

# Energía germinativa en árboles selectos de *P. patula* Schl. et Cham.

S. L. Fuentes-Amaro<sup>1</sup>, R. Rodríguez-Laguna<sup>1\*</sup>, R. Razo-Zárate<sup>1</sup>, J. Meza-Rangel<sup>1</sup>, M. Jiménez-Casas<sup>2</sup> y G. A. López Zepeda<sup>1</sup>

Instituto de Ciencias Agropecuarias<sup>1</sup>, Programa forestal<sup>2</sup>  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo<sup>1</sup>, Colegio de Postgraduados<sup>2</sup>  
Tulancingo, Hgo., Texcoco, Mex.; Mexico  
[fu123111, rlaguna\*]@uaeh.edu.mx

**Abstract**— *Pinus patula* is a timber species with high productive potential. As part of a genetic improvement program, individuals of outstanding phenotype were selected in natural populations and germplasm was collected from these trees. The objective of this work was to evaluate germination parameters and investigate the relationship of these variables with the weight of the seed. Significant differences were found between the trees in all the variables evaluated. Germinative capacity was high and the uniform emergence. No relationship was found between seed weight and germination percentage and neither with germinative energy; but it was positively correlated with cotyledon number and longitude hypocotyl.

**Keyword**— phenotype, germination, cotyledons, selected trees.

**Resumen**— *Pinus patula* es una especie maderable con alto potencial productivo. Como parte de un programa de mejora genética se seleccionaron, en poblaciones naturales, individuos de fenotipo sobresaliente y se colectó germoplasma de dichos árboles. El objetivo de este trabajo fue evaluar parámetros germinativos e investigar la relación de dichas variables con el peso de la semilla. Se encontraron diferencias significativas entre los árboles en todas las variables evaluadas. La capacidad germinativa fue alta y la emergencia uniforme. No se encontró relación entre el peso de semilla y el porcentaje de germinación ni con energía germinativa; pero se correlacionó de manera positiva con el número de cotiledones y longitud de hipocotilo.

**Palabras claves**— fenotipo, mejora genética, correlación, cotiledones, hipocotilo.

## I. INTRODUCCIÓN

*Pinus patula* Schl. et Cham. es una especie endémica de México [1], posee potencial productivo dado que tiene rápido crecimiento, buena conformación de copa y madera de calidad [2]. Además, es de las especies más utilizadas para la reforestación en el país [3]. En México se distribuye de manera natural sobre la Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y Sierra Madre de Oaxaca, en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Oaxaca, Querétaro, Tlaxcala y Distrito Federal [4].

Con la finalidad de iniciar un programa de mejora genética de *P. patula*, se seleccionaron árboles sobresalientes en poblaciones naturales ubicadas en la región centro de su distribución. A fin de conocer su semilla que producen, se valora principalmente el porcentaje y el vigor de germinación [5]. La uniformidad en la emergencia incide en la calidad de la planta que se produce en vivero. En el proceso germinativo se involucran diversos factores como temperatura, humedad, tamaño de la semilla y características propias del árbol como la edad.

Para algunas especies el peso de la semilla tiene efecto significativo en parámetros germinativos o de emergencia. Ya que se ha encontrado que las semillas más pesadas germinan antes y muestran mejor germinación que las semillas más ligeras [6, 7, 8]. Además, las plántulas que provienen de semillas pesadas tienen mayor supervivencia y mayor rendimiento en peso seco que las que se originan de semillas livianas [8]. Sin embargo, para otras especies la relación entre masa de semilla y germinación ha sido nula [9, 10]. Dicho lo anterior, se planteó en el presente trabajo el objetivo de evaluar parámetros

germinativos en árboles selectos de *P. patula* en poblaciones naturales y estimar la relación con el peso de la semilla.

