



Potencial productivo de conos y semillas de dos especies del género *Pinus*

Productive potential of cones and seeds of two species of the *Pinus* genus

José Alexis Martínez Rivas¹, Francisco Cruz Cobos^{1*}, José Gonzalo Gurrola Amaya¹, Juan Abel Nájera Luna¹

Abstract

It is important to have forest seeds in sufficient quality and quantity in order to alleviate and reverse the processes of deforestation and land use change that occur at local, national and global levels; therefore, the objective of the present study was to evaluate the productive potential of cones and seeds in two pine species of the *El Salto* region in *Pueblo Nuevo, Durango, Mexico*. A total of 63 specimens of *Pinus cooperi* and 53 of *Pinus durangensis* were sampled; an average of five cones were collected from each individual, and the total number of the remaining cones in the whole crown of each tree was counted; the length, diameter and biological potential of each cone was determined, and the seeds were classified as infested, aborted and viable, based on X-ray tests. The results showed that only 17 % of the *P. cooperi* and 21 % of *P. durangensis* seeds in the region are viable, 34 % and 27 %, respectively, are aborted, and 49 % and 52 % are infested with pests. No statistical differences were found for the variables of the cones and seeds in *P. durangensis* ($\alpha \leq 0.05\%$); however, for *P. cooperi*, statistical differences were obtained in cone length, biological potential and developed seeds.

Keywords: Seed analysis, reproductive efficiency, *Pinus cooperi* C.E. Blanco, *Pinus durangensis* Martínez, biological potential, seed production.

Resumen

La necesidad de disponer de semillas forestales de calidad y en cantidad suficiente es importante para mitigar y revertir los procesos de deforestación y de cambio de uso de suelo que ocurren a nivel local, nacional y mundial; por tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial productivo de conos y semillas de dos especies de pino en la región de *El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, México*. Se muestraron 63 ejemplares de *Pinus cooperi* y 53 de *Pinus durangensis*; de cada árbol se recolectaron, en promedio, cinco conos y se contabilizó el total existente en toda la copa; se determinó la longitud, diámetro y el potencial biológico de cada cono, y se clasificaron las semillas como plagadas, abortadas y viables, mediante pruebas de rayos X. Los resultados mostraron que solo 17 % de las pertenecientes a *P. cooperi* y 21 % de *P. durangensis* fueron viables; 34 % y 27 % correspondieron a la categoría de abortadas; mientras que, 49 % y 52 %, respectivamente presentaron plagas. No se obtuvieron diferencias estadísticas para las variables de los conos y semillas en *P. durangensis* ($\alpha \leq 0.05\%$); sin embargo, para *P. cooperi* sí se registraron en la longitud del cono, potencial biológico y semillas desarrolladas.

Palabras clave: Análisis de semillas, eficiencia reproductiva, *Pinus cooperi* C. E. Blanco, *Pinus durangensis* Martínez, potencial biológico, producción de semillas.

Fecha de recepción/Reception date: 12 de junio de 2019

Fecha de aceptación/Acceptance date: 19 de septiembre de 2019

¹Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de *El Salto*, División de Estudios Profesionales e Investigación. México.

*Autor por correspondencia: cobos_cruz@yahoo.com.mx

Introducción

La cantidad de semilla viable es un indicador de la capacidad que tienen los bosques para permanecer en sus sitios de distribución original (Alba *et al.*, 2003; Vázquez *et al.*, 2004). Sin embargo, este potencial de semilla es muy variable entre años, poblaciones e individuos y puede poner en riesgo la capacidad de reproducción de una especie (Cain y Shelton, 2000; Quiroz *et al.*, 2017). La variación del número de semillas se atribuye, principalmente, a factores ambientales, biológicos (endogamia, plagas y enfermedades) y otros intrínsecos del árbol (Mendizábal *et al.*, 2015); esta se agrava más en algunas regiones, debido a los procesos selectivos del manejo forestal.

En el estado de Durango, la Comisión Nacional Forestal ha establecido como meta, en los últimos años, una producción en vivero de 20 millones de plántulas de pino para atender las necesidades de reforestación en áreas degradadas por plagas e incendios forestales, así como para la incorporación de nuevas áreas a la producción forestal, para los programas de reforestación por compensación ambiental, y para satisfacer las demandas de los prestadores de servicios técnicos para atender los problemas de escasez de renuevo por fallas en los métodos de regeneración natural o por otras condicionantes establecidas en los programas de manejo; todo ello obliga a realizar un fuerte programa de recolecta de semilla proveniente, en su gran mayoría, de rodales naturales, debido a las pocas áreas semilleras certificadas existentes en la entidad (López *et al.*, 2011).

