

Pruebas de germinación y viabilidad de tres coníferas a través del tiempo de almacén en el Banco de Germoplasma de la Comisión Forestal del Estado de Michoacán

Germination and viability tests of three conifers through storage time in the Seed Vault of the Forestry Commission from the Michoacán State

José Jair Arredondo-López*

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología, laboratorio de Vida Silvestre.

Ulises Espinosa-Rojas

Comisión Forestal del Estado de Michoacán, Subdirección de Restauración Forestal, Departamento de Producción de Planta.

Autor para correspondencia: arredon.jo@gmail.com

Resumen

La diversidad de los bosques en México se ve afectada por el rápido crecimiento de la población, lo que provoca que los recursos forestales se aprovechen de forma acelerada, incrementando así las tasas de deforestación. Para ello existen instituciones gubernamentales como el Banco de Germoplasma de la Comisión Forestal del Estado de Michoacán, que se encarga desde la recolecta, procesamiento, almacén y análisis de semillas (germoplasma forestal); para su posterior producción en vivero. En el presente estudio se evaluaron el porcentaje de viabilidad (PV) y el porcentaje de germinación (PG) de los lotes de semillas de tres especies del género *Pinus* almacenadas en cámara fría (*Pinus michoacana*, *P. montezumae* y *P. pseudostrobus*), considerando el tiempo de almacenamiento (16 años), como agente de variación, con el objetivo de proponer su baja en el registro. El Modelo Lineal Generalizado y la regresión lineal mostraron diferencias en los promedios de ambos porcentajes al compararlas entre especies, siendo más grandes los de *P. michoacana* (74.34%) y más bajos los de *P. montezumae* (64.66%), por especie *P. michoacana* (190 lotes) solo en PG existió diferencia con una tendencia positiva al aumentar el tiempo de almacenamiento, en *P. montezumae* (216 lotes) también existió diferencia al comparar el tiempo de almacenamiento, se observó la disminución de estos porcentajes al aumentar el tiempo de almacenamiento, y para *P. pseudostrobus* (130 lotes) no existió diferencia, en cuanto al lote representativo de cada especie (222131-A02, 323152-A03, 322147-A02 = números de lote), en ninguno existió diferencia en relación al tiempo de almacenamiento. Como conclusión tanto por especie como por cada lote, no es posible proponer si aún son aptos para mantenerse almacenados, ya que no presentan suficiente evidencia de una posible tendencia hacia la baja en sus porcentajes de viabilidad y germinación en relación al tiempo del almacenamiento.

Palabras clave: Semilla forestal, viabilidad, germinación.

Abstract

The diversity of forests in Mexico is affected by rapid population growth, which has causes forest resources to be used in an accelerated way, thus increasing deforestation rates. For this, there are governmental institutions such as the Germplasm Bank of the State Forestry Commission, which is in charge of the collection, processing, storage and analysis of seeds (forest germplasm), for later production in the nursery. In the present study, the percentage of viability (PV) and the percentage of germination (PG) of the seed lots of three species of the genus *Pinus* stored in cold storage (*Pinus michoacana*, *P. montezumae* y *P. pseudostrobus*) were evaluated, considering the storage time (16 years), as a variation agent, with the aim of proposing its registration. The Generalized Liner Model and linear regression showed differences in the averages of both percentages when comparing them between species, being those of *P. michoacana* greater (74.34%) and lower those of *P. montezumae* (64.66%), by species *P. michoacana* (190 batches) only in PG there was a difference with a positive trend when increasing the storage time, in *P. montezumae* (216 batches) there was also a difference when comparing the storage time, a decrease in these percentages was observed with increasing storage time, and for *P. pseudostrobus* (130 batches) there was no difference, in terms of the representative lot of each species (222131-A02, 323152-A03, 322147-A02= batch number), there was no difference in relation to time storage. As a conclusion, both by species and by each lot, it is not possible to propose that they are still suitable to be kept in storage, since they do not present sufficient evidence of a possible downward trend in their percentages of viability and germination in relation to storage time.

Keywords: Forest seed, viability, germination.

