

CONOS Y SEMILLAS DE FENOTIPOS SELECTOS DE *Pinus patula* var. *longipedunculata* DE PROCEDENCIAS DE OAXACA, MÉXICO¹

[CONES AND SEEDS OF SELECTED PHENOTYPES OF *Pinus patula* var. *longipedunculata* FROM PROVENANCES OF OAXACA, MEXICO]

Adán Hernández-Hernández^{1§}, Marco Antonio Reyes-Reyes³, Gerardo Rodríguez-Ortiz⁴, José Raymundo Enríquez del Valle⁴, Martín Gómez-Cárdenas², Vicente Arturo Velasco-Velasco⁴

^{1,2}INIFAP-Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Melchor Ocampo No. 7, Santo Domingo Barrio Bajo, Villa de Etla, Oaxaca, México CP. 68200, Tel. 01-800-088-2222; y Campo Experimental Uruapan. Av. Latinoamericana No. 1101, Col. Revolución, Uruapan, Michoacán, México CP. 60500, Tel. 01-800-088-2222 ext. 84216. ^{3,4}Ingeniería Forestal y División de Estudios de Posgrado e Investigación, TecNM-Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, 71233, Tel. 5170788. [§]Autor para correspondencia (adanhernandez4582@gmail.com).

RESUMEN

Conocer el potencial de producción de semillas en especies forestales permite estimar la cantidad y calidad de cosecha de años posteriores. El objetivo fue analizar características de conos y semillas de árboles selectos de *Pinus patula* var. *longipedunculata* y de sus procedencias de diferentes regiones del estado de Oaxaca. El germoplasma sexual fue colectado durante el invierno de 2018 en 46 fenotipos superiores de siete procedencias. En conos y semillas se midieron, en 2019, variables morfológicas y morfométricas, transformándolas a raíz cuadrada para diferenciar árboles y procedencias mediante análisis de varianza y prueba de medias (Duncan, $\alpha = 0.05$). Todos los fenotipos de las dos regiones de Oaxaca mostraron alta variabilidad en todas sus variables evaluadas ($p \leq 0.0001$). Los árboles selectos 57 y 10 tuvieron la mayor cantidad de escamas fértiles por cono y correspondieron a las procedencias de la Sierra Norte de Oaxaca (San Juan Luvina y Santa María Jaltianguis). El origen de los fenotipos seleccionados y los factores del sitio generan diferencias morfológicas y morfométricas de conos y semillas de *P. patula* var. *longipedunculata*, por lo que se recomienda el germoplasma de la parte norte del estado.

Palabras clave: escamas fértiles e infértiles, morfología de conos y semillas, Sierra Norte y Sur.

ABSTRACT

The knowledge of the potential of seed production in forest species allows to estimate the quantity and quality of harvest from later years. The objective was to analyze cones and seeds characteristics of select *Pinus patula* var. *longipedunculata* trees and their provenances from different regions of Oaxaca State. The sexual germplasm was collected during the Winter of 2018 in 46 selected phenotypes of seven provenances. In cones and seeds, morphological and morphometric variables were measured in 2019, transforming them to root square to differentiate trees and provenances through analysis of variance and test of means (Duncan, $\alpha = 0.05$). All phenotypes of the two regions of Oaxaca showed high variability in all of their evaluated variables ($p \leq 0.0001$). Select trees 57 and 10 had the most fertile scales per cone and corresponded to the provenances from the Sierra Norte of Oaxaca (San Juan Luvina and Santa María Jaltianguis). The origin of the selected

¹ Recibido: 11-mayo-2019
Aceptado: 02-diciembre-2019

phenotypes and site factors generate morphological and morphometric differences of cones and seeds of *P. patula* var. *longipedunculata*, so germplasm from the northern part of the state is recommended.

Index words: Fertile and infertile scales, cones and seeds morphology, Sierra Norte and Sur.

INTRODUCCIÓN

Pinus patula Schiede ex Schltdl. et Cham. es un pino endémico de México, el interés en la especie aumenta por su crecimiento rápido, calidad de madera y facilidad de manejo (Wormald, 1975). La distribución natural altitudinal de *P. patula* oscila entre 1600 y 3100 m (Nyoka, 2002).

La mayoría de las especies forestales se reproducen por medio de semillas (sexual), lo que implica diversos procesos biológicos, que inician en la floración y terminan en el establecimiento de las plántulas (Besnier, 1989). Las semillas forestales son muy importantes y valiosas, cuando proceden de fenotipos deseables o individuos genéticamente mejorados se puede obtener semilla de buena calidad genética, así como también con capacidad para germinar (calidad biológica), para poder establecer plantaciones o mejorar la calidad de los bosques, además se contribuye al mejoramiento genético de la especie (Niembro, 1986).

