



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i66.689>

Artículo

## Hongos en semillas de *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. almacenadas bajo dos humedades relativas

## Seed fungi of *Pinus montezumae* Lamb. and *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. stored under two relative humidities

Merari Sujey Vázquez López<sup>1</sup>, Mario Ernesto Vázquez Badillo<sup>1\*</sup>, Adriana Antonio Bautista<sup>2</sup> y Arturo Mancera Rico<sup>1</sup>

### Abstract

Fungi develop upon pine seeds during storage, and deteriorate their quality. The objective of this study was to identify the fungal genera that are associated with the seeds of *Pinus montezumae* and *P. greggii* in two relative humidities (HR). They were stored at 60 and 80 % RH at 5 °C. The samplings were made for 180 days. Seed moisture content (HS), fungal free seeds (SLH) were assessed and fungal genera (GH) were identified by colony morphology. In HS and SLH, a completely randomized experimental design was applied and a comparison of means was made. All sources of variation were significant. The mean HS per species was 9.59 and 12.37 % and SLH of 64.52 and 69.28 % for *P. greggii* and *P. montezumae*, respectively. In the *P. greggii* seed stored at 60 HR, HS was 7.97 %, with 66.19 % in SLH and at 80 HR, 11.21 % and 62.85 % in SLH. For *P. montezumae* at 60 HR, the HS was 10.21 % and 71.42 % in SLH; at 80 HR, HS was 14.53 % and 67.14 % in SLH. The GH identified promote the deterioration of the seeds; they were: *Alternaria* sp, in *P. greggii* at 60 HR it was not observed, *Penicillium* sp. increased and predominated after 120 days, *Fusarium* sp. was constant; *Aspergillus* sp. and *Rizhopus* sp., appeared sporadically

**Key words:** Storage, quality, fungi, relative humidity, *Pinus* spp., seed.

### Resumen

Las semillas de pinos durante su almacenamiento pueden presentar hongos que deterioran su calidad. El objetivo de la presente investigación consistió en identificar los géneros fúngicos que se asocian a las semillas de *Pinus montezumae* y *P. greggii* en dos humedades relativas (HR). Se les almacenó a 60 y 80 % de HR a 5 °C. Los muestreos se hicieron durante 180 días. Se evaluó el contenido de humedad de semilla (HS), las semillas libres de hongos (SLH); y se identificaron los géneros de los hongos (GH) por la morfología de sus colonias. En HS y SLH se aplicó un diseño experimental completamente al azar y se hizo una comparación de medias. Todas las fuentes de variación fueron significativas. La HS media por especie fue de 9.59 y de 12.37 %; la SLH de 64.52 y 69.28 % para *P. greggii* y *P. montezumae*, respectivamente. En la semilla de *P. greggii* almacenada a 60 HR, la HS fue de 7.97 %, con 66.19 % en SLH y a 80 HR, de 11.21 % y 62.85 % en SLH. Para *P. montezumae* a 60 HR, la HS fue de 10.21 % y de 71.42 % en SLH; a 80 HR, la HS fue de 14.53 % y 67.14 % en SLH. Los GH identificados que promueven el deterioro de las semillas fueron: *Alternaria* sp, que en *P. greggii* a 60 HR no se observó; *Penicillium* sp incrementó y predominó a partir de los 120 días; *Fusarium* sp. fue constante; de forma esporádica se presentaron *Aspergillus* sp y *Rizhopus* sp.

**Palabras clave:** Almacenamiento, calidad, hongos, humedad relativa, *Pinus* spp., semilla.

Fecha de recepción/Reception date: 19 de noviembre de 2020

Fecha de aceptación/Acceptance date: 5 de mayo de 2021

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas. México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Fitomejoramiento. México.

\*Autor para correspondencia; correo-e: marioe.vazquez@hotmail.com

## Introducción

La restauración de bosques degradados y tierras agrícolas se ha convertido en un aspecto principal de la conservación global (Christin *et al.*, 2016). Varios países desarrollan métodos de preservación de semillas de especies forestales con la finalidad de mejorar su adaptación, crecimiento y calidad (Skrøppa y Fjellstad, 2017). *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. son especies prioritarias de los bosques de coníferas en México pues revisten gran importancia económica, ecológica y social (Conafor-FAO, 2011). Además, la segunda es endémica de Norte América y está catalogada en estatus de vulnerabilidad según la *International Union for the Conservation of Nature* (Conabio, 2018).