Introducción

México es uno de los países con mayor riqueza forestal en el mundo, existen en este más especies de pinos y encinos que en ningún otro país, esto debido a su compleja fisiografía (CONAFOR, 2014; Arredondo, 2019). Estos bosques ocupan cerca del 15% del territorio del país y de éstas, el 90% corresponde a los del género *Pinus* o de *Pinus-Quercus*, con especies de mayor representatividad de *Pinus pseudostrobus*, *Pinus montezumae*, y *Pinus michoacana*, seguido de los bosques de *Juníperos* y *Abies* (Miranda, 1947; Flores *et al.*, 1971 y Peralta, 2005).

A pesar de esta gran riqueza, en Michoacán para las décadas de 1980 al 2000, perdieron 513,644 ha de sus bosques templados y 308,292 ha de selvas principalmente por efectos de cambio de uso de suelo, correspondientes a tasas de deforestación de 1.8 y 1% anual. Los municipios con mayor degradación son Uruapan, Ziracuaretiro y Contepec, ocasionando que la superficie de bosques y selvas del estado de Michoacán presente procesos de degradación y pérdida de cobertura forestal (Bocco *et al.*, 2000). Para mitigar esta pérdida, existen instituciones gubernamentales como el Banco de Germoplasma de la Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM) que se encargan de recolectar, procesar, beneficiar, almacenar y analizar semillas (germoplasma forestal), También la distribuye para la producción en los viveros que abastecen de plantas a los diferentes sistemas de reforestación, restauración y plantaciones comerciales en el estado de Michoacán (Perry, 1991; Martínez, 1997; Castillo Martínez y Aguilar Delgado, 2008 y Sáenz-Romero *et al.*, 2012).

En la actualidad, el análisis del germoplasma forestal (semillas) ha sido prioritario para la

conservación de diferentes especies forestales, estos análisis se han apegado a los protocolos de la regla del ISTA, en el que existen parámetros que permiten conocer el estado que guarda un lote de semilla al momento del almacenamiento o, incluso, al momento de planificar su siembra como son: número de semillas por kilo, porcentaje de germinación, porcentaje de viabilidad, porcentaje de pureza y porcentaje de contenido de humedad del lote de cada especie (Paz, 2004; CONAFOR, 2014 y CONABIO, 2017). Mencionado lo anterior se realizó una evaluación de los análisis realizados a través del tiempo de tres especies de coníferas (*P. michoacana*, *P. montezumae* y *P. pseudostrobus*), considerando el tiempo de almacenamiento, como variable que pudiera interferir en el porcentaje de viabilidad (PV) y porcentaje de germinación (PG). La hipótesis del trabajo fue que entre más años está almacenada la semilla, tendrá menor PV y PG, además, con este estudio es posible proponer un sistema que mejore tanto los análisis como la forma de almacenamiento de las semillas hacia condiciones más ideales para su conservación.

Materiales y método

Área de estudio

El estudio se realizó en el Banco de Germoplasma que forma parte del Departamento de Producción de Planta de la Subdirección de Restauración Forestal de la COFOM, está ubicado dentro del vivero Morelos de la misma institución, cuyas coordenadas son: 10°40'24" LN y 101°14'12" LW a una altitud de 1900 Se localiza al suroeste de la ciudad de Morelia sobre la antigua carretera a la Huerta s/n, Col. La Calera ubicada al noroeste de la Tenencia Morelos y al este de San Juanito Itzicuaru (Figura 1).



Figura 1. Localización del Banco de Germoplasma de la COFOM en el municipio de Morelia Michoacán.

Trabajo de laboratorio

Una vez identificada las especies, se seleccionaron los lotes de cada especie a los que se les han realizado análisis a partir del año 2004 y hasta el año 2019. Cada lote tuvo como mínimo cinco años de análisis, un análisis por año (tiempo de almacenamiento). En cada análisis se seleccionaron las pruebas como PV y PG.

Análisis de datos

Para determinar si existen diferencias del PV y PG entre las especies, para cada especie y para cada lote representativo de cada especie se utilizó un Modelo Lineal Generalizado. Se consideró como variable explicativa al tiempo de almacenamiento de los lotes para las tres especies, y como variable de respuesta al PV y PG. Para conocer la relación (R^2), positiva, negativa o nula, es decir, la dirección de la pendiente entre el PV, PG y el tiempo de almacenamiento así como la relación (PG entre PV) se realizó una regresión lineal. En el modelo de regresión se usó como variable explicativa al tiempo de almacenamiento de los lotes para cada especie y como variable de respuesta, a los

porcentajes PV y PG. Esto se aplicó entre las especies, para cada especie y para cada lote representativo de cada especie, las pruebas estadísticas fueron analizadas en el paquete estadístico Rstudio, en cuanto la captura y procesamiento de los datos en el programa Excel®.

