

Caracterización morfológica de semillas y eficiencia germinativa de *Pinus patula* var. *longepedunculata* y *P. pseudostrobus* var. *oaxacana*

Morphological characterization of seeds and germination efficiency of *Pinus patula* var. *longepedunculata* and *P. pseudostrobus* var. *oaxacana*

Recepción del artículo: 23/03/2023 • Aceptación para publicación: 07/06/2023 • Publicación: 30/06/2023

● <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi20.295>

María Mercedes Cervantes-Machuca

Gerardo Rodríguez-Ortiz*

J. Raymundo Enríquez del Valle

Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez

Tecnológico Nacional de México-IT del Valle de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Xoxocotlán, Oaxaca. México.

*Autor para correspondencia: gerardo.rodriguez@voaxaca.tecnm.mx

Resumen

Pinus patula y *P. pseudostrobus* son especies de gran importancia económica para diferentes comunidades del estado de Oaxaca debido a la calidad de su madera y amplio uso en plantaciones comerciales y reforestaciones. El objetivo de este estudio fue evaluar la variación morfológica de semillas y su eficiencia germinativa en dos especies de pino en condiciones de invernadero. En 2022 se obtuvo semilla de fenotipos sobresalientes del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); se obtuvieron tres muestras de 10 g de semilla por especie, se contabilizó el número de semillas, y se tomaron diámetros ecuatorial (DE) y polar (DP) y coeficiente de forma ($CF=DE/DP$). Se sembraron en charolas de 49 cavidades con una mezcla de tierra de monte, vermiculita®, agrolita® y turba con una proporción 4:1:1:2. Se contabilizó diariamente la germinación y se determinaron indicadores de vigor: energía germinativa (EG), periodo de energía (PE), velocidad germinativa (VG) e índice de velocidad de germinación (IVG). Los datos se analizaron mediante pruebas t-Student y análisis de regresión ($\alpha=0.05$) en el programa SAS. Al incluir en el modelo días después de la siembra (DDS), en ambas especies se explica entre 78 y 84 % de la variación existente en el porcentaje de germinación acumulada. *P. pseudostrobus* presentó semillas más esféricas ($CF=0.41$) y pesadas (24.27 mg) con un periodo de energía del 69 % a los 22 DDS; por el contrario, *P. patula* tiene semillas alargadas ($CF=0.31$) y ligeras (8.20 mg) con un mayor periodo de energía del 83 % a los 20 DDS. Estas especies germinan a partir de los 15 días; sin embargo, *P. patula* presenta una mayor velocidad de germinación y mayor porcentaje germinativo, es necesario la utilización de germoplasma procedente de fenotipos sobresalientes para garantizar la eficiencia reproductiva de semilla y posterior calidad de plántula.

Palabras clave: Coeficiente de forma, días después de la siembra, germinación acumulada, germoplasma selecto, indicadores de vigor.

Abstract

Pinus patula and *P. pseudostrobus* are species of great economic importance for different communities in the Oaxaca State due to the wood quality and wide use in forest commercial plantations and reforestation. The objective of this research was to evaluate the morphological variation of seeds and their germination efficiency of two pine species under greenhouse conditions. In 2022, selected seeds of outstanding phenotypes was obtained from the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); three seed samples of 10 g per species were made, the number of seeds was counted, and the equatorial (DE) and polar (DP) diameters and shape coefficient ($CF=DE/DP$) were measured; sowing was carried out in 49 cavity trays with a mixture of mountain forest soil, vermiculite®, agrolite® and Peat Moss® with a 4:1:1:2 ratio. Germination was counted daily and vigor indicators were determined: germinative energy (EG), energy period (PE), germinative speed (VG) and germination speed index (IVG). Data were analyzed using t-Student tests and regression analysis ($\alpha=0.05$) in the SAS program. Including days after sowing (DDS) in the model, we found that between 78 and 84 % of the existing variation in the percentage of accumulated germination was explained in both species. *P. pseudostrobus* presented more spherical ($CF=0.41$) and heavier seeds (24.27 mg) with an energy period of 69 % at 22 DDS; on the other hand, *P. patula* has elongated ($CF=0.31$) and light seeds (8.20 mg) with a greater energy period of 83% at 20 DDS. Both species germinate after 15 days; however, *P. patula* has a higher germination rate and a higher germination percentage, it is necessary to use germplasm from outstanding phenotypes to guarantee the reproductive efficiency of the seed and subsequent seedling quality.