## II. METODOLOGÍA

### *Colecta de semilla*

La colecta de semilla se realizó en 20 árboles que se encuentran ubicados en dos poblaciones de Hidalgo y otra en el Norte de Veracruz (Tabla 1), los cuales se numeraron de manera consecutiva de acuerdo al orden de colecta. Para la selección de cada árbol se consideró sanidad, rectitud del fuste, altura, diámetro y autopoda. En los árboles selectos se tuvo el cuidado de tener la distancia mínima de 100 m entre ellos para evitar parentesco.

Tabla I. Ubicación de los árboles selectos de *P. patula* y distribución por población natural.

Localidad	Estado	Árboles
Ojo de Agua, Huayacocotla	Veracruz	A1 al A12
Cumbre de Muridores, San Bartolo T.	Hidalgo	A13 al A17
Ejido San Cornelio, Agua Blanca	Hidalgo	A18 al A20

De cada árbol se obtuvieron conos maduros color ocre cerrados por medio de escalado en el año 2019, se identificaron con etiquetas para mantener la identidad de los mismos, los cuales fueron llevados al Laboratorio de Semillas y Germoplasma del Instituto de Ciencias Agropecuarias, para realizar la limpieza y almacenamiento de la semilla.

### *Siembra*

La siembra se realizó en agosto de 2019, las semillas de cada árbol fueron sumergidas en agua por 12 horas antes con la finalidad de homogenizar la germinación. La mezcla sustrato para la producción de planta en vivero estuvo compuesta por 60 % aserrín, 15 % turba de musgo, 15 % tezontle y 10 % vermiculita, más 8 g/L de fertilizante de liberación controlada de ocho meses (12-09-16). Se utilizaron envases rígidos de polietileno con capacidad de 210 cc, en charolas con 42 cavidades, las cuales permanecieron en invernadero con temperatura promedio de 21 °C. Se realizaron riegos ligeros a diario durante la etapa de germinación y después cada tercer día.

### *Variables*

Para obtener el peso por semilla de cada árbol se pesaron tres muestras de 200 semillas en balanza digital marca Ohaus® serie MB45 con precisión a milésimas de gramo, los valores se promediaron para tener un solo valor. Para medir porcentaje de germinación (capacidad germinativa) se registró el número de semillas que emergieron cada tres días y se utilizó la siguiente fórmula:

$$CG (\%) = (\text{semillas germinadas/semillas totales}) * 100 \quad (1)$$

El valor de energía germinativa se determinó con base al número de días necesarios para alcanzar el 50 % del porcentaje de germinación. Se evaluó el número de cotiledones y la longitud del hipocotilo con regla graduada y precisión al milímetro.

### *Diseño experimental*

Para las variables capacidad y energía germinativa se utilizó el diseño completamente al azar con tres repeticiones de 42 semillas, para sumar el total de 126 semillas por árbol. Para las variables número de cotiledones y longitud del hipocotilo se midieron 14 plántulas por repetición evitando el borde de la charola y sumar el total de 42 plántulas de cada árbol. El modelo que se utilizó para el análisis de los datos fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + I_i + R_j + E_{ij} \quad (2)$$

Donde  $Y_{ij}$  es el valor de la  $ij$ -ésima observación,  $\mu$  es la media general de la población,  $I_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo individuo,  $R_j$  es el efecto de  $j$ -ésima repetición y  $E_{ij}$  es el error experimental.

### *Análisis estadístico*

Para cada variable evaluada, los datos se sometieron al análisis de varianza para identificar diferencias significativas y donde hubo diferencias se aplicó la prueba de medias de Tukey. Se realizó el análisis de correlación de Pearson entre el peso de la semilla y las variables evaluadas. El análisis de los datos se hizo con el software Minitab®18.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Peso de semilla*

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en el peso de semilla entre árboles (Figura 1). El peso promedio de las 200 semillas fue de 1.9 g. El valor mínimo y máximo encontrado fue de 1.1 y 2.9 gramos para el árbol A18 y A2 respectivamente. La semilla de los árboles A2, A3, A5, A12, A13 y A19 mostro valores por encima de la media. El árbol A18 produce semilla liviana de 0.0055 gramos (5.5 miligramos) por semilla mientras que el árbol A2 cada semilla pesó 0.0145 gramos (14.5 miligramos), de modo que la diferencia en peso es de 9 miligramos (2.6 veces) entre las semillas extremo-evaluadas. Se ha reportado en otras especies de pinos variación entre árboles de hasta cuatro veces en dicha variable [11].