Si se reconoce que el éxito de la regeneración natural depende principalmente de la cantidad de semilla viable, es de suma importancia implementar un monitoreo constante para conocer sus modificaciones y considerarlas en los programas de manejo forestal. Sin embargo, poco se sabe del potencial de semilla viable de los árboles en rodales naturales bajo manejo que garantice el establecimiento de una nueva masa forestal, sobre todo cuando se aplican cortas de regeneración, o de árboles Padre; o bien para estimar la cantidad de semillas que se requiere recolectar para alcanzar las metas de producción de plántula. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la relación entre las variables dasométricas y el potencial productivo de conos, así como la cantidad y calidad de

semilla de *Pinus durangensis* Martínez y *Pinus cooperi* C.E. Blanco, en la región de El Salto, Durango, ambas especies son las más abundantes y de interés comercial, ya que representan 80 % de la producción maderera de la zona (Cruz, 2007).

Materiales y Métodos

Ubicación del área de estudio y características climáticas

El estudio se realizó en la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, en áreas geográficas con presencia de *P. durangensis* y *P. cooperi*; los árboles seleccionados se ubicaron dentro de tres zonas: 1) ejidos El Brillante y La Victoria y Anexos (zona La Victoria); 2) La Campana y San Esteban y Anexos (zona San Esteban); y 3) La Ciudad (zona La Ciudad) (Figura 1).

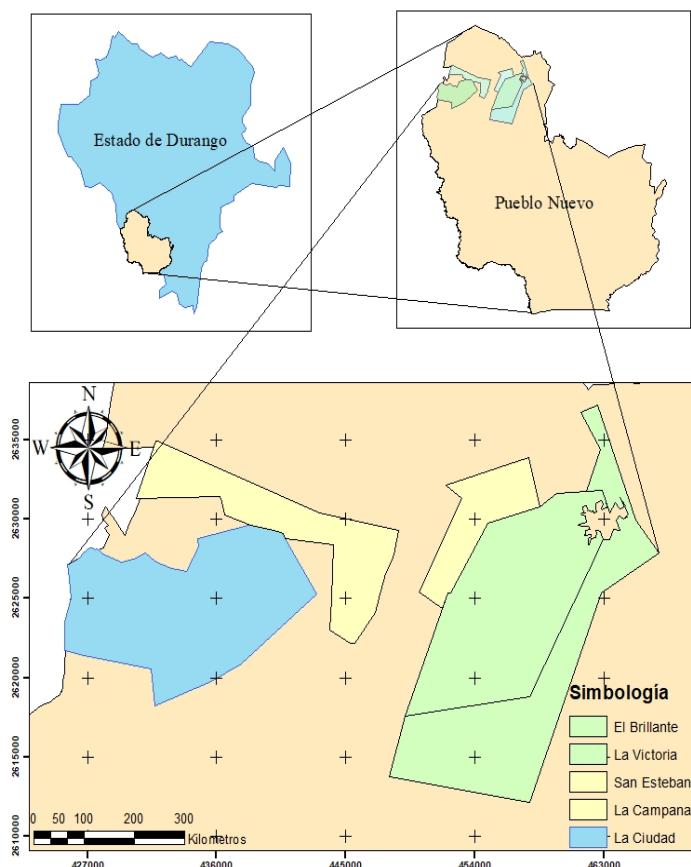


Figura 1. Localización del área de estudio.

El clima corresponde al tipo templado (C), subgrupo de climas semicálidos (A)C(w₁) y semicálidos subhúmedos con lluvias en verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 %, precipitación media anual de 800 a 1 200 mm y temperatura media anual de 20 a 22 °C (Inegi, 2010). La vegetación está compuesta por especies de los géneros *Pinus* y *Quercus*, así como por otros taxa asociados con coníferas y latifoliadas, de los géneros *Arbutus*, *Juniperus*, *Pseudotsuga*, *Abies* y *Picea* (Inegi, 2005).

Selección de árboles

Se eligieron dentro de las tres zonas de estudio un total de 63 ejemplares de *P. cooperi* y 53 de *P. durangensis* con presencia de conos en rodales mixtos e irregulares bajo aprovechamiento forestal. A cada árbol seleccionado se le midió el diámetro normal a 1.3 m (Forcípula *Haglöf Mantax* 59722), altura total (Clinómetro *Suunto Pm5 Spc*) y diámetro de copa con aproximación al centímetro (cinta *TRUPER TP50ME*); se recolectaron cinco conos en promedio por individuo y se contabilizó el número total de ellos presentes en la copa. Esta actividad se llevó a cabo basados en los períodos de madurez establecidos por García y González (1998); las recolectas correspondieron al ciclo reproductivo 2015-2017 y se hicieron durante los meses de octubre a diciembre del año 2017.