Keywords: Shape coefficient, days after sowing, accumulated germination, selected germplasm, vigor indicators.

Introducción

En el establecimiento de plantaciones forestales el principal problema es el alto porcentaje de mortalidad (Bustamante-García *et al.*, 2012); siendo el primer paso de la mejora genética el seleccionar fenotipos superiores con el fin de conocer su semilla (Fuentes-Amaro *et al.*, 2020). El uso adecuado del germoplasma forestal requiere fundamentalmente del conocimiento en la caracterización morfológica de conos y semillas, así como de la eficiencia y potencial reproductivo para determinar la calidad del germoplasma; además, de evaluar el porcentaje y vigor de germinación (Tíscar y Lucas, 2010; Sáenz-Romero *et al.*, 2012; Quiroz-Vázquez *et al.*, 2017).

A través de diferentes perspectivas se han realizado estudios del crecimiento de plantas y su desarrollo; desde Aparicio-Rentería *et al.* (1999), quienes evaluaron la relación del sustrato con la germinación; por otro lado, con diferente densidad de plantación Muñoz *et al.* (2011) evaluaron el crecimiento. De igual forma la sobrevivencia de plantaciones en relación al sistema de producción y pre-acondicionamiento en vivero (Sigala *et al.*, 2015) y el éxito del establecimiento para la restauración de suelos degradados (Gómez-Romero *et al.*, 2012). Sin embargo, existen pocos trabajos que describan el comportamiento germinativo e indicadores de vigor de las semillas (Romero-Rangel *et al.*, 2017).

El análisis de la emergencia en plántulas es importante para determinar la adaptación en vivero y posterior desarrollo en campo (Fuentes-Amaro *et al.*, 2021); es decir, el interactuar con las condiciones ambientales presentes en la germinación y crecimiento inicial son fundamentales para la adaptabilidad posterior de la planta (Donohue *et al.*, 2010). Para determinar estos patrones de variación se evalúan las características adaptativas de la plántula en relación a características climáticas o geográficas de su origen (Castellanos-Acuña *et al.*, 2013; Martínez-Berdeja *et al.*, 2019).

Evaluar esos factores que afectan en la variación reproductiva y de germinación de semillas es de importancia en el manejo de germoplasma y de las plantaciones (Gómez *et al.*, 2010). Para obtener plantas de calidad es necesario vigilar la calidad de

la semilla, tipo de sustrato, contenedores y nutrición de estas (Rueda-Sánchez *et al.*, 2013; Rodríguez-Ortiz *et al.*, 2020). Esta calidad de semilla es determinada por su capacidad de germinación y vigor (Hernández *et al.*, 2011; Hernández-Anguiano *et al.*, 2018). Las especies bajo estudio son de importancia comercial maderable en Oaxaca, se utilizan ampliamente en proyectos de reforestación y plantaciones forestales comerciales; sin embargo, es escaso el conocimiento de las características morfológicas y vigor germinativo de sus semillas. El objetivo de este estudio fue evaluar la variación morfológica de semillas y su eficiencia germinativa en *Pinus patula* var. *longepedunculata* y *P. pseudostrobus* var. *oaxacana*.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó durante el año 2022 en invernadero del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. La semilla de *P. patula* var. *longepedunculata* y *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* fue proporcionada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la cual procede de fenotipos sobresalientes del estado de Oaxaca.

Se tomaron tres muestras de semillas de 10 g cada una por especie en una balanza analítica marca Shimadzu modelo ATY224 y se contabilizó el número de semillas por muestra; se realizaron las mediciones de diámetro ecuatorial (DE, mm) y diámetro polar (DP, mm) y se calculó el coeficiente de forma ($CF=DE/DP$) con la ayuda de un vernier digital con una precisión de 0.1 mm. Con lo anterior se determinó el peso por semilla (mg) y el número total de semillas kg^{-1} .

Para la siembra se utilizó mezcla de tierra de monte, vermiculita®, agrolita® y Peat Moss® en proporción 4:1:1:2, se utilizaron charolas de 49 cavidades de 143 cm^3 previamente tratadas con el fungicida captan ($3 g L^{-1}$) con una inmersión de 5 minutos.