Para la familia *Pinaceae*, la semilla es el principal recurso de propagación. Sin embargo, durante su almacenamiento diversos factores causan su deterioro: su contenido de humedad, la humedad relativa y la temperatura del ambiente (Wang y Beardmore, 2004). Otros agentes que favorecen el daño a dichas estructuras son los organismos vivos (Arguedas, 1997) como: hongos, bacterias, virus, nematodos y artrópodos; de ellos, los hongos son el grupo de patógenos de mayor transmisión, se desarrollan en la superficie, en su interior o en ambas partes y se propagan por medio de diferentes formas, como esporas y esclerocios (Neegaard, 1977).

La información sobre los patógenos asociados a las semillas forestales almacenadas es escasa, y los hongos resultan de interés porque los daños que ocasionan repercuten en su posterior establecimiento. Con base en lo anterior, se plantearon como objetivos identificar y cuantificar los géneros de hongos asociados a las semillas almacenadas de *Pinus montezumae* y *Pinus greggii* bajo dos condiciones de humedad relativa.



## Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, en junio de 2018. Las semillas de pino prieto (*Pinus greggii*) y pino real (*Pinus montezumae*) recolectadas en los municipios de Metepec y Calimaya respectivamente, en el Estado de México fueron proporcionadas por la Comisión Nacional Forestal (Conafor).

Se tomó una muestra representativa de un kilogramo en cada lote; por especie se utilizaron cuatro repeticiones de 50 semillas por humedad relativa (60 y 80 %) y para cada muestreo, los que se llevaron a cabo a los 0, 30, 60, 90, 120, 150 y 180 días. Las semillas se colocaron en bolsa de malla y se suspendieron sobre una tarima dentro de recipientes de plástico, para que durante el tiempo de almacenamiento las semillas no tocaran directamente las soluciones. Las humedades relativas (HR) se obtuvieron con sales según Winston y Bates (1960); para 60 % de HR, se colocó 1.5 kg de sal de grano para los muestreos dos (30 días) y tres (60 días); mientras que, para los muestreos del cuatro al siete (90 a 180 días) se usaron 2.0 kg. Para 80 % HR, se agregó 0.5 kg de sal más 1 L de agua para los primeros dos muestreos y 1.1 kg más 2 L de agua para los muestreos del cuatro al siete.

El material así tratado, se almacenó en una cámara de enfriamiento marca *Torrey* modelo CV-32 a temperatura constante de 5 °C. Las variables evaluadas fueron: contenido de humedad de la semilla (HS), que se calculó con base en ISTA (2004) con 15 semillas en promedio por cada repetición; las semillas se pusieron en cajas de aluminio con tapa, previamente pesadas; enseguida se pesaron las cajas con la semilla húmeda y se colocaron dentro de una estufa de secado *SHEL-LAB* modelo FX14-2, a 103 °C por 16  $\pm$ 1 horas; posteriormente, se pesaron las cajas después del secado. Para todas las mediciones se utilizó una balanza analítica marca *OHAUS* modelo AV264. La HS se calculó por diferencia de peso y se expresó en porcentaje.

La identificación y cuantificación de géneros de hongos (GH) y semillas libres de hongos (SLH), se realizó mediante la técnica de crecimiento en medio de cultivo Malta Sal Agar (Moreno, 1988). Se utilizaron 10 semillas con cuatro repeticiones por muestreo, mismas que se desinfectaron con NaClO al 0.5 % para *P. greggii* y al 1.0 % para *P. montezumae*, durante 1 minuto para ambas especies; las diferencias en la concentración de NaClO se debe a que el tegumento de *P. greggii* es más delgado y sensible al hipoclorito de sodio, con respecto a *P. montezumae*. A continuación se hizo la siembra dentro de una campana de flujo laminar marca ALDER, con 10 semillas por caja Petri; posteriormente, se les depositó en una cámara de incubación marca *SHEL-LAB* modelo FX14-2 a temperatura de 28 - 30 °C, por 7 días. Los GH se identificaron por la morfología de sus colonias con las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1998) y Moreno (1988). Para SLH se cuantificaron las semillas que no desarrollaron micelio y se registraron en porcentaje. La incidencia (I) de GH para los dos taxones de pino, se calculó mediante la siguiente fórmula (Abdullah y Al-Mosawi, 2010):