Para semilla de *P. patula* obtenida de un huerto semillero se encontró que el peso de semilla individual a nivel de árbol varió de 0.006 a 0.008 g [12]. Este rango está dentro del encontrado en este ensayo (el peso de una semilla varió de 0.0055 a 0.0145 g). Esta variación intraespecífica en el peso de la semilla podría estar explicada en gran parte por el efecto materno [13].

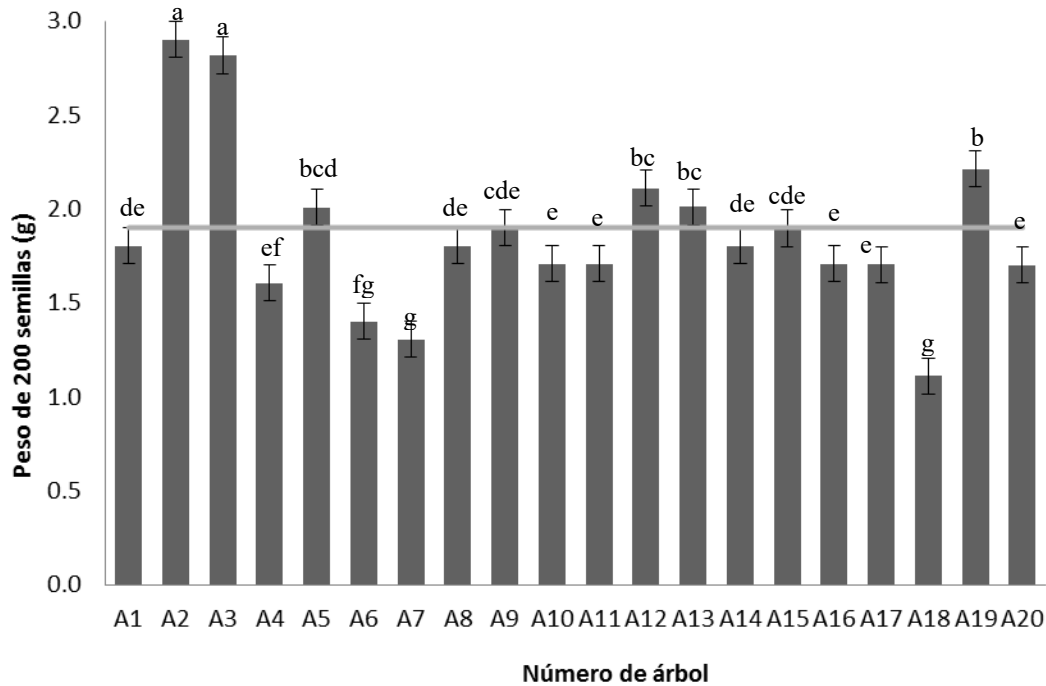


Fig. 1. Peso de semillas de *P. patula*. Árboles con diferente letra son significativamente diferentes (Tukey 0.05).

*Capacidad germinativa*

El tiempo en el que inicio el proceso de germinación varió entre los árboles. Para el 90 % de los árboles la germinación comenzó a los 15 días después de la siembra; el resto de los árboles comenzó este proceso hasta el día 18. La figura 2 muestra la Capacidad germinativa para cinco de los árboles (no se incluyó a los 20 árboles evaluados con la finalidad de mejorar la apreciación de los resultados en la gráfica). La semilla del árbol A1 presento un pico de germinación pronunciado en el día 18, en contraste los individuos A7 y A9 mostraron un pico de germinación menos pronunciado (37 %) hasta el día 24. La duración del proceso de germinación también varió entre los árboles.