Las observaciones se realizaron diariamente durante 54 días después de la siembra (DDS); se evaluó germinación de semillas (se consideró germinada la semilla cuando comenzó a emerger la plántula), contabilizando número de semillas germinadas por día. Se evaluaron los siguientes

indicadores de vigor (Pece *et al.*, 2010): Energía germinativa (EG), la cual corresponde al porcentaje de germinación diario, obtenido al momento en que la tasa de germinación alcanza su máximo valor. El periodo de energía (PE) se refiere a la cantidad de días requeridos para alcanzar su máximo valor germinativo. La velocidad de germinación (VG) representados en número de días y semillas germinadas acumuladas y el índice de velocidad de germinación (IVG), cuyas ecuaciones son las siguientes (González *et al.*, 2008):

$$VG = \frac{N_1 \times G_1 + N_2 \times G_2 + \dots + N_n \times G_n}{G_1 + G_2 + \dots + G_n} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i G_i}{\sum_{i=1}^n G_i}, IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n} = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{N_i}$$

Donde: VG= velocidad de germinación (días), IVG= índice de velocidad de germinación (días), N= número de días desde la iniciación del ensayo de germinación, G= número de semillas germinadas en el día i-ésimo.

El porcentaje de germinación fue calculado con la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{\text{número de semillas germinadas}}{\text{número de semillas en una repetición}} \right) \times 100$$

En ambas especies se ajustó el modelo de regresión de Schumacher para estimar la germinación acumulada como función de los DDS:

$$P = \beta_0 \times e^{(\beta_1 \times (\frac{1}{DDS}))}$$

Donde:

P= germinación acumulada (%)

β_0, β_1 = parámetros de estimación

DDS= días después de la siembra

e=base de los logaritmos naturales (2.71828)

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron contrastando especies mediante la prueba t-Student (PROC TTEST) y análisis de regresión no lineal (PROC MODEL) ($\alpha=0.05$); todos los análisis fueron realizados en el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 2014).

Resultados y discusiones

La variación existente en la germinación acumulada de semillas se explica en 78% para *P. patula* y 84% para *P. pseudostrobus* al agregar como variable

dependiente los DDS (Figuras 1 y 2); ambos modelos fueron estadísticamente significativos ($p=0.0001$), al igual que sus parámetros de estimación mediante la prueba t-Student (Cuadro 1), lo cual genera menor cuadrado medio del error (López-Hernández y Valles, 2009; González *et al.*, 2016). Estos resultados concuerdan con Valdés-Rodríguez *et al.* (2018), quienes estimaron la germinación y crecimiento de *Ricinus* y *Moringa*, también con Barrios-Gómez *et al.* (2018) quienes estimaron la emergencia de *Ricinus communis*.

Cuadro 1. Estadísticos de ajuste del modelo Schumacher para el porcentaje germinativo.

Especie	Modelo	β_0	β_1	R ² adj	Pr>F
<i>Pinus patula</i>	$P = \beta_0 \times e^{(\beta_1 \times (\frac{1}{DDS}))}$	1.68**	-23.47**	0.78	<0.0001
<i>P. pseudostrobus</i>	$P = \beta_0 \times e^{(\beta_1 \times (\frac{1}{DDS}))}$	1.34**	-20.25**	0.84	<0.0001

P=germinación acumulada (%), DDS= días después de la siembra. *alta significancia (t-Student, $p \leq 0.01$). **germinación acumulada (%), β_0, β_1 = parámetros de estimación, e=base de los logaritmos naturales (2.71828).

Las características físicas y morfológicas de semillas mostraron diferencias altamente significativas para las dos especies, Aragón *et al.* (2020) reportaron diferencias entre árboles y procedencias de *P. pseudostrobus*; el coeficiente de forma mostró semillas más esféricas para *P. pseudostrobus* (0.41) y alargadas para *P. patula* (0.31); las semillas más esféricas presentaron mayor peso con 24.27 mg y las semillas alargadas 8.20 mg, en este sentido *P. patula* contiene mayor número de semillas en un kilogramo (122,200) que *P. pseudostrobus* (41,210) (Cuadro 2). Capilla-Dinorin *et al.* (2021) encontraron un rango de 14 a 21 mg en peso de cada semilla de *P. chiapensis* y en promedio 47,850 semillas kg⁻¹, un rango muy parecido a lo encontrado en nuestras especies; para *P. pseudostrobus* han encontrado un peso por semilla de 0.022 g (22 mg) el cual se encuentra entre el rango (Hernández *et al.*, 2003).