$$I \% = \frac{\text{Cantidad de semillas en las que apareció el hongo}}{\text{Número total de semillas}} * 100$$

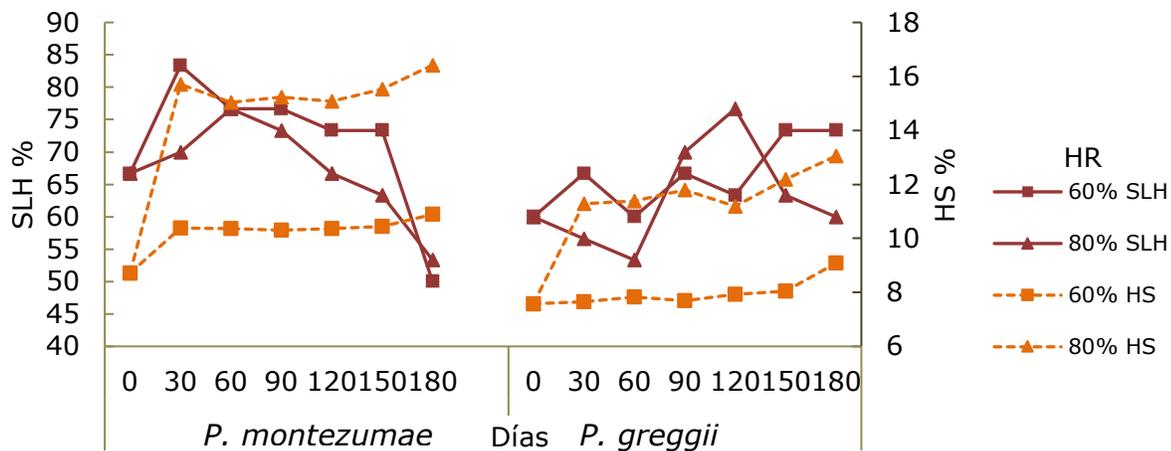
Se aplicó un diseño experimental completamente al azar para humedad de semilla y semillas libres; se llevó a cabo una comparación de medias de *Tukey* ( $P < 0.05$ ), con el paquete estadístico SAS (2002).

## Resultados

El análisis de varianza mostró que para las fuentes de variación analizadas: especie, humedad relativa y tiempo hubo significancia de 0.01. Para HS por especie, *P. montezumae* registró una media de 12.37 %, lo que fue estadísticamente diferente a *P. greggii* con 9.59 %; en SLH, *P. montezumae* obtuvo los mayores valores, con 69.28 %, en comparación con *P. greggii* (64.52 %). La menor HS se determinó bajo la

condición de 60 HR, *P. montezumae* presentó 10.21 % y *P. greggii* 7.97 %; para 80 HR, se incrementó para la primera especie (14.53 %) y para la segunda, 11.21 % de humedad de la semilla. En cuanto las semillas libres de hongos, en la condición de 60 HR *P. montezumae* registró 71.42 % y *P. greggii* 62.85 % y para el ambiente de 80 HR, el primer taxón, 67.14 % y el segundo, 66.19 %.