Un factor importante de éxito es la selección de semilla de alta calidad física y genética (Martínez *et al.*, 1994). En México, las tasas de supervivencia al año de plantado, durante el periodo 2006-2009 fueron, en promedio, del 55.6% (Prieto y López-Upton, 2006). Debido a la creciente demanda de semilla forestal de buena calidad, destinada a programas de reforestación y a la escasez de conocimientos sobre técnicas óptimas de manejo del germoplasma, se considera necesario sistematizar la evaluación de la producción de conos y semillas, y la calidad de semilla obtenida. Para obtener semilla de buena calidad es necesario tomar medidas de prevención, control de insectos y labores silvícolas adecuadas en las unidades productoras de semilla, con base en el ciclo biológico de la semilla y en las fechas en las que se desarrollan los insectos (Domínguez-Calleros *et al.*, 2016).

Los análisis de conos y semillas son una herramienta útil para determinar la cantidad y calidad de semilla producida en unidades productoras de germoplasma forestal (rodal semillero, área semillera, huerto semillero o árboles superiores). Para ello, la realización de los análisis de conos y semillas permiten asignarle un valor a un lote mediante la definición de las características morfológicas, anatómicas, físicas y biológicas (Alba-Landa *et al.*, 2001). La producción de semillas en un sitio determinado depende de los procesos que afectan la producción de los estróbilos, de las condiciones biológicas y ecológicas de la población y de las pérdidas potenciales durante el proceso de maduración de los conos hasta la producción de semilla (Contreras-Zayas, 2009).

La variación de conos y semillas de *Pinus oaxacana* Mirov. en tres sitios de la zona de Perote, Veracruz, ha mostrado diferencias significativas en las variables longitud y diámetro del cono, así como el número de semillas, largo y ancho de las mismas, se presentaron diferencias entre sitios y entre árboles dentro de los sitios. El sitio Los Molinos mostró en promedio valores más altos para la mayoría de las variables morfológicas evaluadas, inclusive el número de semillas (Menchaca, 2000). Vázquez y Zulueta (1994) estudiaron la variación de conos y potencial de producción de semillas de *P. oaxacana* en Tlaxcala, México, encontrando que la población estudiada presenta una variación tal que invita a promover un programa de mejoramiento genético y un programa de

conservación. Se ha estudiado la variación en semillas de siete familias y tres cosechas (1999, 2001 y 2003) de *P. patula* de un huerto de tercera generación de selección, encontrando diferencias significativas para largo, ancho y peso de semillas, tanto entre familias como entre cosechas. La presencia de variación entre familias en el huerto semillero es un indicativo de que se puede presionar más la selección con fines de mejoramiento (Márquez-Ramírez *et al.*, 2007).

Debido a que la producción de semilla en calidad y cantidad varía entre árboles individuales, entre especies y en cada ciclo de producción, y a que la colecta de semilla debe realizarse en un período de tiempo corto de dos a tres meses, la colecta requiere de una planeación adecuada que considera aspectos como: cálculo de las necesidades de la semilla, obtención de índices de producción de semilla, estimación de la cosecha, características de las áreas de colecta, localización de poblaciones, necesidades de recursos humanos, equipo y herramienta a utilizar, transporte de la cosecha, selección y almacenamiento (Prieto y López-Upton, 2006). Las razones anteriores le dan relevancia al tema planteado donde se requiere conocer con precisión la cantidad y calidad de semilla que puede obtenerse de una unidad productora de germoplasma forestal.

El presente estudio está enfocado a una variante de *P. patula*, denominado *P. patula* var. *longipedunculata* Loock ex Martínez, que se distribuye desde el noreste de Oaxaca hasta el centro de Guerrero (Dvorak *et al.*, 2001). El presente trabajo se enfoca en obtener material mejorado fenotípicamente, con orígenes y procedencias conocidas para obtener plantas con mejor calidad, en la cual se colectaron conos de los árboles seleccionados para la extracción de semilla para su análisis y comparar la producción de conos y semillas de los árboles superiores. El objetivo fue evaluar las características morfológicas y morfométricas de semillas y conos de fenotipos selectos de *Pinus patula* var. *longipedunculata* y sus procedencias del estado de Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los fenotipos selectos se encuentran en las Sierras Sur y Norte del estado de Oaxaca, entre los 2400 y 2900 msnm, de acuerdo a los datos recolectados en campo (Figura 1). La selección de fenotipos sobresalientes se efectuó en rodales naturales por el método de selección por comparación en el año 2018, utilizando la metodología de Bramlett *et al.* (1977); la colecta de conos y semillas fue realizada en los árboles seleccionados.