Evaluación de potencial productivo

Se determinó la longitud (Lc) y diámetro (Dc) a 740 conos; posteriormente, fueron colocados dentro de una bolsa de papel estraza para su secado en una estufa (*Yamato DNE-910*) a una temperatura de 40 °C, durante 72 horas para facilitar la apertura de las escamas y liberación de las semillas. De acuerdo con la metodología de Bramlett *et al.* (1977), se calculó el potencial de semilla o potencial productivo (Ps) como el número de escamas fértiles por dos; el potencial biológico (Pb) se obtuvo contando todas las escamas y se multiplicaron por dos; para el caso de la semilla desarrollada (Sd), se siguió el método destructivo del cono, y se contabilizaron las semillas que completaron su fase de desarrollo. El análisis de las

semillas se hizo mediante pruebas de rayos X, con repeticiones de lotes de 100 semillas tomadas al azar, para un total de 14 lotes de *P. durangensis* y 19 de *P. cooperi*; se clasificaron como abortadas, aquellas que interrumpieron el desarrollo del embrión; plagadas, las que mostraron insectos en alguna etapa de su ciclo de reproductivo dentro de la semilla, además estas permanecieron hasta la emergencia del adulto para su plena identificación; y viables, las que estuvieron no plagadas, ni abortadas, y con capacidad de generar un nuevo individuo.

Variables evaluadas y análisis de datos

Las variables registradas fueron el número total de conos en la copa, diámetro de cono, longitud de cono, semilla desarrollada, potencial biológico y potencial de semilla desarrollada; para el análisis de varianza se empleó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + S_I + A(S)_{IJ} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta

μ = Media general

S_I = Efecto para el i-ésimo factor zona

$A(S)_{IJ}$ = Efecto del j-ésimo nivel del factor árbol dentro de la zona

e_{ijk} = Error experimental

Para variables con significancia, se realizaron pruebas de comparación de medias de *Tukey* para varianzas iguales y datos desbalanceados (0.05 %) con el paquete estadístico *InfoStat* 2018. Adicionalmente, se aplicó un análisis de correlación de *Pearson* para observar el nivel de asociación entre las variables dasométricas e indicadores reproductivos.

Resultados y Discusión

Potencial productivo

En *P. durangensis*, ninguna variable de los conos y semillas registraron diferencias estadísticas entre las zonas evaluadas (Cuadro 1); a diferencia de *P. cooperi* en el que se obtuvieron diferencias en la longitud del cono, semilla desarrollada y potencial de semilla desarrollada (Cuadro 2).

Cuadro 1. Análisis de varianza por zona para *Pinus durangensis* Martínez.

Var	Factor	SC	GL	CM	F	P-valor
<i>Nc</i>	Zona	13 928.4	2	6 964.2	4.07	0.05
	Árbol	72 381.61	25	2 895.26	1.69	0.09
	Error	44 445.42	26	1 709.44		
	Total	130 755.43	53			
<i>Lc</i>	Zona	1.15	2	0.57	0.97	0.39
	Árbol	20.48	25	0.82	1.39	0.2
	Error	15.29	26	0.59		
	Total	36.91	53			
<i>Dc</i>	Zona	0.02	2	0.01	0.17	0.84
	Árbol	2.32	25	0.09	1.57	0.13
	Error	1.54	26	0.06		
	Total	3.88	53			
<i>Sd</i>	Zona	399.5	2	199.75	1.12	0.34
	Árbol	4 936.69	25	197.47	1.11	0.4
	Error	4 638.98	26	178.42		
	Total	9 975.17	53			
<i>Pb</i>	Zona	638.95	2	319.48	0.48	0.62
	Árbol	15 483.82	25	619.35	0.93	0.57
	Error	17 280.61	26	664.64		
	Total	33 403.39	53			
<i>Ps</i>	Zona	227.96	2	113.98	0.14	0.87
	Árbol	24 930.6	25	997.22	1.18	0.34
	Error	21 887.36	26	841.82		
	Total	47 045.92	53			

Var= Variable; *Nc* = Número de conos; *Lc* = Longitud de conos; *Dc* = Diámetro de conos; *Sd* = Semilla desarrollada; *Pb* = Potencial biológico; *Ps* = Potencial de semilla; SC = Suma de cuadrados; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrados medios; F = F calculada; P-valor = Nivel de significancia al 0.05.

Cuadro 2. Análisis de varianza por zona para *Pinus cooperi* C.E. Blanco.