Durante el tiempo de almacenamiento, la HS fue similar para ambas especies. En *P. montezumae* bajo la condición de humedad relativa al 60 %, se observó la menor HS a los 0 días (8.72 %); al 80 HR la mayor HS fue a los 180 días (16.42 %). Con respecto a SLH, el porcentaje más alto se identificó a los 30 días en condiciones de 60 HR y, en 80 HR, a los 60 y 90 días (76.66 y 73.33 %). El comportamiento de *P. greggii* fue similar, ya que a los cero días bajo 60 HR se obtuvo el valor de HS más bajo (7.58 %); para SLH fue a los 120 días a 80 HR con el valor más alto (75.6 %), mientras que a 60 HR los valores más destacados se observaron a los 150 y 180 días con 73.72 %. Para ambas especies, la mayor HS se alcanzó a los 180 días en las dos condiciones de humedad relativa: *P. greggii* 9.08 y *P. montezumae* 13.06 %; finalmente, para SLH no hubo diferencias significativas entre las dos condiciones de humedad relativa (Figura 1).

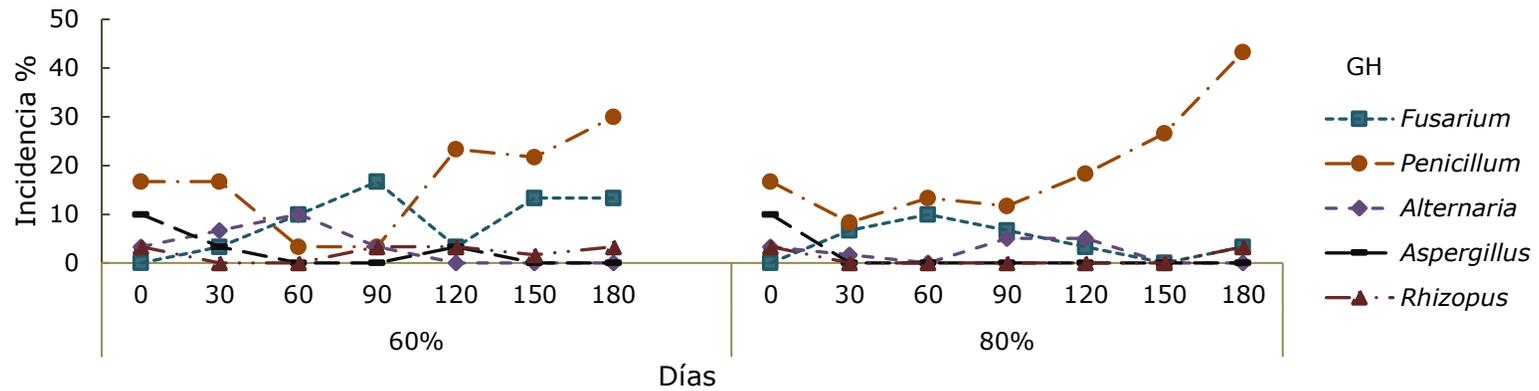


**Figura 1.** Respuesta de *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus greggii* Engelm. ex Parl., la humedad de la semilla (HS) y semillas libres de hongos (SLH) durante 180 días de almacenamiento a 60 y 80% de humedad relativa (HR).

Los géneros de hongos presentes en ambas especies y humedades durante el almacenamiento fueron *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Alternaria* sp., *Rizhopus* sp. y *Aspergillus* sp.; sin embargo, este último no se manifestó en *P. greggii* al 60 % de HR. Al inicio del almacenamiento, la cantidad y variabilidad de géneros fue mayor, pero, al finalizar los muestreos *Penicillium* sp. fue predominante.

En *P. montezumae* al 60 % de HR, *Penicillium* sp. presentó incidencias de 30 % a los 180 días; y la máxima de *Fusarium* sp. fue a los 90 días (16.7 %). *Alternaria* sp. y *Aspergillus* sp. disminuyeron hasta 0 %, en cambio *Rizhopus* sp. se mantuvo hasta los 180 días (Figura 2a). Al 80 % de HR, *Penicillium* sp. dominó con una incidencia de 8.33 a 43.3 %, en cambio *Fusarium* sp. se verificó hasta el último muestreo; mientras que *Aspergillus* sp. al día 0 se mostró con 10 % y *Rizhopus* sp con 2.33 % (Figura 2).