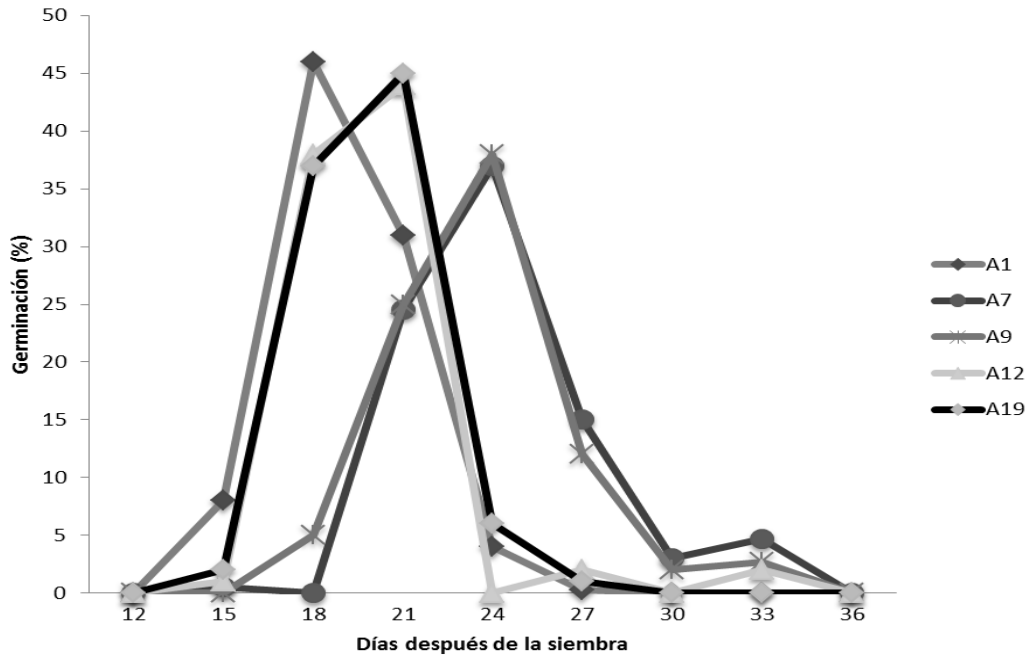


Fig. 2. Capacidad germinativa (valores extremos) de árboles selectos de *P. patula*.

Con respecto a los resultados obtenidos de la germinación acumulada se tuvo en promedio el 80% a los 24 días después de la siembra (Figura 3). Este tiempo transcurrido es favorable para los grandes productores de planta en vivero que se refleja en la uniformidad de la talla de la planta desde las primeras etapas de producción hasta el final del ciclo en vivero.

El 20 % de los árboles (A1, A6, A8, A19) completó la germinación total a los 24 días, en contraste, la semilla del árbol A7 requirió hasta 33 días. Esta variación encontrada puede deberse, en buena parte, a las condiciones locales bajo las cuales maduran las semillas tales como la temperatura ambiente y/o la disponibilidad de agua [15].

El árbol que presentó mayor y menor porcentaje de germinación fue A8 y A5 respectivamente. La capacidad germinativa promedio general del ensayo fue alta (86.1 %). Este resultado es consistente con el porcentaje de germinación reportado para *P. patula* en otros trabajos [4]; y es similar al encontrado en semillas de esta misma especie de Chignahuapan, Puebla, puestas a germinar en residuos de nuez (*Juglans regia* L.) en vivero que fue de 84.5 % [14].