Cuadro 2. Caracterización de semillas de dos especies de pino bajo condiciones de invernadero.

	<i>Pinus patula</i>	<i>P. pseudostrobus</i>	Valor t
Características físicas y morfológicas			
Total de semillas en 10 g	1222±1.05	412.1±0.19	-445.9**
Peso de semilla (mg)	8.20±0.007	24.27±0.01	1160.0**
Semillas por kg	122,200±105.4	41,210.8±18.95	-445.8**
Diámetro polar (mm)	4.49±0.009	5.58±0.016	58.4**
Diámetro ecuatorial (mm)	1.38±0.007	2.31±0.007	71.9**
Coefficiente de forma	0.31±0.0015	0.41±0.001	37.6**
Indicadores de vigor			
Semillas germinadas por día	13.89±3.41	14±3.16	-0.02 ^m
Índice de velocidad germinativa	12.69±0.56	2.33±0.52	13.36**
Porcentaje germinativo (%)	2.31±0.56	388±26.78	-15.02**
Germinación acumulada (%)	81.28±3.99	26.92±1.23	12.58**
Velocidad germinativa	27.44±1.01	11.17±0.68	13.07**

^mNo significativo ($p > 0.05$), **alta significancia ($p \leq 0.01$), en prueba t-Student ($\alpha = 0.05$). La media se incluye ± el error estándar.

Se encontraron diferencias significativas entre especies durante los DDS para el índice de velocidad germinativa (IVG), porcentaje germinativo (PG),

germinación acumulada diaria y en porcentaje, velocidad germinativa, excepto para semillas germinadas ($p \leq 0.001$). Diferentes especies como *P. greggii* Engelm (Mendizábal-Hernández *et al.*, 2015) también encontró diferencias significativas en PG e IVG.

El índice de velocidad germinativa para *P. patula* fue mayor que la de *P. pseudostrobus* (12.69 y 2.33 respectivamente); en el mismo sentido la velocidad germinativa para *P. patula* fue mayor (27.44) que para *P. pseudostrobus* con 11.17; es decir, que para *P. patula* a los 27 días alcanzó su mayor germinación con 12.69% y una germinación acumulada diaria de 81 %; por otro lado *P. pseudostrobus* a los 11 días presentó mayor germinación con 2.33% y se mantuvo constante con una germinación acumulada diaria de 26 % (Cuadro 2).

Pinus patula presentó una germinación acumulada del 90 %, resultado mayor a lo reportado por Romero-Arenas *et al.* (2013) quienes obtuvieron 84.5 % con una mezcla de Peat Moss®, vermiculita® y agrolita® con una proporción 1:1:1; y un 69.7 % con una mezcla de aserrín (60 %), turba de musgo (15 %) y tezontle (15 %) (Fuentes-Amaro *et al.*, 2021); 72 % para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen establecidas en una cámara de germinación a una temperatura de $26 \pm 2^\circ\text{C}$ (Capilla-Dinorin *et al.*, 2021) (Figura 1).

La germinación acumulada presentó mayor velocidad de los días 20 (0.49) al 26 (0.81) deteniéndose en el

día 54; por otro lado, el estimado de la germinación acumulada se mantuvo constante desde el inicio en el día 16 con 0.38 hasta el día 54 con 1.08 (Figura 1); muy diferente por lo reportado por Fuentes-Amaro *et al.* (2021) quienes encontraron un inicio en la germinación a los 30 DDS y una estabilización a partir del día 48.

Se encontró un porcentaje de germinación acumulada del 84 % para *Pinus pseudostrobus* (Figura 2); resultado similar con Sáenz-Romero *et al.* (2011) quienes obtuvieron 80-95 % para esta especie en siembra directa comparando sustratos; y superior a Sánchez *et al.* (2005) quienes obtuvieron una capacidad germinativa de 48 % para *P. orizabensis* recolectadas en Altzayanca, Tlaxcala.

Pinus pseudostrobus mostró mayor germinación acumulada del día 20 (0.23) al 26 (0.80), posteriormente se mantuvo constante hasta el día 51 (1); de igual forma, los estimados en acumulados mostraron una germinación constante desde el día 17 con 0.40 hasta el día 51 con 0.90 (Figura 2); similar con Alba *et al.* (2003) quienes reportaron emergencia al día 15 después de la siembra; y muy diferente con Sánchez *et al.* (2005) que reportaron emergencia al día 30 después de la siembra.