Resultados y discusión

Porcentaje de viabilidad y germinación entre especies

De acuerdo al MLG, el PV presentó diferencias significativas al relacionarla entre las tres especies ($F= 53.413$, $P= <0.001$), los promedios difieren solo entre *P. michoacana*-*P. montezumae* ($P= <0.001$) (Figura 2A), por el contrario con el tiempo de almacenamiento los promedios del PV no presentaron diferencias ($F= 3.482$, $P= 0.0575$). Para el PG, también presentó diferencias entre las especies ($F= 56.251$, $P= <0.001$), los promedios difieren entre *P. michoacana*-*P. montezumae* y *P. pseudostrobus*-*P. montezumae* ($P= <0.001$, $P= <0.001$) (Figura 2B), sin embargo con el tiempo de almacenamiento los promedios de PG no presentaron diferencias ($F= 0.763$, $P= 0.446$).

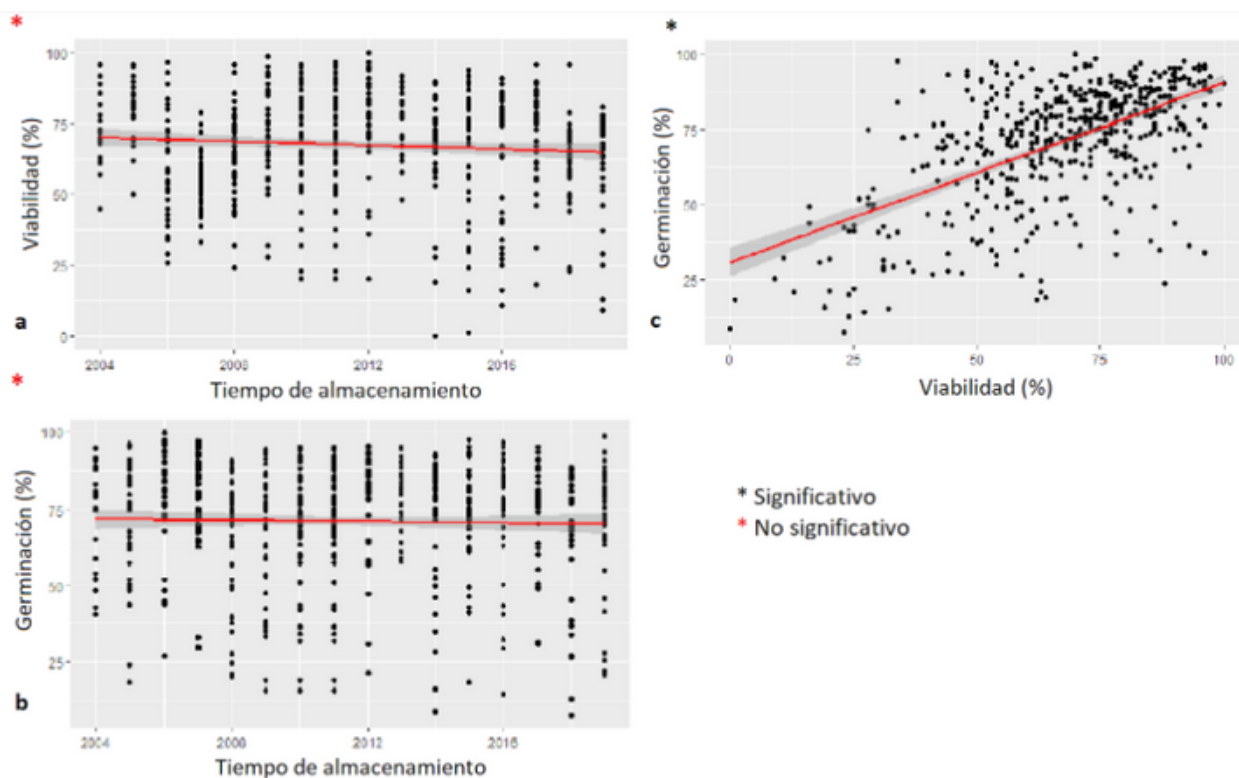


Figura 3. Regresión lineal entre: a) porcentaje de viabilidad (PV) por tiempo de almacenamiento, b) porcentaje de germinación (PG) por tiempo de almacenamiento y c) relación entre PV y PG. Los promedios son de la relación total de las tres especies.