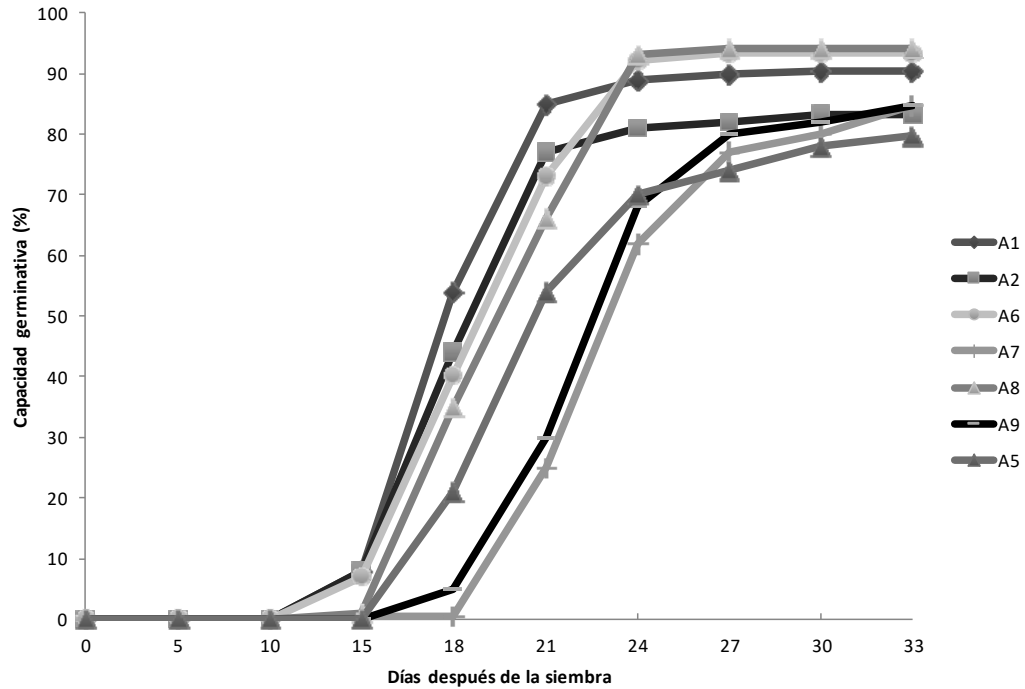


Fig. 3. Curva de germinación acumulada (valores extremos) de *P. patula* de semilla producida en 20 árboles selectos de tres poblaciones naturales.

**Energía germinativa**

En esta variable el análisis de varianza mostró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los árboles. La energía germinativa que presentó la semilla obtenida de los 20 árboles selectos de *P. patula* necesitó en promedio 20.5 días (Tabla 2). El resultado es similar al reportado para *P. patula* Sch. et Cham., *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus pseudostrobus* Lindl. en condiciones de vivero [16], en semilla colectada en árboles de una población ubicada en Huayacocotla, Ver., que fue de 20.1 días en promedio.

Se encontró que la semilla del árbol A1 completó el 50% de la germinación en el menor tiempo ( $18.5 \pm 0.25$  días) lo que podría dar ventaja por el ambiente en que crece, razón por la cual las semillas que emergen más rápido generan inicialmente plántulas vigorosas que aprovechan al máximo las condiciones ambientales de crecimiento [17]. Por el contrario, la semilla con la menor energía germinativa fue la del árbol A9 ( $23.2 \pm 0.25$  días).

Los valores de energía germinativa encontrados para *P. patula* en este trabajo son mayores a los reportados para otras especies de pino como *P. cembroides* (12.7 días) y *P. orizabensis* (13.3 días) [18]. Lo anterior se puede deber al método utilizado para la germinación, en estas últimas especies el proceso de germinación se realizó en cajas Petri colocadas dentro de una cámara de germinación con temperatura constante.

Tabla II. Parámetros germinativos y error estándar de semilla de 20 árboles selectos de *P. patula*.