Se encontró para *P. pseudostrobus* un periodo de energía de 69 % a los 22 días en el cual la germinación inicio en el día 17; resultados superiores a los reportados por Romero-Rangel *et al.* (2017) quienes obtuvieron el 54 %, sin embargo

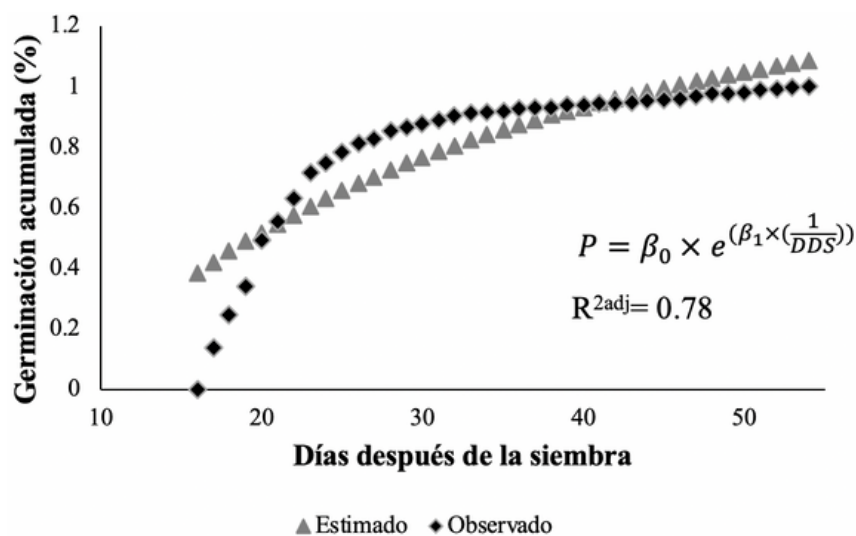


Figura 1. Germinación acumulada diaria observada y estimada para *Pinus patula* var. *longepedunculata*. P = germinación acumulada (%), B_0 , y B_1 = parámetros de estimación, e =base de los logaritmos naturales (2.71828), DDS= días después de la siembra, R^{2adj} =coeficiente de determinación ajustado.

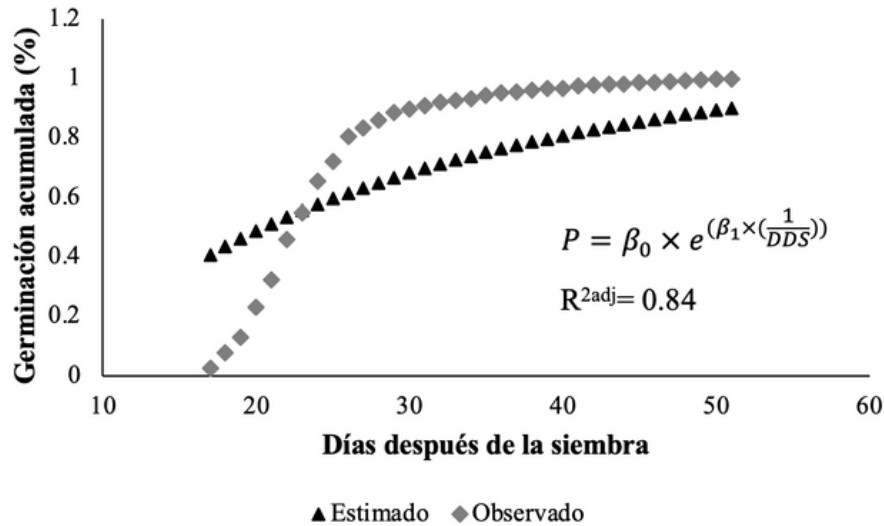


Figura 2. Germinación acumulada diaria observa y estimada para *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana*. P= germinación acumulada (%), B_0 , y B_1 = parámetros de estimación, e=base de los logaritmos naturales (2.71828), DDS= días después de la siembra, R^{2adj} = coeficiente de determinación ajustado.

presentaron una germinación alta del día cinco al siete. Sáenz-Romero *et al.* (2011) mencionan un tiempo de germinación más rápido de seis a 12 días, pero no establecen la germinación máxima en días y mucho menos la calidad de la germinación; en este sentido, el periodo de energía disminuyó en el día 27 (14 %) hasta detenerse en el día 51 (Figura 3).