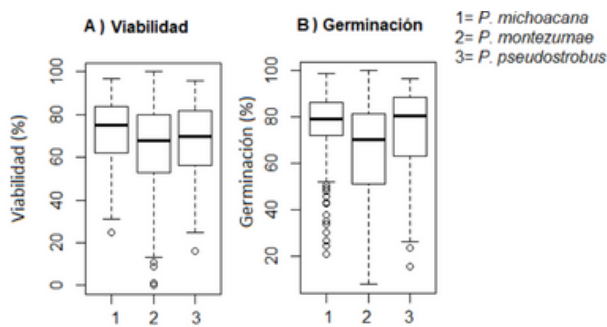


Figura 2. Medias diferentes entre especies, A) porcentaje de viabilidad (PV) entre especies y B) porcentaje de germinación (PG) entre especie.

En la regresión lineal no existió diferencia con PV, PG en relación al tiempo de almacenamiento ($R^2= 0.006$, $F= 3.022$, $P= 0.0370$ y $R^2= 0.0005$, $F= 0.329$, $P= 0.446$). Por el contrario, en la relación PV entre PG, existió diferencia ($R^2= 0.331$, $F= 286.5$, $P= <0.0001$), se observó una regresión positiva, al aumentar la viabilidad también aumenta la germinación (Figura 3C). Es importante señalar que los promedios son del total de las tres especies analizadas.

Porcentaje de viabilidad y germinación por especie

En el MLG, para *P. michoacana*, el PV no presentó diferencias al compararlo con el tiempo de almacenamiento, por el contrario, la germinación presentó diferencia significativa ($F= 1.546$, $P= 0.1239$ y $F= 2.296$, $P= 0.0228$) (Figura 4B), para *P. montezumae* existió diferencia tanto para el PV como en el de PG ($F= 2.088$, $P= 0.0378$ y $F= -3.332$, $P= 0.0009$) (Figura 4A y 4B), y para *P. pseudostrobilus*, los promedios del PV y PG no presentaron diferencias ($F= 0.776$, $P= 0.445$ y $F= -1.191$, $P= 0.236$).

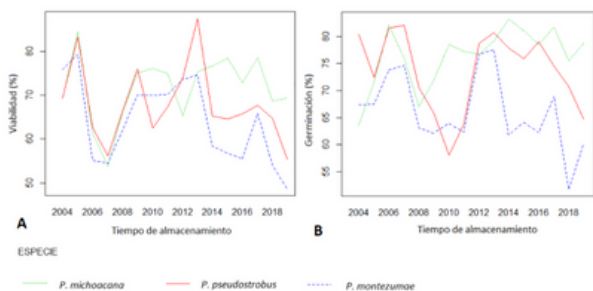


Figura 4. Promedio de las medias (cada especie) de: a) PV en relación al tiempo de almacenamiento y b) PG en relación al tiempo de almacenamiento (el tiempo de almacén esta sintetizados por cada dos años).

Para *P. michoacana*, existió regresión positiva solo con el PG en relación al tiempo de almacenamiento, se observó una ligera regresión al aumentar el tiempo de almacenamiento aumenta la germinación (Figura 5A), ($R^2= 0.022$, $F= 5.27$, $P= 0.0228$). De igual forma sucedió en la relación PV entre PG ($R^2= 0.186$, $F= 44.18$, $P= <0.0001$), donde la regresión existente fue positiva (Figura 5B). Para *P. montezumae*, se observa regresión con las dos variables en relación al tiempo de almacenamiento, así como en la relación PV entre PG ($R^2= 0.0127$, $F= 4.36$, $P= 0.0292$; $R^2= 0.0373$, $F= 11.1$, $P= 0.0006$ y $R^2= 0.4145$, $F= 185$, $P= <0.0001$) (Figura 5D, 5E y 5F). Finalmente, para *P. pseudostrobilus* no se observa regresión para las dos variables pero sí en la relación PV entre PG, ya que se observa una regresión positiva entre ambas ($R^2= 0.1935$, $F= 31.94$, $P= <0.0001$) (Figura 5C).