Var	Factor	SC	GL	CM	F	P-valor
<i>Nc</i>	Zona	5 135.47	2	2 567.73	2.37	0.11
	Árbol	17 940.95	25	717.64	0.66	0.86
	Error	42 238.63	39	1 083.04		
	Total	65 315.04	66			
<i>Lc</i>	Zona	13.28	2	6.64	14.33	<0.0001
	Árbol	12.58	25	0.5	1.09	0.40
	Error	18.07	39	0.46		
	Total	43.93	66			
<i>Dc</i>	Zona	0.24	2	0.12	1.74	0.19
	Árbol	1.07	25	0.04	0.62	0.90
	Error	2.68	39	0.07		
	Total	3.99	66			
<i>Sd</i>	Zona	2 265.61	2	1 132.8	4.56	0.02
	Árbol	5 689.65	25	227.59	0.92	0.58
	Error	9 684.03	39	248.31		
	Total	17 639.29	66			
<i>Pb</i>	Zona	1 073.6	2	536.8	0.51	0.61
	Árbol	24 962.21	25	998.49	0.94	0.55
	Error	41 321.35	39	1 059.52		
	Total	67 357.16	66			
<i>Ps</i>	Zona	8 219.06	2	4 109.53	4.73	0.01
	Árbol	26 058.57	25	1 042.34	1.2	0.30
	Error	33 888.36	39	868.93		
	Total	68 166	66			

*Todas estas variables fueron descritas en el Cuadro 1.

El menor promedio en la longitud de cono se observó en la zona San Esteban y el mayor en La Ciudad (Cuadro 3), al igual que en este estudio, Ramírez *et al.* (1999), Menchaca (2000), Alba *et al.* (2001), Vázquez *et al.* (2004), Márquez *et al.* (2007) y Contreras (2009), en *Pinus oaxacana* Mirov; Alba *et al.* (1997), en *P. durangensis*; Ramírez *et al.* (2007), en *Pinus greggii* Engelm; Munive *et al.* (2008), en *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw; y Nieto *et al.* (2002), en *Pseudotsuga macrolepis* Flous. Dicha relación es importante, dado que conos grandes producen semillas de gran tamaño, que producirán plantas más vigorosas (Castro, 1999; Mueller *et al.*, 2005; Quiroz *et al.*, 2017).

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias para *Pinus cooperi* C.E. Blanco y *Pinus durangensis* Martínez en la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

Variable	Zonas					
	LV	LC	SE	LV	LC	SE
	<i>Pinus cooperi</i>			<i>Pinus durangensis</i>		
<i>Nc</i>	21.5 a (7.44)	41.3 a (6.01)	35.4 a (6.26)	20.4 a (6.31)	42.0 a (6.44)	17.8 a (15.78)
<i>Lc</i>	6.4 b (0.14)	6.8 b (0.14)	5.6 a (0.17)	6.0 a (0.17)	6.3 a (0.13)	5.8 a (0.41)
<i>Dc</i>	2.3 a (0.05)	2.4 a (0.05)	2.2 a (0.06)	2.4 a (0.06)	2.4 a (0.04)	2.4 a (0.14)
<i>Sd</i>	30.0 b (3.04)	22.2 ab (3.16)	15.3 a (3.76)	19.0 a (2.8)	23.6 a (2.69)	15.4 a (6.85)
<i>Pb</i>	231.2 a (6.31)	231.3 a (6.57)	240.4 a (7.81)	213.0 a (5.17)	209.3 a (4.97)	222.2 a (12.67)
<i>Ps</i>	91.70 b (6)	73.7 ab (6.23)	64.8 a (7.42)	62.2 a (6.18)	61.4 a (5.94)	54.0 a (15.15)

LV = La Victoria; LC = La Ciudad; SE = San Esteban; *Nc* = Número de conos; *Lc* = Longitud de conos; *Dc* = Diámetro de conos; *Sd* = Semilla desarrollada, *Pb* = Potencial biológico; *Ps* = Potencial de semilla; valores promedios con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$); Valores entre paréntesis = Error estándar.

Respecto a las semillas desarrolladas por cono, se determinaron diferencias entre las zonas San Esteban respecto a La Victoria y La Ciudad (Cuadro 3); aunque fueron resultados bajos, superaron los registrados por González *et al.* (2006) en *Pinus cembroides* Zucc. (2.09) y los de García *et al.* (2014) en *P. cembroides* subsp. *orizabensis* D.K. Bailey (2.09); pero menores a los consignados por Parra *et al.* (2016) para *Pinus patula* Schltl. et Cham. (77.57), Owens *et al.* (2008) para *P. albicaulis* Engelm. (66), López-Upton y Donahue (1995) para *P. greggii* Engelm. (46 a 74), Alba y Márquez (2006) en dos cosechas para *P. oaxacana* (171.76 y 225.51), Ramírez *et al.* (2007) para *P. greggii* (155) y Alba *et al.* (2001) en dos cosechas de *P. oaxacana* (171.76 y 225.5). En cambio, son similares a los

registrados por Mápula *et al.* (2007) y por Sivacioglu y Ayan (2008) para *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco y *Pinus sylvestris* L.