Pinus patula mostró un periodo de energía entre los días 17 (73 %) al 28 (15 %), siendo el día 20 en donde se encontró su germinación máxima con 83 %, esta especie fue mas rápida en alcanzar el valor pico de germinación; es decir, las semillas de *P. pantula*

tienen mayor vigor (Hernández-Anguiano *et al.*, 2018) (Figura 3).

En condiciones naturales, cuando se presenta aumento en la temperatura y humedad se da la capacidad de las plántulas de emerger de la semilla (Ramírez *et al.*, 2015) este proceso es crucial ya que está ligado a la sobrevivencia y crecimiento inicial de las plántulas (Verdú y Traveset, 2005).

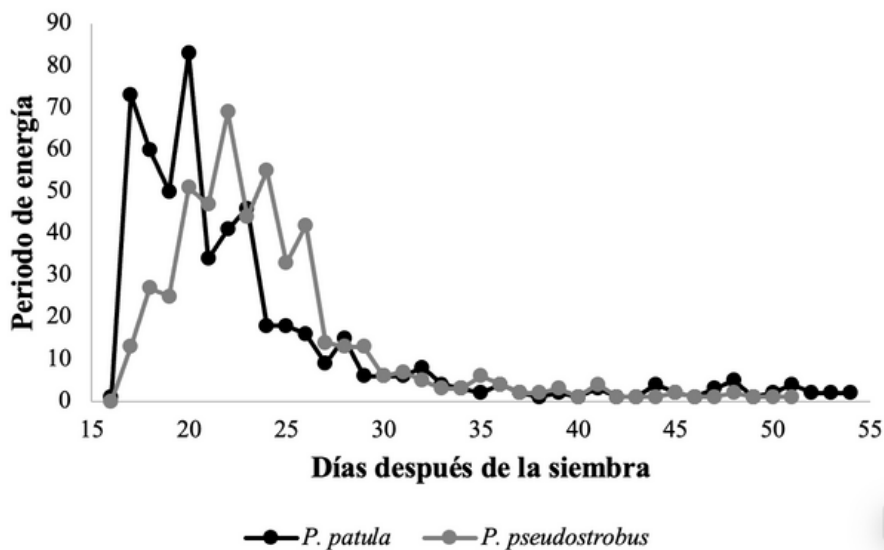


Figura 3. Periodo de energía para *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* y *P. pseudostrobus* var. *oaxacana*.

Conclusiones

Pinus patula var. *longepedunculata* y *P. pseudostrobus* var. *oaxacana* germinan, en condiciones de invernadero, a partir de los 15 días después de la siembra; sin embargo, *P. patula* presenta una mayor velocidad de germinación y mayor porcentaje germinativo; es decir, esta especie presentó mejores indicadores reproductivos y mayor eficiencia germinativa bajo condiciones climáticas similares. Es necesario la utilización de germoplasma procedente de fenotipos superiores y su relación con características ambientales de su procedencia para garantizar la eficiencia reproductiva de semilla, calidad de plántula y su adaptabilidad en campo.