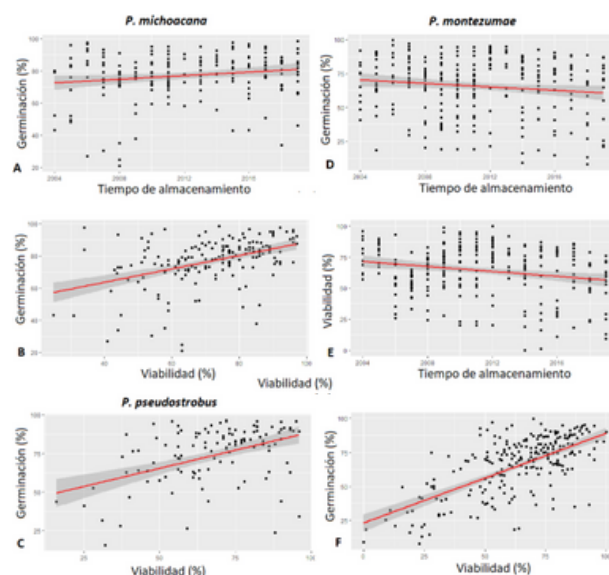


Figura 5. Regresión lineal para cada especie, *P. michoacana*: a) PG por tiempo de almacenamiento, b) PG entre PV. *P. pseudostrobilus*: c) PG entre PV y *P. montezumae*: d) PG por tiempo de almacenamiento, e) PV por tiempo de almacenamiento y c) PG entre PV.

Porcentaje de viabilidad (PV) y germinación (PV) por lote (representativo de cada especie)

Se seleccionó a un lote representativo de cada especie, con el objetivo de proporcionarles seguimiento y observar su variación a través del tiempo de almacenamiento. Para *P. michoacana*, se seleccionó el lote 222131-A02 (con 14 años de almacenaje, un análisis por año); para *P. montezumae* 323152-A03 (15 años) y para

P. pseudostrubus a 322147-A02 (con 14). De acuerdo al MLG, en cada uno de los tres lotes 222131-A02, 323152-A03 y 322147-A02 los promedios del PV y PG no presentaron diferencias significativas al relacionarlos con el tiempo de almacenamiento ($F = -1.499$, $P = 0.160$; $F = -0.1425$, $P = 0.178$ y $F = 0.516$, $P = 0.615$, para la viabilidad y $F = -0.584$, $P = 0.594$; $F = -0.72$, $P = 0.484$ y $F = 0.326$, $P = 0.750$, para la germinación) (Figura 6).

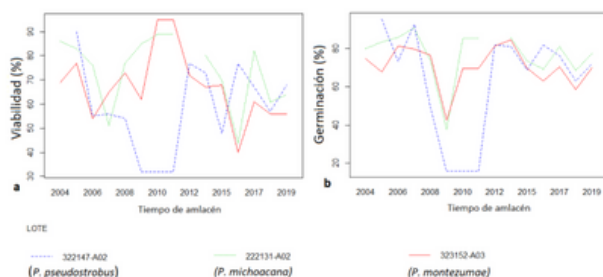


Figura 6. Promedio de las medias (cada lote) de: a) PV en relación al tiempo de almacenamiento y b) PG en relación al tiempo de almacenamiento (el tiempo de almacenaje esta sintetizados por cada dos años).

En la regresión para los lotes 222131-A02 y 323152-A03, no hubo significancia con ningún porcentaje en relación al tiempo de almacenamiento, sin embargo, para el lote 322147-A02, solo existió regresión positiva en la relación PG entre PV ($R^2 = 0.7472$, $F = 39.43$, $P < .0001$)

Las medias de las pruebas del porcentaje de viabilidad y de germinación presentaron diferencias al relacionarlas entre especies, por ejemplo la viabilidad de *P. montezumae* difiere solo con *P. michoacana* (LSmean=64.12 vs 71.80), y no con *P. pseudostrubus* (LSmean=64.12 vs 67.75), mientras que la germinación de *P. montezumae* difiere tanto con *P. michoacana* (LSmean=65.20 vs 76.88), como con *P. pseudostrubus* (LSmean=65.20 vs 73.81), pero estas últimas no (LSmean= 76.88 vs 73.81). Esta diferencia es importante ya que pudo ser originado debido a que los lotes de *P. montezumae* que se analizaron fueron lotes con registro de almacenaje muy antiguo (2004 al 2008) además no hubo la misma introducción de lotes nuevos en los posteriores años como con los de *P. michoacana* y *P. pseudostrubus*.