Estas diferencias en la producción de semilla desarrollada son atribuibles a problemas de endogamia en poblaciones reducidas (Gómez *et al.*, 2010), o tal vez a la degradación del bosque causada por la extracción maderable selectiva, que consiste en la remoción de los árboles con mayor valor comercial y el mantenimiento de una masa forestal compuesta por individuos cuya madera es de baja calidad para el mercado. Lo anterior puede producir, además un impacto en la estructura genética por selección disgénica, con la consecuente disminución de la amplitud productiva del bosque (Sola *et al.*, 2015).

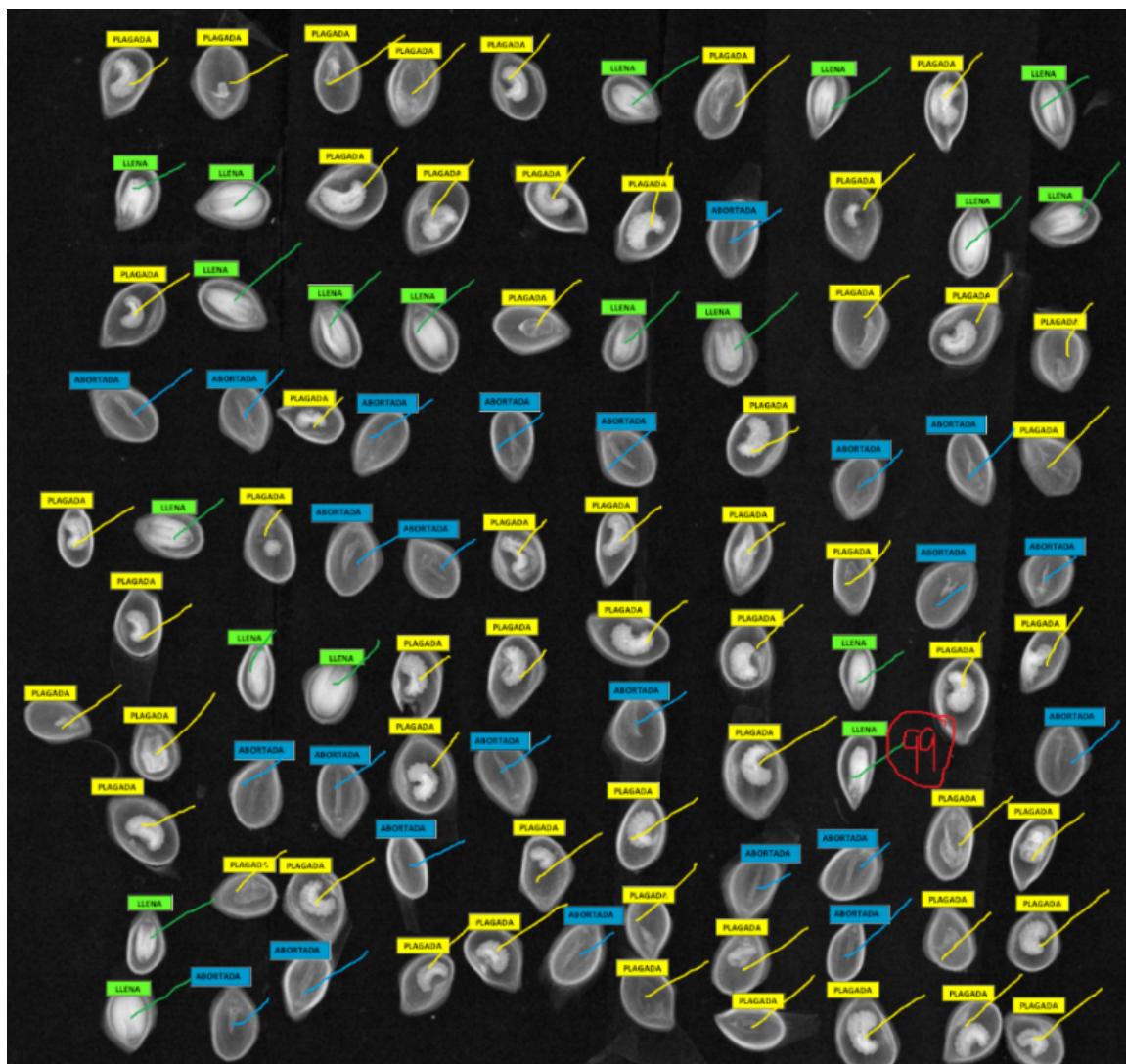
El menor potencial de semillas desarrolladas se registró en la zona San Esteban y el mayor en La Victoria (Cuadro 3). Los valores obtenidos en la región de El Salto, Durango superan a los documentados por Sánchez *et al.* (2002) para *P. cembroides* subsp. *orizabensis*, pero son menores a los de Alba y Márquez (2006) para *P. oaxacana* (106.1); Ramírez *et al.* (2013) para *P. patula* (138); Alba *et al.* (2005) en dos años (2003 y 2004) para *P. greggii* (170.93 y 151.98, respectivamente); Bustamante *et al.* (2012a) en *P. engelmannii* (143.7); Alba *et al.* (2003) en tres cosechas de *P. hartwegii* Lindl. (152.5, 170.93 y 151.96); Parra *et al.* (2016) en *P. patula* (219); y Santos *et al.* (2018) registraron en dos años (2013 y 2015) 86.6 y 113.6, respectivamente para *P. durangensis*, y 86 y 109 semillas para *P. cooperi* en la misma región de El Salto, Durango.