Literatura citada

- Alba, L., J., L. Mendizábal, H. y A. Aparicio, R. (2003). Estudio de germinación y plántulas de tres poblaciones de *Pinus oaxacana* Mirov de México. *Foresta Veracruzana*. 5(1): 37-43.
- Aparicio-Rentería, A., J. Cruz. y L. Alba. (1999). Efecto de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* Sch. et Cham., *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus pseudostrobus* Lindl. en condiciones de vivero. *Foresta Veracruzana*. 1(2): 31-34.
- Aragón, P., R. D., G. Rodríguez, O., J. J. Vargas, H., J. R. Enríquez, del V., A. Hernández, H. y G. V. Campos, A. (2020). Selección fenotípica y características reproductivas de *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* (Mirov) S. G. Harrison. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 11(59): 118-140. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i59.700>
- Barrios-Gómez, E. J., J. Canul-Ku, M. G. Hernández-Arenas. y J. L. Solís-Bonilla. (2018). Evaluación de dos ciclos de higuera en Morelos, México: siembra y rebrote. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9(8): 1663-1673. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.679>
- Bustamante-García, V., J. Á. Prieto-Ruiz, E. Merlín-Bermudes, R. Álvarez-Zagoya, A. Carrillo-Parra. y J. C. Hernández-Díaz. (2012). Potencial y eficiencia de producción de semilla de *Pinus engelmannii* Carr., en tres rodales semilleros del estado de Durango, México. *Madera y Bosques*. 18(3): 7-21.
- Capilla-Dinorin, E., J. López-Upton, M. Jiménez-Casas. y V. Rebolledo-Camacho. (2021). Características reproductivas y calidad de semillas en poblaciones fragmentadas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. *Revista. Fitotecnia. Mexicana*. 44(2): 211-219. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.2.211>
- Castellanos-Acuña, D., C. Sáenz-Romero, R. A. Lindig-Cisneros, N. M. Sánchez-Vargas, P. Lobbit y J. C. Montero-Castro. 2013. Variación altitudinal entre especies y procedencias de *Pinus pseudostrobus*, *P. devoniana* y *P. leiophylla*, ensayo de vivero. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 3:399-411. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.01.002>
- Donohue, K., R. Rubio, C., L. Burghardt, K. Kovach. y C. G. Willis. (2010). Germination, postgermination, adaptation and species ecological ranges. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 41:293-319. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144715>
- Fuentes-Amaro, S. L., R. Rodríguez-Laguna, R. Razo-Zárate, J. Meza-Rangel, M. Jiménez-Casas y G. A. López-Zepeda. (2020). Energía germinativa en árboles selectos de *P. patula* Schl. et Cham. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 7(1):69-78.
- Fuentes-Amaro, S., R. Rodríguez-Laguna, R. Razo-Zárate, J. Meza-Rangel y M. Jiménez-Casas. (2021). Variación altitudinal en emergencia y crecimiento inicial de plantas de *Pinus patula*. *Revista. Fitotecnia. Mexicana*. 44(4): 655-660. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.655>
- Gómez, J., D. M., C. Ramírez, H., J. Jasso, M. y J. López, U. (2010). Variación en características reproductivas y germinación de semillas de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schtdl. & Cham. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33(4):297-304.
- Gómez-Romero, M., J. C. Soto-Correa, J. A. Blanco-García, C. Sáenz-Romero, J. Villegas y R. Lindig-Cisneros. (2012). Estudio de especies de pino para restauración de sitios degradados. *Agrociencia*. 46: 795-807.
- González, M., I. Quiroz, E. García y B. Gutiérrez. (2008). Escarificación química con ácido sulfúrico como tratamiento pregerminativo para semillas de Toromiro (*Sophora toromiro* Skotts). Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*. 14 (1): 111-118.
- González, M., M., F. Cruz, C., G. Quiñonez, B., B. Vargas, L. y J. A. Nájera, L. (2016). Modelo de crecimiento en altura dominante para *Pinus pseudostrobus* Lindl. en el Estado de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 7(37): 7-20. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v7i37.48>
- Hernández, C., O., E. O. Ramírez, G. y L. Mendizábal, H. (2003). Variación en semillas de cinco procedencias de *Pinus pseudostrobus* Lindl. *Foresta Veracruzana*. 5 (2): 23-28.
- Hernández-Anguiano, L. A., J. López-Upton, C. Ramírez-Herrera y A. Romero-Manzanares. (2018). Variación en germinación y vigor de semillas de *Pinus cembroides* y *Pinus orizabensis*. *Agrociencia*. 52: 1161-1178.
- Hernández, M., M. M., J. Islas, G. y V. Guerra-de la C. (2011). Márgenes de comercialización del piñón (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) en Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2: 265-279.