Al evaluar los lotes por especie, en *P. montezumae* existió diferencia al comparar ambas variables con el tiempo de almacenaje, donde el PV disminuye

un promedio de 18% a lo largo de 16 años de almacenaje (2004 al 2019), y el PG disminuye un promedio de 15%, este registro es similar al reportado por Orantes-García *et al.*, (2013) quien encontró diferencias del PV de tres especies arbóreas, donde a pesar de ser de géneros diferentes, las semillas presentaron una disminución de 75% en *Bursera bipinnata*, 56% en *Cordia alliodora* y 72% en *Terminalia amazonia* después de 12 meses de almacenamiento. Como sucedió al compararlo entre especies, pudo haber sido ocasionado por el mismo tiempo de almacenaje de los lotes de *P. montezumae*, ya que al ser lotes con almacenaje muy antiguo, y al no haber reemplazo por nuevos lotes, pudo provocar un decremento en los promedios de ambas variables al pasar el tiempo de almacenaje, en cambio esta diferencia no se observó en *P. pseudostrubus*, mientras en *P. michoacana*, presentó diferencia significativa solo en el PG en relación al tiempo de almacenamiento, donde existió aumento del 10%.

Por el contrario para cada lote de cada especie, estas diferencias no se registraron como significativas al compararlo con el tiempo de almacenamiento, lo que es similar a los resultados registrados por De la Rosa *et al.*, (1995), quien no encontró diferencias significativas entre el periodo de almacenamiento contra el porcentaje de germinación de semillas de cinco especies del género *Pinus* (2%), a lo largo de cuatro fechas de evaluación (6 meses, 12 meses, 18 meses y 24 meses), además registró que la semilla de pino no sufre efectos negativos en su poder germinativo por lo menos en un periodo de dos años bajo condiciones de almacenamiento en refrigeración a temperatura entre 5 y 8°C, cabe mencionar que la cámara fría de la COFOM tiene una temperatura de 4°C. Este registro puede responder la falta de significancia en el PV de *P. michoacana* y en el PV y PG de *P. pseudostrubus* en relación al tiempo de almacenamiento ya que al existir introducción de nuevos lotes para cada especie (después de su registro en 2004 hasta el 2019), pudo haber aumentado los promedios tanto de la germinación como de la viabilidad de estas dos especies resultando no ser significativos al compararlo con el tiempo de almacenamiento.

Estos resultados son importantes ya que podría indicar

dos posibles supuestos: A) que ninguno de los lotes analizados ha cambiado hasta el momento de su último análisis, es decir que no ha existido variación a pesar de que su promedio de almacenamiento ya sea muy antiguo (16 años) y pueden todavía ser considerados aptos para su siembra, y B) que los análisis realizados del año 2004 al 2013, posiblemente fueron realizados de forma incorrecta y/o repetitiva, como se muestra en los gráficos (Figura 4 y 6), observándose marcadas diferencias entre los promedios (indicada por líneas) para ambas variables en las cuales en algunos años bajan y al año posterior suben de forma considerable. Por ejemplo en la germinación para el lote 323147-A02 (*P. montezumae*), para el año 2008 registró un porcentaje de 90%, en los años 2009, 2010 y 2011 este porcentaje bajo hasta 15% y para el año 2012 este porcentaje volvió a subir al 90%. Esta misma tendencia se presentó en los tres lotes de marcadamente a partir del año de inicio del registro (2004) y hasta el año 2013, por el contrario (del 2013 al 2019), la diferencia es menor, sin embargo para sostener estos supuestos, sería necesario un análisis de lote por lote para cada variable para cada especie.