Análisis radiográfico de semillas

Los resultados de las pruebas de rayos X (Cuadro 4, Figura 2) en las dos especies mostraron que el mayor porcentaje de semillas plagadas por *Megastigmus albifrons* Walker (Cibrán *et al.*, 1995) se presentó en la zona La Victoria (58 % y 53 %, respectivamente); mientras que, la menos afectada fue La Ciudad (41 % y 46 %, respectivamente). Es importante destacar que estos valores son crecientes y alarmantes, si se comparan con los señalados por Bustamante *et al.* (2012b) para *P. engelmannii* (1.1 %) y Bustamante *et al.* (2014) para *P. durangensis* (1.2 %).

Cuadro 4. Porcentaje promedio de semillas viables, abortadas y plagadas por especie, zona y región.

Zona	<i>Pinus cooperi</i>			<i>Pinus durangensis</i>		
	Viable	Abortada	Plagada	Viable	Abortada	Plagada
La Ciudad	0.18	0.36	0.46	0.17	0.42	0.41
San Esteban	0.17	0.36	0.47	0.29	0.24	0.47
La Victoria	0.14	0.33	0.53	0.16	0.26	0.58
Región	0.17	0.34	0.49	0.21	0.27	0.52



Amarillo = Plagada; Azul = Abortada; Verde = Llena.

Figura 2. Radiografía de las semillas y su clasificación.

En lo referente al porcentaje de semillas abortadas, para *P. cooperi* el máximo correspondió a las zonas de La Ciudad (0.36 %) y San Esteban (0.36 %); y para *P. durangensis* se registró en La Ciudad (0.42 %). Ambos resultados son bajos, en comparación con los consignados por Flores et al. (2012) para *Picea martinezii* T.F.Patt. (0.82 % de óvulos abortivos); aunque son similares a los citados por Prieto y Martínez (2006) para *P. cooperi* (0.33 %) en dos áreas semilleras del municipio San Dimas, Durango.

El promedio de semilla viable en la región está por debajo de 0.21 % para las dos especies. A nivel de zona, el mayor porcentaje para *P. durangensis* se obtuvo en San Esteban (0.29 %) y para *P. cooperi* en La Ciudad (0.18 %); el menor porcentaje se registró en La Victoria. Estos resultados son similares a los documentados para *P. cooperi* (0.31 %) (Prieto y Martínez, 2006); pero superiores a los registrados para *Picea martinezii* (0.12 %) (Flores et al., 2012).

Análisis de correlación

Los resultados evidenciaron que no existen altas correlaciones ($R<0.33$) entre las variables de conos y semillas con variables dasométricas en ambas especies (Cuadro 5). Al respecto, otras investigaciones mostraron controversias; algunos autores citan correlaciones con la edad, tamaño de la copa, temperatura y precipitación. Por ejemplo, en *Picea mariana* (Mill.) Britton, Sterns & Poggenb. (Caron, 1995), *Pinus echinata* Mill. (Innes, 1994) y *P. taeda* L. (Cain y Shelton, 2000); sin embargo, García y Gómez (1988) no obtuvieron buenas correlaciones entre la producción promedio de conos por árbol y las variables dasométricas.



Cuadro 5. Coeficientes de correlación de Pearson ($p \leq 0.05$) para *Pinus cooperi* C. E. Blanco y *Pinus durangensis* Martínez en la región de El Salto, Durango.