Árbol	CG	EG*	NC	LH (cm)
A1	90.3 ± 1.45 ab	18.5 ± 0.25 g	5.0 ± 0.46 bcde	2.4 ± 0.25 bc
A2	83.3 ± 1.76 ab	18.8 ± 0.25 fg	5.4 ± 0.38 ab	2.6 ± 0.16 a
A3	91.3 ± 1.45 ab	19.4 ± 0.15 efg	5.3 ± 0.45 abc	2.6 ± 0.22 a
A4	84.0 ± 2.64 ab	20.9 ± 0.50 bcde	5.1 ± 0.42 abcde	2.1 ± 0.25 cdefgh
A5	79.7 ± 2.33 b	20.9 ± 0.51 bcde	5.4 ± 0.39 ab	2.0 ± 0.24 defgh
A6	93.3 ± 0.33 a	19.6 ± 0.22 efg	4.6 ± 0.39 e	2.3 ± 0.23 bcd
A7	84.3 ± 1.85 ab	21.6 ± 0.57 abc	4.7 ± 0.39 de	2.1 ± 0.19 cdefgh
A8	94.0 ± 0.57 a	20.2 ± 0.34 cdef	5.2 ± 0.37 abcd	2.1 ± 0.23 cdef
A9	84.7 ± 2.60 ab	23.2 ± 0.25 a	5.6 ± 0.40 a	1.9 ± 0.15 efg
A10	88.3 ± 3.18 ab	19.7 ± 0.49 defg	4.8 ± 0.31 cde	2.2 ± 0.18 bcde
A11	85.0 ± 2.31 ab	20.3 ± 0.35 bcdef	5.3 ± 0.40 abc	2.1 ± 0.20 cdefgh
A12	87.0 ± 2.83 ab	19.4 ± 0.80 efg	5.2 ± 0.43 abcd	2.2 ± 0.21 bcd
A13	87.0 ± 3.21 ab	21.5 ± 0.25 bc	5.4 ± 0.42 ab	1.9 ± 0.19 gh
A14	87.0 ± 2.31 ab	21.8 ± 0.62 abc	5.4 ± 0.36 ab	1.8 ± 0.23 h
A15	89.3 ± 1.45 ab	22.0 ± 0.25 ab	5.5 ± 0.36 ab	2.0 ± 0.15 defgh
A16	82.0 ± 3.60 ab	19.8 ± 0.72 defg	5.3 ± 0.35 abc	1.9 ± 0.16 fgh
A17	80.3 ± 2.40 b	20.9 ± 0.93 bcde	5.2 ± 0.42 abc	2.3 ± 0.20 bc
A18	80.3 ± 1.45 b	21.4 ± 0.69 bcd	4.8 ± 0.30 cde	1.9 ± 0.16 fgh
A19	91.0 ± 1.52 ab	19.7 ± 0.51 efg	5.0 ± 0.35 bcde	2.4 ± 0.17 ab
A20	80.3 ± 2.60 b	20.6 ± 0.28 bcde	5.2 ± 0.38 abc	2.2 ± 0.20 bcde
<b>Media</b>	<b>86.1</b>	<b>20.5</b>	<b>5.2</b>	<b>2.1</b>

CG= capacidad germinativa, EG= energía germinativa, NC= número de cotiledones, LH= longitud de hipocotilo.

\* Valores menores indican mayor velocidad de germinación. Letras diferentes son estadísticamente diferentes con  $P \leq 0.05$ .

### Número de cotiledones y longitud del hipocotilo

El análisis de varianza presentó diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en el número de cotiledones y longitud del hipocotilo de las plántulas de *P. patula* obtenida de semilla producida de los árboles selectos. El árbol A9 presentó el mayor número de cotiledones (5.6) mientras que las plántulas obtenidas de la semilla producida por el árbol 6 mostraron en promedio 4.6 cotiledones. El promedio general de cotiledones en el ensayo fue de 5.2 por plántula, similar al reportado por Barnes y Schweppenhauser [19] también para *P. patula* que fue de 5.08.