Por último en los resultados de la regresión lineal (para cada especie), presentan el mismo comportamiento como los mencionados en los resultados del MLG, por lo que se vuelven a considerar los postulados mencionados.

Conclusiones

Los porcentajes de viabilidad y de germinación son diferentes entre cada especie, siendo en promedio más grande los de *P. michoacana* (74.34%) y más bajos los de *P. montezumae* (64.66%) para ambas variables. Los promedios de ambas variables para *P. montezumae* presentan diferencia al compararlo con el tiempo de almacén, en el que se observa una tendencia hacia la baja, por el contrario, esta diferencia no existe con los lotes de *P. pseudoastrobus* y solo en la germinación para *P. michoacana*.

Cada lote de cada especie, no presenta diferencia significativa al compararlo con el tiempo de almacenamiento, lo que puede indicar que: A) los lotes aún no han cambiado y son aptos para su siembra y B) que los análisis no se realizaron de

forma correcta provocando un registro incorrecto en años anteriores (2004-2013 aproximadamente). Aunque *P. montezumae* tiene una ligera tendencia a la baja, no existe una evidente tendencia en cada uno de los lotes analizados tanto para germinación como para viabilidad, por lo que no se puede estimar el tiempo adecuado de almacenamiento de estas especies, y que posterior a este tiempo se pueda dar de baja.

Literatura citada

- Arredondo-López, J.J. 2019. Evaluación de la regeneración natural de *Pinus pseudostrobus* con base en la apertura del dosel en el ANP Sierra de los Agustinos Guanajuato, México. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 67 pp.
- Ayma-Roma, A. I. y E. Sanzetenea-Terceros. (2007). Atributos y manejo de semillas de Pino de monte (*Podocarpus glomeratus* D. Don) de fuentes semilleras de Sailapata, Cochabamba. *Revista de Agricultura*. 39: 33-37.
- Bocco, G., M. Mendoza y R. O. Masera. (2000). La dinámica del cambio de uso del suelo Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 44: 18-38.
- Castillo Martínez, C. R. y R. Aguilar Delgado. (2008). Informe del programa de germoplasma 2005. Comisión Forestal del estado de Michoacán. 24 pp.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2014. Guía técnica para la planeación de reforestación adaptada al cambio climático. Primera edición. 74 pp.
- Critchfield William B. y L. Elbert Little. 1966. Geographic distribution of the pines of the world. Forest Service Miscellaneous. Washington, USA. 991 pp.
- De la Rosa Soberano, R. M., J. D. J. Pérez Gonzales y C. Hernández Casillas. 1995. Pruebas de germinación en semilla almacenada de Pino. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara. Zapopan Jalisco. 55 pp.
- Flores, M., J. Jiménez., X. Madrigal., F. Moncayo y T. Takaki. 1971. Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana. Secretaria de Recursos Hidráulicos. México, D.F. 59 pp.
- Iglesias, L., I. Mora Y J. I. Casa. (2006). Morfometría, viabilidad y variabilidad de las semillas de la población de *Pinus hartwegii* del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Cuadernos de Biodiversidad*. 19: 14-18.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México. 1248 pp.
- Miranda, F. 1947. Estudios sobre la vegetación de México V. Rasgos de la vegetación en la Cuenca del Río Balsas. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 8: 95-114.
- Moreno Herrerón, E. 2017. Memoria de experiencia profesional en reforestaciones de la Comisión Forestal del Estado de Michoacán, México. Experiencia profesional de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 68 pp.
- Orantes-García C., M. A. Pérez-Farrera, T. M. Rioja-Paradela y E. R. Garrido-Ramírez. 2013. Vialidad y germinación de semillas de tres especies arbóreas nativas de la selva tropical, Chiapas, México. *Polibotánica*. 36: 117-127.
- Peralta Pascual, A. 2005. Determinaciones físicas y biológicas de semillas forestales en el Banco de Germoplasma de la COFOM. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 7 de Morelia, Michoacán. 44 pp.
- Perry, J. P. 1991. The Pines of México and Central America. Timber Press. Portland. 231 pp.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D.F. 400 pp.
- Sáenz-Romero, C., E. Rehfeldt Gerald., Crookston., L. Nicholas., Duval., Pierre., Beaulieu y Jean. (2012). Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Michoacán state, México. Impacts on the vegetation. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol 35: 333-345.