Sp	V	Dn	Dc	Nc	Lc	Dc	Sd	Pb	Ps
<i>P. cooperi</i>	<i>Dn</i>	1	0.7	0.33	0.12	0.03	0.01	0.06	0.18
	<i>Dc</i>	0.7	1	0.3	0.26	0.18	0.15	0.07	0.03
	<i>Nc</i>	0.33	0.3	1	0.1	0.3	0.05	0.04	0.2
	<i>Lc</i>	0.12	0.26	0.1	1	0.54	0.37	0.01	0.24
	<i>Dc</i>	0.03	0.18	0.3	0.54	1	0.53	0.11	0.3
	<i>Sd</i>	0.01	0.15	0.05	0.37	0.53	1	0.21	0.66
	<i>Pb</i>	0.06	0.07	0.04	0.01	0.11	0.21	1	0.25
	<i>Ps</i>	0.18	0.03	0.2	0.24	0.3	0.66	0.25	1
<i>P. durangensis</i>	<i>Dn</i>	1	0.59	0.11	0.16	0.33	0.04	0.07	0.01
	<i>Dc</i>	0.59	1	0.29	0.3	0.41	0.31	0.1	0.16
	<i>Nc</i>	0.11	0.29	1	0.06	0.12	0.08	0.03	0.11
	<i>Lc</i>	0.16	0.3	0.06	1	0.52	0.65	0.47	0.28
	<i>Dc</i>	0.33	0.41	0.12	0.52	1	0.4	0.34	0.13
	<i>Sd</i>	0.04	0.31	0.08	0.65	0.4	1	0.32	0.47
	<i>Pb</i>	0.07	0.1	0.03	0.47	0.34	0.32	1	0.38
	<i>Ps</i>	0.01	0.16	0.11	0.28	0.13	0.47	0.38	1

V= Variable; *Dn* = Diámetro normal; *Dc* = Diámetro de copa; *Nc* = Número de conos; *Lc* = Longitud de cono; *Dc* = Diámetro de cono; *Sd* = Semilla desarrollada; *Pb* = Potencial biológico; *Ps* = Potencial de semilla.

Es un hecho que la producción de conos y semillas es variable año con año; por lo que es complicado predecir el número de conos, solamente, en función de las características dasométricas, en parte, debido a que está influenciada, de manera importante, por la edad de los individuos, la heterocigosis, así como por la capacidad individual y colectiva de interactuar con el medio para producir semilla, y por las condiciones climáticas anuales que varían significativamente en el tiempo y espacio (Aparicio et al., 2002; Alba et al., 2005; Márquez et al., 2007).

Dentro de las variables de conos y semillas destacan las correlaciones del largo y diámetro del cono, con semilla desarrollada, potencial biológico y potencial de semilla. Al igual que en este estudio, González et al. (2006) registraron que el número de semillas por cono se correlaciona significativamente ($p<0.0001$) y de manera positiva con el diámetro y longitud del cono en una plantación de *P. cembroides* de 15 años de edad, evaluada durante dos años evaluados.

Conclusiones

Se presentan correlaciones menores a 0.33 entre el número de conos y semillas con el diámetro normal y diámetro de copa, lo que conlleva a una dificultad para estimar estos indicadores reproductivos en función de variables dasométricas para las especies estudiadas.

El resultado del número de semilla desarrollada por cono, así como los porcentajes de semillas viables, abortadas y plagadas en la región de El Salto no son buenos indicadores del estado de salud del bosque, por lo deben de ejecutarse prácticas silvícolas que mejoren el potencial de semillas viables, para evitar poner en riesgo la continuidad de la masa forestal.

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto (CLAVE 6319.17-P) "Análisis de producción de conos y semillas de *Pinus cooperi* C.E. Blanco y *Pinus durangensis* Martínez. en la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. Al M.C. Oscar René Domínguez Moreno por su apoyo en el laboratorio

para la toma de radiografías de las semillas. A la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional Forestal por haber facilitado el uso del laboratorio de semillas. A la Unidad de Prestación de Servicios Ejidales de “El Salto” Dgo. A.C. por las facilidades brindadas para la toma de datos de campo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

José Alexis Martínez Rivas: toma de datos de campo, captura de datos, análisis de datos, interpretación de resultados y redacción de manuscrito original y modificaciones; Francisco Cruz Cobos: análisis de datos, análisis estadístico, interpretación de resultados y revisión de manuscrito; José Gonzalo Gurrola Amaya: análisis de datos, resultados y revisión del manuscrito; Juan Abel Nájera Luna: revisión del manuscrito final.

Referencias

Alba L., J., A. Aparicio R., V. Rebolledo C. y L. del C. Mendizábal H. 1997. Variación morfométrica en conos y semillas de *Pinus patula* Schelct. et Cham. de Huayacocotla, Veracruz. Centro de Genética Forestal. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver., México. Nota técnica 38. 4p.