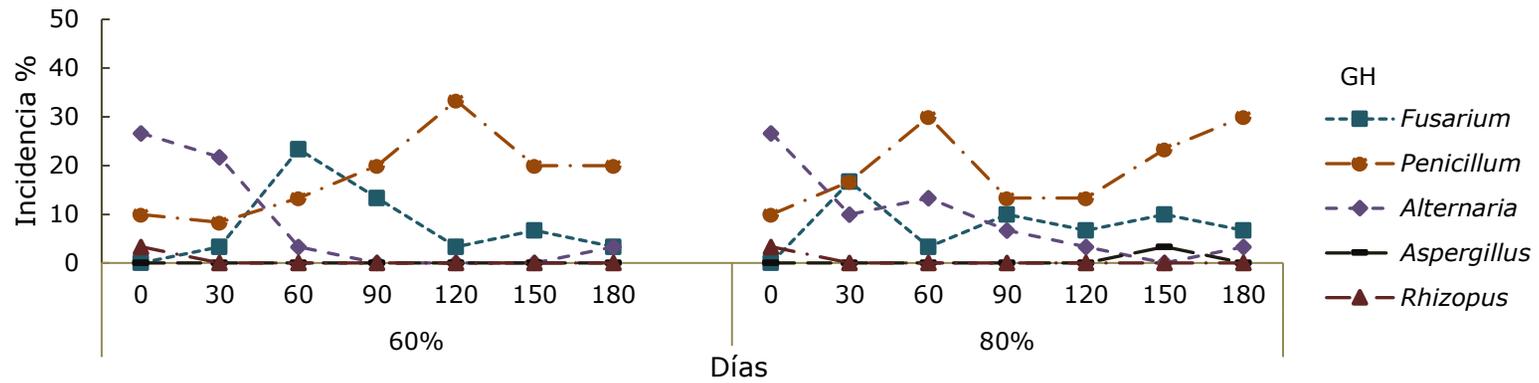


**Figura 2.** Porcentaje de incidencia de diferentes géneros de hongos (GH) en semillas de *Pinus montezumae* Lamb. durante 180 días de almacenamiento a 60 y 80 % de humedad relativa.



La incidencia de hongos en *P. greggii* fue similar a la de *P. montezumae*, a los 0 días *Alternaria* sp. dominó con 27 % (Figura 3), pero disminuyó con el paso del tiempo. *Fusarium* sp. estuvo presente durante todo el almacenamiento. A la humedad relativa de 60 %, su máxima incidencia fue a los 60 días (23.3 %) y a la HR de 80 % a los 30 días fue de 16.7 %; *Rizhopus* sp. solo se presentó al inicio del experimento En el ambiente de 60 % de HR no se detectó *Aspergillus* sp., y la incidencia de *Penicillium* sp., fue mayor a 120 días con 33 %. En el ambiente de 80 % de HR el mayor incremento de *Penicillium* sp. fue de 30 % a 60 y 180 días, mientras que *Aspergillus* sp. solo se observó a los 150 días con 3.33 %.





**Figura 3.** Porcentaje de incidencia de diferentes géneros de hongos (GH) en semillas de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. durante 180 días de almacenamiento a humedad relativa del 60 y 80 %.



## Discusión

La HS está en función directa de la humedad relativa y la temperatura del ambiente. Al tener la capacidad de perder o ganar humedad de acuerdo a las condiciones ambientales (Delouche, 1972), *P. montezuma* y *P. greggii* alcanzaron la humedad de equilibrio a los 30 días y valores máximos de 16.42 y 13.06 %, respectivamente; sin embargo, Conafor (2017a,b) recomienda que la humedad más apropiada para el almacenamiento en *P. montezumae* es de 8-10 % y para *P. greggii* del 6-7 %. La HS durante el almacenamiento de estas especies resultó ser un factor determinante para mantener la calidad de la semillas (SNICS, 2018). Estos porcentajes de humedad de la semilla favorecen la presencia de hongos y con ello, el proceso de deterioro por factores bióticos (Engels y Visser, 2007).

