabilidad de que las semillas se sequen (Roberts, 1973; Tweddle *et al.*, 2003). Sin embargo, con el termómetro subiendo y la humedad bajando, la germinación sucede de prisa y, en consecuencia, aumenta la presión selectiva en las etapas de establecimiento y sucesión (IPCC 2023), por lo que la dependencia de las semillas sensibles las hace vulnerables, resaltando su fragilidad ante la pérdida de humedad, lo que impacta en la regeneración natural y la composición de nuestros bosques en un clima cambiante (FAO, 2022).

El conocimiento de los rasgos de germinación, como la dormición y la capacidad de germinar bajo condiciones de estrés, permite predecir el comportamiento de las semillas e incluso los nichos de germinación de un ecosistema.

Conclusión

Esperamos que este texto contribuya a comprender los procesos de restauración de los bancos existentes de semillas del suelo, su grado de sensibilidad y la seguridad alimentaria. El cambio climático, la desecación del ambiente y el estrés hídrico en semillas son fenómenos crecientes y altamente relacionados, de ahí la urgencia de contar con más proyectos de investigación enfocados a mitigar los factores adversos que comprometan nuestra seguridad alimentaria.



Referencias

- Bareke, T. (2018). Biology of seed development and germination physiology. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 8(4), 336-346.
- Dadlani, M. & Yadava, D. K. (2023). *Seed Science and Technology: Biology, Production, Quality*. Springer Nature.
- Food and Agriculture Organization (2024). *Perspectivas Alimentarias: Resúmenes de mercado. Roma Italia*. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd2808es>
- Food and Agriculture Organization (2022). *FAO Strategy on Climate Change 2022–2031*. Rome
- Fenner, M. & Thompson, K. (2005). *The ecology of seeds*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2023). Sections. En *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H. Lee & J. Romero (eds.)). doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
- Matilla, A. J. (2008). Desarrollo y germinación de las semillas. En *Fundamentos de fisiología vegetal*, 2, 549.
- Roberts, E. H. (1973). Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and technology*, 1, 499-514.
- Sáenz Romero C., Lindig Cisneros R. A., Joyce D. G., Beaulieu J., Clair J. & Jacquish B. C. (2016). Assisted migration of forest populations for adapting trees to climate change. *Revista Chapingo*, 22(3), 303-323.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2020). Informe Nacional Sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México.
- Tweddle, J. C., Dickie, J. B., Baskin, C. C. & Baskin, J. M. (2003). Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. *Journal of Ecology*, 91(2), 294-304.