Manejo de conos y semillas

La colecta de conos se realizó en los meses enero-febrero 2019, con ayuda de una bicicleta forestal® se llegó a la copa de los árboles y con un pruner marca Truper® se cortaron los conos maduros, evitando cortar los estróbilos de los ciclos de producción subsecuentes. Los conos se colocaron en bolsas de cartón posteriormente en costales identificados (número de árbol, procedencia, fecha y escalador) para su transporte a las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Santo Domingo Barrio Bajo Etna, Oaxaca.

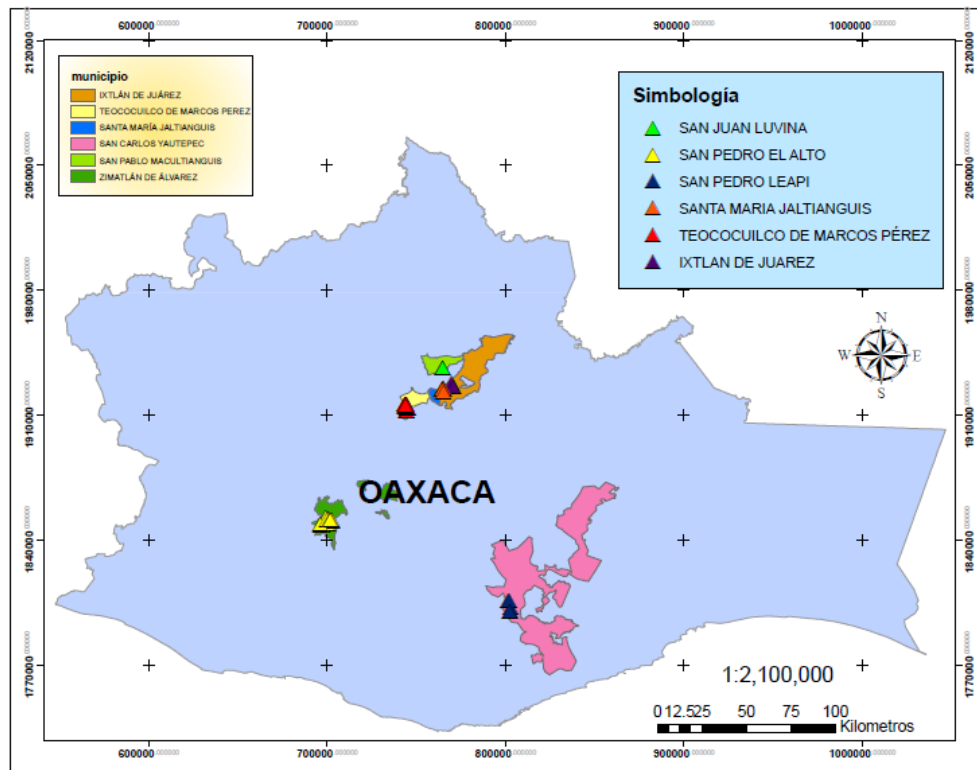


Figura 1. Localización de las procedencias fenotipos selectos de *Pinus patula* var. *longipedunculata* del estado de Oaxaca (sin incluir a San Pedro Yolox).

Todos los conos colectados fueron colocados dentro de su bolsa de cartón y puestos sobre una superficie de madera dentro de un invernadero durante dos semanas para su secado para evitar la pérdida de semillas por factores climáticos o de roedores; en este paso los conos abren sus escamas dando paso a la liberación de semillas. La medición de conos y semillas se realizó con vernier digital marca Steren®, obteniendo diámetro polar y ecuatorial (mm), posteriormente se pesó en fresco y seco (g) el cono en una balanza analítica (Shimadzu®, modelo ATY224 ±0.1 g)

En el proceso de conteo de escamas totales, fértiles e infértiles con la ayuda de unas pinzas se partieron los conos empezando por la base y separándolas en pequeños grupos y con plumones se marcaron las escamas para su clasificación.

La mayoría de las semillas se liberan en el proceso de secado del cono, también se le realiza pequeños golpes para liberarlas, y el total de semillas se extrae en el proceso de disección del cono; estas semillas son desaladas y colocadas en sobres de papel sellados con cinta Masking Tape® para evitar su pérdida; el sobre contiene el número de árbol, número de cono y procedencia. Se midieron las mismas variables en semillas, utilizando el mismo equipo.