En relación con la longitud del hipocotilo de las plántulas obtenidas de la semilla producida de los árboles A2 y A3 tuvieron en promedio el valor de  $2.6 \pm 0.16$  cm y las plántulas del árbol A14 midió 1.8 cm reportado como el menor valor promedio. Se encontró que las plántulas con mayor longitud de hipocotilo fueron obtenidas de semillas con mayor peso promedio.

### Correlación de parámetros germinativos con peso de semilla

No se encontró correlación del peso de la semilla con las variables germinativas (Tabla 3). Por lo que para los árboles evaluados la semilla más grande no se relaciona con una mayor capacidad y energía germinativa. Este mismo patrón se encontró en semillas de *Nothofagus glauca* [20], y en *Juniperus procera* [10]. Por otro lado, se encontraron correlaciones positivas significativas ( $P \leq 0.05$ ) del peso de la semilla con la longitud del hipocotilo y el número de cotiledones. Lo anterior significa que las plántulas con mayor longitud de hipocotilo y mayor número de cotiledones son obtenidas de semilla con mayor peso.

Tabla III. Correlación de parámetros germinativos con peso de semilla producida por 20 árboles selectos de *P. patula* de tres poblaciones naturales.

	CG	EG	NC	LH
Peso de semilla	-0.279 (p=0.234)	-0.383 (p=0.096)	0.552 (p=0.012)	0.619 (p=0.004)

## IV. CONCLUSIONES

La semilla obtenida de los árboles selectos de *P. patula* en tres poblaciones naturales tuvo 86.6 % de germinación y alta uniformidad en la emergencia de la plántula. El periodo de mayor germinación fue de 18 a 24 días después de la siembra (77.6 %). Se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones para todas las variables que se midieron. El peso individual de la semilla varió de 0.0055 a 0.0145 g. Se encontró correlación significativa de longitud del hipocotilo y número de cotiledones con el peso de la semilla. Es decir, plántulas con mayor longitud de hipocotilo y mayor número de cotiledones son obtenidas de semilla con mayor peso. Tanto la capacidad como la energía germinativa de la semilla de los árboles selectos de *P. patula* no tuvo relación con el peso de la semilla.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se derivó del proyecto “Establecimiento de huertos semilleros asexuales regionales y ensayos de progenie de *Pinus patula* para la evaluación genética de los progenitores” financiado a través del fondo sectorial para la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica forestal CONACYT-CONAFOR.