- López-Hernández, J. A. y A. G. Valles, G. (2009). Modelos para la estimación del índice de sitio para *Pinus durangensis* Martínez en San Dimas, Durango. *Revista Ciencia Forestal en México*. 34(105): 187-198.
- Martínez-Berdeja, A., J. A. Hamilton, A. Bontemps, J. Schmitt y J. W. Wright. (2019). Evidence for population differentiation among Jeffrey and Ponderosa pines in survival, growth and phenology. *Forest Ecology and Management*. 434:40-48. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.009>
- Mendizábal-Hernández, L. C., J. Alba-Landa, M. C. Rodríguez-Juárez, E. O. Ramírez-García, J. Márquez-Ramírez y H. Cruz-Jiménez. (2015). Estudio de germinación de cinco procedencias de *Pinus greggii* Engelm. *Foresta Veracruzana*. 17:49-56.
- Muñoz, H., J. F., G. G. Orozco, G., V. M. C. Avalos, J. J. S. García, Y. Y. V. Muñoz y G. S. Cruz. (2011). Evaluación de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus greggii* Engelm. con dos densidades de plantación en Michoacán, México. *Foresta Veracruzana*. 13(1): 29-35.
- Pece, M., C. Gaillard, M. Acosta, C. Bruno y S. Saavedra. (2010). Tratamientos pregerminativos para tija colorada (*Pterogyne nitens* Tul.). *Foresta Veracruzana*. 12 (1): 17-25.
- Quiroz-Vázquez, R. I., J. López-Upton, V. M. Cetina-Alcalá y G. Ángeles-Pérez. (2017). Capacidad reproductiva de *Pinus pinceana* Gordon en el límite sur de su distribución natural. *Agrociencia*. 51(1): 91-104.
- Ramírez, S. R., G. Ángeles, P., R. Clark, T., V. M. Cetina, A., O. Plascencia, E. y P. Hernández, R. (2015). Efectos del manejo forestal en la repoblación de *Pinus* spp. en la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 6:49-62. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i32.98>
- Rodríguez-Ortiz, G., R. D. Aragón-Peralta, J. R. Enríquez-del Valle, A. Hernández-Hernández, W. Santiago-García y G. V. Campos-Angeles. (2020). Calidad de plántula de progenies selectas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. var. *oaxacana* del sur de México. *Interciencia*. 45(2): 96-101.
- Romero-Arenas, O., J. A. Rivera, T., J. F. Lopez-Olguín, O. A. V. Espino, B., M. Huerta, L. y C. Parraguirre, L. (2013). Germinación de semillas de *Pinus patula* en residuos de cáscara de nuez (*Juglans regia* L.) en vivero. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. 2(4): 17 p.
- Romero-Rangel, S., L. E. Rubio-Licona, L. Chávez-Serrano, E. C. Rojas-Zenteno y M. García-Pineda. (2017). Comportamiento germinativo y crecimiento temprano de *Pinus devoniana* y *Pinus pseudostrobus* (Pinaceae). *BIOCYT*. 10(39):749-756.
- Rueda-Sánchez, A., J. D. Benavides-Solorio, J. T. Sáenz-Reyes, H. J. Muñoz, F., J. A. Prieto-Ruiz y G. Orozco-Gutiérrez. (2013). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 5(22): 58-73. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i22.350>
- Sáenz-Romero, C., F. Muñoz y S. Rueda. (2011). Especies promisorias de clima templado para plantaciones forestales comerciales en Michoacán. INIFAP. Libro técnico No. 10
- Sáenz-Romero, C., S. Aguilar-Aguilar, M. Á. Silva-Farías, X. Madrigal-Sánchez, S. Lara-Cabrera y J. López-Upton. (2012). Variación morfológica altitudinal entre poblaciones de *Pinus devoniana* Lindl. y la variedad putativa comuta en Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 3(13): 17-28. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v3i13.486>
- Sánchez, T., V., M. L. Nieto, P. y L. C. Mendizábal, H. (2005). Producción de semillas de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D.K. Bailey de Altzayanca, Tlaxcala, México. *Foresta Veracruzana*. 7: 15-20.
- SAS Institute Inc. (2014). Programming with Base SAS ® 9.4, Second Edition. SAS Institute. Cary, NC. USA. 900 p.
- Sigala, R., T. González y R. Prieto. (2015). Supervivencia en plantaciones de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en función del sistema de producción y preacondicionamiento en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 6(30): 20-31. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i30.205>
- Tíscar, O. P. A. y M. B. Lucas. (2010). Seed mass variation, germination time and seedling performance in a population of *Pinus nigra* subsp. *Salzmannii*. *Forest Systems*. 19(3): 344-353. <https://doi.org/10.5424/fs/2010193-9094>
- Valdés-Rodríguez, O. A., A. Pérez-Vázquez y C. Muñoz-García. (2018). Efecto de peso y talla de semilla sobre plántulas de *Moringa* y *Ricinus*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9(7): 1411-1422. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.734>
- Verdú, M. and A. Traveset. (2005). Early emergence enhances plant fitness: a phylogenetically controlled meta-analysis. *Ecology*. 86:1385-1394. <https://doi.org/10.1890/04-1647>