Manejo y análisis de datos

Los datos se ordenaron en una base identificando fenotipo selecto, procedencia de cada cono y semilla. Los datos se transformaron a $\sqrt{x}$ para cumplir los supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad, mediante la prueba de Bartlett y Shapiro-Wilks ($\alpha = 0.05$), respectivamente.

Utilizando el procedimiento GLM se diferenciaron fenotipos y procedencias en todas las variables medidas en conos y semillas y realizando pruebas de medias (Duncan, 0.05); los análisis se realizaron en el programa r-Statistics®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Morfometría de conos y semillas por fenotipo superior

Los fenotipos selectos mostraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.01$) para todas las variables evaluadas; el coeficiente de variación más alto lo tiene el peso de las semillas en gramos con 51.6% y número de semillas por cono 51.3%, lo que demuestra la alta variabilidad. Por otra parte, las variables de menor variabilidad fueron las morfológicas del cono y conteo de escamas totales por cono ($CV < 12\%$) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza de características de conos de fenotipos selectos de *Pinus patula* var. *longipedunculata*.

Variable	Cuadrados medios ^a				
	Árbol superior	Error	Total	CV (%)	CME
Grados de libertad	55	886	941		
Diámetro polar del cono	1731.12**	45.5		10.40	6.74
Diámetro ecuatorial del cono	158.58**	3.90		7.73	1.97
Coeficiente de forma del cono	0.0260**	0.0014		9.37	0.037
Peso verde del cono (g)	973.76**	23.30		21.25	4.82
Peso seco del cono (g)	664.60**	11.64		21.95	3.41
Número de escamas totales	4169.92**	169.32		11.68	13.01
Número de escamas fértiles	2443.78**	153.19		22.95	12.37
Número de escamas infértiles	3532.72**	204.94		24.93	14.31
Contenido de humedad seco	1340.54**	50.46		21.83	7.10
Grados de libertad	48	748	796		
Número de semillas/cono	3398.87**	220.18		51.29	14.83
Peso de semillas/cono (g)	0.1814**	0.0119		51.55	0.109

^aValores transformados a raíz cuadrada; ** = altamente significativo ($p \leq 0.01$); CV = coeficiente de variación, CME = cuadrado medio del error.

En datos no mostrados en este estudio, el diámetro polar mayor del cono lo obtuvieron los árboles selectos 1 y 53 con una media de 88.5 mm y 87.5 mm respectivamente, el menor valor de esta característica la obtuvo el árbol 46 (40.1 mm) y la mayor variabilidad se presentó en los árboles 55 y 38. Los árboles de mayor diámetro ecuatorial en el cono fueron: 55 (32.8 mm), 1 (32.05 mm), 15 (32.03 mm) y 3 (31.86 mm), encontrándose la mayor variabilidad en el árbol 38. El mayor y menor coeficiente de forma del cono se encontró en los árboles 39 (0.50) y 68 (0.32), siendo más heterogéneo el árbol 62; los conos con el mayor peso fresco se registraron para los árboles 9 (41.1 g) y 3 (40.6 g).

El fenotipo selecto 70 presentó mayor cantidad de escamas totales en el cono (152), teniendo más escamas fértiles los fenotipos 57 (92) y 10 (84) (Figura 2a), y la menor cantidad presentada en el árbol 63 (10.0) (Figura 2b); el fenotipo 38 mostró la mayor variabilidad en esta variable.

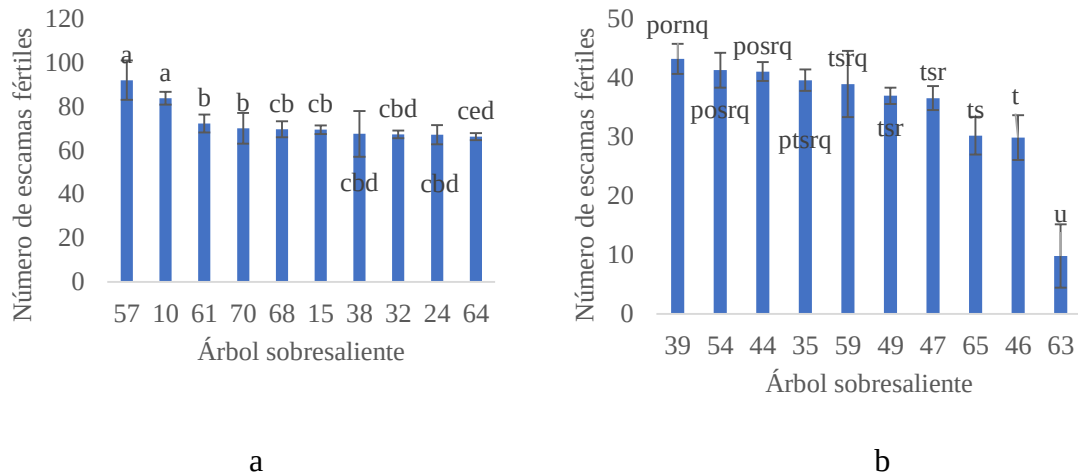


Figura 2. Fenotipos sobresalientes de *Pinus patula* var. *longipedunculata*, a) con la mayor y b) menor cantidad de escamas fértiles en conos. Líneas verticales sobre las barras indican la desviación estándar. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (Duncan, 0.05).