## REFERENCIAS

- [1] Perry, J. (1991). *The Pines of Mexico and Central America*. Timber press. Portland, Oregon.
- [2] Nyoka, B. (2002). *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. In: CAB International (comp). *Pines of Silvicultural Importance*. London, UK. CABI Publishing.
- [3] Aparicio, R. A., Cerillo, S. y Velásquez, L. (2014). Propagación por enraizamiento de estacas y conservación de árboles plus extintos de *Pinus patula* procedentes del norte de Veracruz, México. *Madera y Bosques*, 20 (1), 85-96.
- [4] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Programa Nacional de Reforestación. (2006). Sistema de Información para la Reforestación. SIRE. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Programa Nacional de Reforestación Paquetes tecnológicos. Recuperado el 28 de Diciembre del 2019 en [http://148.223.105.188:2222/gif/snif\\_portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=23&Itemid=24](http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=24).
- [5] Bonner, T., Vozzo, J., Elam, W. and Land, S. (1994). *Tree Seed Technology Training Course. Instructor's Manual*. USDA, Forest Service. General Technical Report SO-106. New Orleans, Louisiana.
- [6] Cordazzo, C. V. (2002). Effect of seed mass on germination and growth in three dominant species in southern brazilian coastal dunes. *Brazilian Journal of Biology*, 62(3), 427-435.
- [7] Tíscar, O. P. A. and Lucas, M. B. (2010). Seed mass variation, germination time and seedling performance in a population of *Pinus nigra* subsp. *Salzamannii*. *Forest Systems*, 19(3), 344-353.
- [8] Cendán, C., Sampedro, L. y Zas, R. (2013). The maternal environment determines the timing of germination in *Pinus pinaster*. *Environmental and experimental Botany*, 94, 66-72.
- [9] Latif, K. and Shankar, U. (2001). Effect of seed weight, light regime and substratum microsite on germination and seedling growth of *Quercus semiserrata* Roxb. *Tropical Ecology*, 42(1), 117-125.
- [10] Mamo, N., Mihretu, M., Fekadu, M., Tigabu, M. and Teketay, D. (2006). Variation in seed and germination characteristics among *Juniperus procera* populations in Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, 225, 320-327.
- [11] Bladé, C. and Vallejo, R. (2008). Seed mass effects on performance of *Pinus halepensis* Mill. seedlings sown after fire. *Forest Ecology and Management*, 255, 2362-2372.
- [12] Márquez, R. J., Alba, L. J. y López, H. J. (2007). Variación en semillas de siete familias y tres cosechas de *Pinus patula* Schl. et Cham. de un huerto de tercera generación de selección. *Foresta Veracruzana*, 9(1): 35-43.
- [13] Clair, J. B. and Adams, T. W. (1991). Effects of seed weight and rate of emergence on early growth of open-pollinated Douglas-Fir families. *Forest Science*, 37(4), 987-997.
- [14] Romero-Arenas, O., Rivera, T. A., López-Olguín, J., Villarreal, E. O., Huerta, L. M. y Parraguirre, L. C. (2013). Germinación de semillas de *Pinus patula* en residuos de nuez (*Juglans regia* L.) en vivero. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas*. Recuperado el 10 Enero de 2020 en [https://www.researchgate.net/publication/312956825\\_Germinacion\\_de\\_semillas\\_de\\_Pinus\\_patula\\_en\\_residuos\\_de\\_cascara\\_de\\_nuez\\_Juglans\\_regia\\_L\\_en\\_vivero\\_Seed\\_germination\\_of\\_Pinus\\_patula\\_in\\_waste\\_Nuts\\_hell\\_Juglans\\_regia\\_L\\_in\\_nursery](https://www.researchgate.net/publication/312956825_Germinacion_de_semillas_de_Pinus_patula_en_residuos_de_cascara_de_nuez_Juglans_regia_L_en_vivero_Seed_germination_of_Pinus_patula_in_waste_Nuts_hell_Juglans_regia_L_in_nursery).
- [15] Gutterman, Y. (2000). Maternal effects on seeds during development. In Fenner, M. (Edit.) *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities* (pp. 27-59). Wallingford, UK. CAB International.
- [16] Aparicio, R. A., Cruz, J. H. y Alba, L. J. (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.
- [17] Sorensen, F. C., and Campbell, K. R. (1997). Near neighbor pollination and plant vigor in coastal Douglas-fir. *Forest Genetic*. 4, 149- 157.

- [18] Hernández-Anguiano, L., López-Upton, J., Ramírez-Herrera, y Romero-Manzanares, A. (2018) Variación en vigor de semillas de *Pinus cembroides* y *Pinus orizabensis*. *Agrociencia*, 52, 1161-1178.
- [19] Barnes, R. and Schweppenhauser, M. (1978). *Pinus patula* Schiede and Deppe progeny tests in Rhodesia Genetic control of nursery traits. *SilvaeGenetica*, 27(5), 200-204.
- [20] Santelices, M. R., Espinoza, M. S., Magni, D., Cabrera, A. A, Donoso, S. C. and Peña, R. K. (2017) Variability in seed germination and seedling growth at the intra- and interprovenance levels of *Nothofagus glauca* (*Lophozonia glauca*), an endemic species of Central Chile. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 47 (10).