En referencia a la HR, Ortiz-Catón *et al.* (2011) establecieron que la actividad biológica de diversas cepas de hongos se incrementa cuando están en un intervalo de 81 - 92 %. En *Brassica* sp., Suma *et al.* (2013) concluyeron que la viabilidad de las semillas y los parámetros de vigor de las plántulas se redujeron cuando se les sometió a una HR alta (75 %), lo que coinciden con los resultados obtenidos en el presente estudio, en el que se observó que a 80 % HR la incidencia de hongos fue mayor que a 60 % HR, en las dos especies de interés.

Ceballos-Freire y López-Ríos (2007) señalaron que en *Alnus acuminata* Kunth (aliso), *Guarea guidonia* (L.) Sleumer (cedrillo), *Juglans neotropica* Diels (cedro negro), *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C. N. Page (chaquiro) y *Cordia gerascanthus* L. (solera) la alta humedad relativa (90 %) provocó un aumento de la humedad de la semilla almacenada y, como consecuencia, se presentó un ataque severo de hongos de los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*, los cuales afectaron 50 y 70 % del material en conservación, respectivamente.

La tendencia de SLH para *P. montezuma* disminuyó drásticamente en las dos HR a partir de los 90 días; en *P. greggii* al 80 %, la tendencia bajó a los 120 días, lo que coincide con investigaciones sobre semillas de *Pinus* spp. que indican la pérdida de

viabilidad por el aumento de daños fisiológicos (Hilli *et al.*, 2003; Du Hyun y Sim, 2018) durante el almacenamiento a largo plazo.

Los géneros determinados en ambas especies de pino sometidas a ambientes de 60 y 80 % de HR durante los 180 días coinciden con la información aportada por Guerra *et al.* (2004) y Campo-Aranda *et al.* (2014) sobre la micobiota en semillas de *Pinus* spp. De acuerdo con Moreno (1988), los hongos de campo como *Alternaria* sp. y *Fusarium* sp., se desarrollan en humedades entre 90 y 100 %. De esta forma, *Alternaria* sp. estuvo presente en las semillas al inicio de los muestreos y disminuyó su incidencia conforme transcurrió el tiempo. *Fusarium* sp. se comportó de igual forma, fue mayor a 60 % de HR que a 80 % en los dos taxones de pino evaluados. Al desarrollarse este género en la semilla, ocasiona que la calidad de la planta sea inferior, ya que daña al embrión antes de germinar y causa necrosis del hipocótilo y los cotiledones (Peterson, 2008; Solano-Bonilla y Brenes-Chacón, 2012).

En este estudio se presentaron hongos del género *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. y *Rhizopus* sp., catalogados como hongos de almacén con crecimiento en un intervalo entre 65 y 90 % de HR. *Penicillium* sp. incrementó su incidencia en todos los ambientes y en ambas especies a partir de los 120 días, además *Aspergillus* sp. se identificó con mayor frecuencia en *P. montezumae*, pero en *P. greggii* solo se le identificó al 80 % de HR. *Rhizopus* sp. se observó de forma esporádica en *P. montezumae*. Estos géneros disminuyen la calidad fitosanitaria de las plántulas, ya que causan pudriciones, reducción de crecimiento y muerte de plántulas (Borges y Urdaneta, 2010; Arguedas, 2011; Lee, 2011).

Gran parte de estos géneros de hongos son considerados saprofitos, algunos no siempre provocan daños directos en la semilla, pero se reconoce que cuando la incidencia es muy alta, el vigor y la viabilidad de las semillas tienden a disminuir (Mittal *et al.*, 1990).

## **Conclusiones**

Las condiciones de almacenamiento de semillas de *P. montezuma* y *P. greggii* con alta humedad relativa aumentan la incidencia fúngica de géneros como: *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Alternaria* sp., *Rhizopus* sp. y *Penicillium* sp., los cuales se han identificado como causantes de deterioro.

Los ambientes fríos (5 °C) y secos (60 % HR) pueden ser seguros para el almacenamiento de semillas de *P. montezumae* y *P. greggii*, ya que son las condiciones en las que menor porcentaje de humedad de la semilla se registra y en consecuencia hay menos incidencia de hongos causantes del deterioro.

## **Agradecimientos**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) por el apoyo con equipos y laboratorios durante el almacenamiento de las semillas. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el apoyo económico para la realización de la investigación, y a la Comisión Nacional Forestal (Conafor) por la aportación de semilla.