Todas las características medidas en semillas mostraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.01$) entre fenotipos selectos. El peso de la muestra de 100 semillas mostró la mayor heterogeneidad (CV = 36.5%), y el diámetro polar de las semillas la mayor homogeneidad (CV = 9.7%) (Cuadro 2). En datos no presentados en este escrito, pero que fueron evaluados, se encontraron valores mayores y menores para el fenotipo 57 y 63, con una media de 68 y 6 semillas/cono, respectivamente.

Cuadro 2. Resumen del análisis de varianza de características de semillas de *Pinus patula* var. *longipedunculata*.

Fuentes de variación	Cuadrados medios ^a				
	Árbol superior	Error	Total	CV %	CME
Grados de libertad	46	22415	22461		
Diámetro polar (mm)	102.8**	0.217	22461	9.71	0.466
Diámetro ecuatorial (mm)	31.94**	0.102	22461	19.14	0.32
Coeficiente de forma (mm)	92.64**	0.33	22461	19.20	0.57
Peso de la muestra de 100 semillas (g)	5.90**	0.0127	22461	36.50	0.113
Peso de una semilla (mg)	1134.2**	3.22	22461	24.21	1.79
Grados de libertad	46	22417	22463		
Número de semillas kg ⁻¹	361870272743**	1134874996.6	22463	23.12	33687.9

^aValores transformados a raíz cuadrada; ** = altamente significativo ($p \leq 0.01$); CV = coeficiente de variación, CME = cuadrado medio del error.

Morfometría de conos y semillas por procedencia

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas para todas las variables evaluadas ($p \leq 0.01$) en las siete procedencias. El coeficiente de variación más alto (68.1%) se

reporta en el peso de semillas (g/cono). El diámetro polar de cono fue mayor en las procedencias de San Pedro YoloX (75.6 mm), mostrando la mayor variabilidad las procedencias de San Juan Luvina; por otro lado, el coeficiente de forma del cono fue mayor para la procedencia de San Pedro Leapi (0.41).

Cuadro 3. Comportamiento de conos en procedencias de fenotipos selectos de *Pinus patula*.

Procedencia	Número de escamas infértiles	Número de escamas totales	Contenido de humedad seco (%)	Número de semillas (g/cono)	Peso de semillas (g/cono)	Peso por semilla (mg)
San Pedro Leapi	55.7±2.5dc	105.4±1.6 ed	33.7±1.6 a	17.9±1.4 d	0.158±0.01 c	0.0087±0.0002 a
Jaltianguis	68.6±1.5 ba	132.0±1.2 b	26.5±1.0c	36.0±1.7 b	0.252±0.01 ba	0.0068±0.0001 ecd
San Pedro el Alto	51.3±0.9 d	101.8±0.7 e	37.0±0.3 a	26.8±0.8 c	0.207±0.00 c	0.0077±0.0001 bc
San Juan Luvina	64.5±3.0 b	123.2±3.0 c	33.0±2.2 b	25.6±5.5 dc	0.184±0.04 c	0.0074±0.0004 bcd
Ixtlán	61.2±2.0 bc	109.1±2.9 d	31.3±1.2 b	28.2±3.9 c	0.167±0.02 c	0.0062±0.0002 e
Teococuilco	62.0±1.1 bc	119.2±1.1 c	25.3±0.9 c	44.2±2.0 a	0.284±0.01 a	0.0066±0.0128 ed
San Pedro YoloX	72.2±2.8 a	138.2±3.1 a	26.4±2.0 c	18.5±2.7 d	0.150±0.02 c	0.0081±0.0004 ba

Los valores corresponden a las medias $\pm$ desviación estándar. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (Duncan, 0.05).

La procedencia con mayor número de escamas totales por cono, así como la mayor cantidad de escamas infértiles se obtuvo en San Pedro YoloX 138.2 y 72.2, respectivamente; esto genera una proporción 52.2% de escamas infértiles (Cuadro 3), valor también representativo de todas las procedencias, excepto Ixtlán, donde la proporción de escamas fértiles baja a 44%; sin embargo, la procedencia de San Pedro YoloX mostró la mayor cantidad de escamas fértiles (Figura 3a). La procedencia con mayor número de semillas por kilogramo fue Ixtlán de Juárez con una media de 172,365 (Figura 3b).

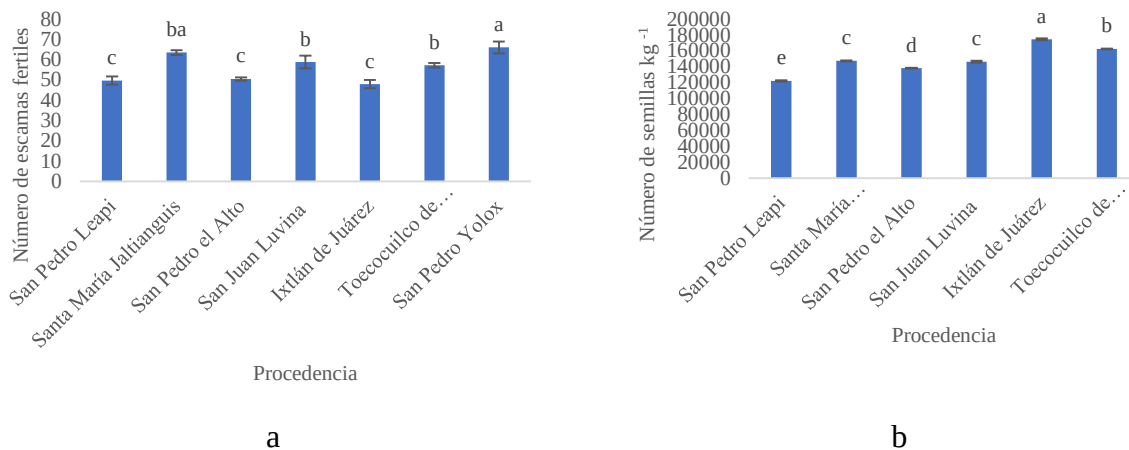


Figura 3. Comparación de acuerdo a su procedencia para conos de *Pinus patula* var. *longipedunculata* en a) número de escamas fértiles y b) cantidad de semillas por kilogramo. Las líneas verticales indican las desviaciones estándar. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (Duncan, 0.05).

DISCUSIÓN

Los fenotipos sobresalientes proceden de rodales naturales de las regiones Sierra Norte y Sierra Sur del estado de Oaxaca, caracterizadas por su excelente manejo forestal, y muchos de ellos certificados ante diferentes organismos; esta condición permite seleccionar fenotipos sobresalientes en características morfológicas estrictas (Márquez-Ramírez, 2007; INIFAP, 2008).

En este sentido, en cuanto a las variables analizadas para los conos por fenotipo selecto de *Pinus patula* var. *longipedunculata* se obtuvo un diámetro polar mayor de 8.86 cm y menor de 4.01 cm; resultados similares reporta Cruz-Jiménez (2007) para la misma especie, con diámetros polares máximos y mínimos de 8.7 y 3.8 cm, respectivamente. Además, los resultados coinciden en el número de escamas totales y número de semillas por cono reportados para un bosque natural de *Pinus echinata* Mill. (Cain y Shelton, 2000).

En el análisis de la semilla el diámetro polar más grande por fenotipo sobresaliente fue de 5.875 mm, mientras que el diámetro más pequeño de 4.124 mm; estos valores se encuentran incluidos en los intervalos encontrados por Márquez-Ramírez *et al.* (2007) en un huerto semillero ubicado en el Ejido El Berro, Veracruz, para tres cosechas 1999 [3.43-7.05 mm], 2001 [4.3-6.5 mm] y 2003 [3.65-6.21 mm]. Para el diámetro polar de la semilla en el presente estudio se obtuvo un intervalo de variación de 1.258 a 2.314 mm, lo cual se encuentra por debajo de lo reportado para esta variable en el huerto semillero de tres cosechas 1999, 2001 y 2003 [1.6-3.3] (Villegas-Jiménez *et al.*, 2016).