## **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## **Contribución por autor**

Merari Sujey Vázquez López: establecimiento del proyecto, toma de datos, identificación de géneros, análisis de la información estructuración y redacción del manuscrito; Mario Ernesto Vázquez Badillo: estructuración del proyecto, planeación, selección de variables y revisión del manuscrito; Adriana Antonio Bautista: análisis estadístico, revisión de la toma de datos, revisión general del manuscrito; Arturo Mancera Rico: revisión del proyecto, correcciones finales, revisión del manuscrito.

## Referencias

- Abdullah, S. K. and K. A. Al-Mosawi 2010. Fungi associated with seeds of sunflower (*Helianthus annuus*) cultivars grown in Iraq. *Phytopathologia*. 57:11-20.  
<https://www.cabi.org/ISC/FullTextPDF/2011/20113179658.pdf> (20 de junio de 2019).
- Arguedas, M. 1997. Plagas de semillas forestales en América Central y el Caribe. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 120 p.
- Arguedas, M. 2011. Problemas fitosanitarios en teca (*Tectona grandis* L.f.) en América Central. *In*: Chavarriaga, D. M. (ed.). Protección fitosanitaria forestal. ICA. Medellín, Colombia. pp: 147-160.
- Barnett, H. L. and B. B. Hunter. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. American Phytopathological Society Press. St. Paul, MN, USA. 218 p.
- Borges J., A. y J. Urdaneta. 2010. Efecto de *Fusarium* sp. en la germinación, fenología y supervivencia de plántulas de *Leucaena leucocephala* (lam.) de Wit. *Agronomía Tropical* 60(2): 155-160. [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2010000200004&script=sci\\_abstract](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2010000200004&script=sci_abstract) (13 de enero de 2019).
- Campo-Aarana, R. O., N. Urango-Esquivel y M. Espitia-Camacho. 2014. Hongos asociados a la semilla de seis forestales nativos, cultivados en el departamento de Córdoba. *Fitopatología Colombiana* 38(2):27-31.  
[https://www.researchgate.net/publication/298809860\\_Hongos\\_asociados\\_a\\_la\\_semilla\\_de\\_seis\\_forestales\\_nativos\\_cultivados\\_en\\_el\\_departamento\\_de\\_Cordoba](https://www.researchgate.net/publication/298809860_Hongos_asociados_a_la_semilla_de_seis_forestales_nativos_cultivados_en_el_departamento_de_Cordoba) (20 de noviembre de 2018).
- Ceballos-Freire, A. J. y J. A. López-Ríos. 2007. Conservación de la calidad de semillas forestales nativas en almacenamiento. *Cenicafé* 58(4): 265-292.  
<https://www.cenicafe.org/es/publications/arc058%2804%29265-292.pdf> (24 de enero de 2019).

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2018. *Pinus prieto* (*Pinus greggii*) Naturalista. <https://www.naturalista.mx/taxa/135782-Pinus-greggii> (6 de noviembre de 2018).

Comisión Nacional Forestal (Conafor) – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2011. Situación de los recursos genéticos forestales en México. <http://www.fao.org/3/a-be793s.pdf> ([15 de octubre de 2018](#)).

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2017a. Paquete tecnológico *Pinus greggii* Englem. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/961Pinus%20greggii.pdf> (10 de octubre de 2018).

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2017b. Paquete tecnológico *Pinus greggii* Englem. *Pinus montezumae* Lamb. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/971Pinus%20montezumae.pdf> (10 de octubre de 2018).

Christin, Z. L., K. Bagstad and M. Verdone, 2016. A decision framework for identifying models to estimate forest ecosystem services gains from restoration. *Forest Ecosystems* 3:3. Doi: [10.1186/s40663-016-0062-y](https://doi.org/10.1186/s40663-016-0062-y).

Delouche, J. C. 1972. Harvesting, handling and storage of soybean seed. *In*: Proceedings of Short Course for Seedsmen. Mississippi State University. Mississippi, MS, USA. pp. 97-122.