Existe alta variación en la producción de semilla tanto en árboles sobresalientes como en procedencias de los rodales naturales de *P. patula* var. *longipedunculata* evaluados, y ha sido reportada para *P. greggi* Engelm. ex Parl. (López y Donahue, 1995), *P. jaliscana* Pérez de la Rosa (Méndez-Guzmán *et al.*, 2001; Rebolledo-Camacho *et al.*, 2002), *P. oaxacana* (Aparicio-Rentería *et al.*, 2002), *P. hartwegii* (Sánchez *et al.*, 2002), *P. pseudostrobus* (Ramos-Suárez *et al.*, 2003; Hernández-Carmona *et al.*, 2003), *P. hartwegii* Lindl. (Alba-Landa *et al.*, 2003), *P. greggii* (Morante *et al.*, 2005), *P. cembroides* Zucc. (González-Ávalos *et al.*, 2006), *P. oaxacana* (Márquez-Ramírez, 2007) y *P. engelmannii* Carrière (Bustamante-García *et al.*, 2012).

Los fenotipos procedentes de Ixtlán de Juárez y Teococuilco sobresalen por la cantidad de semilla que generan ($> 150\,000$ semillas kg^{-1}), sin embargo las procedencias de San Pedro Yolox contienen la mayor cantidad de escamas totales (138.2/cono) y de escamas infértiles (72.2/cono). Por otro lado, valorando la proporción de escamas fértiles con relación al total, los fenotipos procedentes de San Pedro el Alto mostraron la mayor cantidad (49.6%) y los valores más bajos se encontraron para las procedencias de Ixtlán de Juárez (43.9%). En este sentido, es recomendable utilizar en futuros programas de mejoramiento genético de la especie, germoplasma sexual de San Pedro el Alto, por su mayor eficiencia de escamas fértiles/cono, gracias a las bondades de su buen manejo forestal (Espinoza *et al.*, 2009; Vallejos *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

Los caracteres morfológicos y morfométricos analizados en conos y semillas de árboles seleccionados de *Pinus patula* var. *longipedunculata* del estado de Oaxaca mostraron diferencias notables entre fenotipos sobresalientes y sus procedencias. Se distinguen notablemente los fenotipos 61 y 68 (procedentes de San Pedro el Alto) por la mayor cantidad de escamas fértiles/cono, además de presentar características sobresalientes en altura, diámetro normal, edad

reproductiva, rectitud de fuste y forma de copa regular. El excelente manejo realizado por la comunidad de San Pedro el Alto a sus rodales naturales de esta especie, genera fenotipos deseables para futuros programas de mejoramiento genético.

LITERATURA CITADA

- Alba-Landa, J., A. Aparicio-Rentería y J. Ramírez-Márquez. 2003. Potencial y eficiencia de producción de semillas de *Pinus hartwegii* Lindl. de dos poblaciones de México. *Foresta Veracruzana* 5(1): 25-28.
- Alba-Landa, J., L.C. Mendizábal-Hernández y J. Márquez-Ramírez. 2001. Comparación del potencial de producción de semillas de *Pinus oaxacana* Mirov de dos cosechas en Los Molinos, Veracruz. *Foresta Veracruzana* 3(1): 35-38.
- Aparicio-Rentería, A., L. del C. Mendizábal-Hernández y J. Alba-Landa. 2002. Variación en semillas de *Pinus oaxacana* Mirov de dos cosechas procedentes de una población natural del estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 4(2): 11-16.
- Besnier, R. 1989. Semillas, biología y tecnología. Mundi-Prensa. Madrid, España. 24-28.
- Bramlett, D.L., E.W. Belcher, G. L. Debarr, G. D. Hertel, R. P. Karrfalt., C. W. Lantz, T. Miller, K.D. Ware, y H.O. Yates. 1977. Manual de análisis de conos. Traducido por Flores, E. J. L. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. México. 3-21.
- Bustamante-García, V., J. A. 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.
- Cain, M. D. and M. G. Shelton. 2000. Revisiting the relationship between common weather variables and loblolly-shortleaf pine seed crops in natural stands. *New For.* 19: 187-204.
- Contreras-Zayas, J. L. 2009. Análisis de conos de *Pinus oaxacana* Mirov, de una población natural ubicada en Los Molinos, Perote, Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Genética. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 74 p.
- Cruz-Jiménez, H. 2007. Análisis de conos de tres fuentes productoras de semilla de *Pinus patula* Schl. et Cham. Tesis de Maestría. Instituto de Genética Forestal. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 102 p.
- Domínguez-Calleros, P. A., J. J. Navar-Chaidez, M. Pompa-Carcía y E. J. Treviño-Garza. 2016. Producción de conos y semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en Nuevo León, México. *Foresta Veracruzana* 18(2): 29-36.
- Dvorak, W. D., A. P. Jordan, J. L. Romero, G. R. Hodge y B. J. Furman. 2001. Cuantificación del rango geográfico de *Pinus patula* var. *longipedunculata* en el sur de México utilizando datos de marcadores morfológicos y RAPD. *Southern African Forestry Journal* 192 (1): 19-30.
- Espinoza, H. M., J. Márquez-Ramírez, J. Alejandro-Rosas y H. Cruz-Jiménez. 2009. Estudio de conos de *Pinus pseudostrobus* lindl. en un relicto de la localidad el paso, municipio de la Perla, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 11(1):33-38.
- González-Ávalos, J., E. García-Moya, J. J. Vargas-Hernández, A. Trinidad-Santos, A. Romero-Manzanares y V. M. Cetina-Alcalá. 2006. Evaluación de la producción y análisis de conos y semillas de *Pinus cembroides* Zucc. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 12(2):133-138.
- Hernández-Carmona, O., E. O. Ramírez-García, y L. Mendizábal-Hernández. 2003. Variación en semillas de cinco procedencias de *Pinus pseudostrobus* Lindl. *Foresta Veracruzana* 5(2): 23-28.

- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2008. Metodologías para el establecimiento y manejo de unidades productoras de germoplasma forestal. INIFAP. México, D. F. 38 p.
- López, U. J. and J. K. Donahue.1995. Seed production of *Pinus greggii* Engelm. in natural stands in México. *Tree Planters' Notes* 46(3): 87-98.
- Márquez-Ramírez, J. 2007. Potencial y eficiencia de producción de semillas como indicadores del manejo de *Pinus oaxacana* Mirov. Tesis de Doctorado. Instituto de Genética Forestal. Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 99 p.
- Márquez-Ramírez, J., J. Alba-Landa y M. Hernández-López. 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.
- Martínez, A. E., A. B. Villa, P. C. Nieto de Pascual y E. C. González. 1994. Semillas forestales. Publicación especial No. 2. Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. INIFAP. Coyoacán, México. pp.14-15.
- Menchaca, G. R. 2000. Variación de conos y semillas de *Pinus oaxacana* Mirov en tres sitios de la zona del Cofre de Perote. Tesis de Maestría. Instituto de Genética Forestal. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 61 p.
- Méndez-Guzmán, M.P., L. del C. Mendizábal-Hernández y J. Alba-Landa. 2001. Variación de semillas de *Pinus hartwegii* Lindl. de diferentes poblaciones. *Foresta Veracruzana* 3(2): 10-27.
- Morante, C. J., J. Alba-Landa y L. del C. Mendizábal-Hernández. 2005. Estudio de conos, semillas y plantulas de *Pinus greggii* Engelm de una población del estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 7(2): 23-31.
- Niembro, R. A. 1986. Mecanismos de reproducción sexual en pinos. Ed. Limusa. México, D. F. 61 p.
- Nyoka, B. I. 2002. *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. In: CAB International (comp). *Pines of Silvicultural Importance*. CABI Publishing. London, UK. 303 p.
- Prieto, R. J. A. y J. López-Upton. 2006. Colecta de semilla forestal en el género *Pinus*. Folleto técnico No. 28. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, México. pp. 13-17.
- Ramos-Suárez, Y., L. Mendizábal-Hernández y V. Rebolledo-Camacho. 2003. Variación en semillas de cinco poblaciones de *Pinus jaliscana* Pérez de la Rosa. *Foresta Veracruzana* 5(2): 35-40.
- Rebolledo-Camacho, V., A. Aparicio-Rentería., R. J. Márquez. 2002. Variación de conos y semillas de *Pinus hartwegii* Lindl. de La Malinche, Tlaxcala y Cofre de Perote, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 4(1): 12-19.
- Sánchez, T. V., L. del C. Mendizábal-Hernández y V. Rebolledo-Camacho. 2002. Variación en conos y semillas de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D. K. Bailey de Las Cuevas, Altzayanca, Tlaxcala. *Foresta Veracruzana* 4(1): 25-30.
- Vallejos, J., Y. Badilla, F. Picado y O. Murillo. 2010. Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. *Agronomía Costarricense* 34(1): 105-119.
- Vázquez, T. V., y R. R. Zulueta.1994. Recursos Forestales. Primer Simposio sobre Problemática Ambiental en el Estado de Veracruz. Resúmenes de ponencias. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 13-17.

- Villegas-Jiménez, D.E., G. Rodríguez-Ortiz, J. L. Chávez-Servia, J. R. Enríquez-del Valle y J. C. Carrillo-Rodríguez. 2016. Variación del crecimiento en vivero entre procedencias de *Pinus pseudostrobus* Lindl. Gayana Botanica 73: 113-123.
- Wormald, T. J. 1975. *Pinus patula*. Tropical Forestry Papers No. 7. Department of Forestry. Commonwealth Forestry Institute. University of Oxford. Oxford, England. 72 p.