Du Hyun, K. and H. H. Sim. 2018. Seed coat and aging conditions affect germination and physiological changes of aging Korean pine seeds. *Journal of Forest Research*. 23: 372-379. Doi: [10.1080/13416979.2018.1531478](https://doi.org/10.1080/13416979.2018.1531478).

Engels, J. y L. Visser. 2007. Guía para el manejo eficaz de un banco de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 6. Bioversity International. Roma, Italia. 209p.

Guerra, C., H. Cruz, I. Vila, A. Duarte y O. M. López. 2004. Principales hongos que afectan a *Pinus tropicalis* Morelet en Cuba. *Fitosanidad* 8: 9-12.

<http://www.fitosanidad.cu/index.php/fitosanidad/article/view/373> (6 de febrero de 2019).

Hilli, A., S. Tillman, E. and A. Kauppi, 2003. Germination of pretreated Scots pine seeds after long-term storage. *Canadian Journal of Forest Research*. 33(1): 47-53. Doi:10.1139/x02-155.

International Seed Testing Association (ISTA) 2004. International rules for seed testing. Supplement Rules. *Seed Science and Technology*. Vol. 24. Zürichstr, Bassersdorf, Switzerland. 335 p.

Lee, S. S. 2011. Diseases of acacias in South-Eas Asia. *In: Chavarriaga, D. M. (ed.)*. Protección fitosanitaria forestal. ICA. Medellín, Colombia. pp. 69-76.

Moreno M., E. 1988. Manual para la identificación de los hongos en granos y sus derivados. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. México. 109 p.

Mittal, R. K., R. L. Anderson and S. B. Mathur. 1990. Microorganisms associated with tree seeds. *World Checklist*. Patawawa National Forestry Institute. Ontario, Canada. 57 p.

Neegaard, P. 1977. *Seed pathology*. MacMillan Press Ltd. London, UK. 829 p.

Peterson, M. 2008. *Fusarium* species, a British Columbia perspective in forest seedling production. *In: Dumroese, R. K. and L. E. Riley (eds.)*. Proceedings of the Forest and Conservation Nursery Associations Meeting 2007. Sidney, 17–19 September 2007. USDA Forest Service. Fort Collins, CO, USA pp. 109–125.

Sistema Nacional Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 2018. ¿El contenido de humedad afecta la calidad de las semillas? Gobierno de México. <https://www.gob.mx/snics/articulos/el-contenido-de-humedad-afecta-la-calidad-de-la-semilla?idiom=es> (20 de septiembre de 2018).

- Skrøppa, T. and K. B. Fjellstad. 2017. Conservation of forest genetic resources in Norway in a climate change perspective. *In: Ahuja, M. and S. Jain (eds.). Biodiversity and conservation of woody plants. Sustainable Development and Biodiversity*. 17:129-153. Doi: 10.1007/978-3-319-66426-2\_5.
- Solano-Bonilla, M. y D. Brenes-Chacón. 2012. Evaluación de métodos de curación de sustratos para la prevención del mal de talluelo. *Revista Forestal Mesoamericana*. Kurú 9: 63-65. Doi: 10.18845/rfmk.v9i22.365.
- Statistical Analysis System (SAS). 2002. (Version 9.0). Statistical Analysis System Institute Inc. Cary, NC, USA. n/p.
- Suma, A., K. Sreenivasan, K. Singh and J. Radhamani. 2013. Role of relative humidity in processing and storage of seeds and assessment of variability in storage behaviour in *Brassica* spp. and *Eruca sativa*. *The Scientific World Journal* Vol. 2013: 1-9. Doi: 10.1155/2013/504141.
- Wang, B. S. y T. Beardmore. 2004. Almacenamiento y manejo de germoplasma. *In: Vargas, H., J. Jesús, B. Bermejo y F. T. Ledig (eds.). Manejo de recursos genéticos forestales. Segunda edición. Colegio de Posgraduados, Montecillo, México y Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jal., México. pp. 107-140.*
- Winston, P. W. and D. H. Bates. 1960. Saturated solutions for the control of humidity in biological research. *Ecology* 41: 232-237. Doi: 10.2307/1931961.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.