Alba L., J., L. del C. Mendizábal H. y J. Márquez R. 2001. Comparación del potencial de producción de semillas de *Pinus oaxacana* Mirov de dos cosechas en Los Molinos, Veracruz, México. *Forestal Veracruzana* 3(1):35-38.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49730106> (2 de enero de 2020).

Alba L., J., A. Aparicio R. y J. Márquez R. 2003. Potencial y eficiencia de producción de semillas de *Pinus hartwegii* Lindl. de dos poblaciones de México. *Forestal Veracruzana*, 5(1):25-28.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49750104> (2 de enero de 2020).

Alba L., J., J. Márquez R. y H. S. Bárcenas C. 2005. Potencial de producción de semillas de *Pinus greggii* Engelm. en tres cosechas de una población ubicada en Carrizal Chico, Zacualpan, Veracruz, México. *Forestal Veracruzana* 7 (2):37-40. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49770206> (2 de enero de 2020).

Alba L., J. y J. Márquez R. 2006. Potencial y eficiencia de producción de semillas de *Pinus oaxacana* Mirov de Los Molinos, Perote, Veracruz. *Forestal Veracruzana* 8(1):31-36. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49780106> (2 de enero de 2020).

Aparicio R., A., L. del C. Mendizábal H. y J. Alba L. 2002. Variación en semillas de *Pinus oaxacana* Mirov de dos cosechas procedentes de una plantación natural del estado de Veracruz, México. *Forestal Veracruzana* 4(2):11-16.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49740202> (2 de enero de 2020).

Bramlett, D. L., E. W. Belcher, G. L. DeBarr, G. D. Helteer, R. P. Karrafalt, C. W. Lantz, T. Miller, K. O. Ware and H. O. Yates. 1977. Manual de análisis de conos. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, NL., México, pp. 3-21.

Bustamante G., V., J. A. Prieto R., E. Merlín B., R. Álvarez Z., A. Carrillo P. y J. C. Hernández D. 2012a. 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. Doi: 10.21829/myb.2012.183355.

Bustamante G. V., J. A. Prieto R., R. Álvarez Z., A. Carrillo P., J. J. Corral R. and E. Merlín B. 2012b. Factors Affecting Seed Production of *Pinus engelmannii* Carr in Seed Stands in Durango State, México. *Southwestern Entomologist* 37(3):351-359. Doi: 10.3958/059.037.0311.

Bustamante G., V., J. A. Prieto R., A. Carrillo P., R. Álvarez Z., H. González R. and J. J. Corral R. 2014. Seed production and quality of *Pinus durangensis* Mart., from seed areas and a seed stand in Durango, Mexico. *Pakistan Journal Botanic* 46(4):1197-1202.
[https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/46\(4\)/07.pdf](https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/46(4)/07.pdf) (2 de enero de 2020).

Cain, M. D. and G. Shelton M. 2000. Revisiting the relationship between common weather variables and loblolly-shortleaf pine seed crops in natural stands. *New Forests* 19:187-204. Doi: 10.1023/A:1006624907975.

Caron, G. E. 1995. Seed-cone and pollen-cone production models for young black spruce seedling seed orchards: a first approximation. *Canadian Journal of Forest Research* 25:921-928. Doi: 10.1139/X10-067.

Castro, J. 1999. Seed mass versus seedling performance in Scots pine: a maternally dependent trait. *New Phytologist* 144:153-161. Doi: 10.1046/j.1469-8137.1999.00495.x.

Cibrán T., D., J. T. Méndez M., R. Campos B., H. O. Yates III and J. Flores L. 1995. *Insectos forestales de México. Forest insects of México.* Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx., México. 453 p.

Contreras y Z., 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 Forestal. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver., México. 74 p.

<https://www.uv.mx/iif/files/2014/10/Tesis-JLCZ-Completa-MC.pdf> (2 de enero de 2020).

Cruz C., F. 2007. Modelos de volumen y crecimiento en altura dominante para *Pinus cooperi* Blanco en el estado de Durango, México. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo de Méx., México. 69 p.

Flores L., C., G. Gaeda L., J. López U. y E. López R. 2012. Producción de semillas e indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea martinezii* T. F. Patterson. *Revista Forestal Baracoa* 31(2):49-58.

http://www.actaf.co.cu/revistas/rev_forestal/Baracoa-2012-2/FAO2%202012/PRODUCCI%C3%93N%20DE%20SEMILLAS%20E%20INDICADORES.pdf (2 de enero de 2020).

García A., A. y M. S. González E. 1998. Pináceas de Durango. Instituto de Ecología. Xalapa, Ver., México. 187 p.

García F., E., E. O Ramírez G., L. del C. Mendizábal H., J. Alba L. y J. Márquez R. 2014. Parámetros de producción de semillas de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D.K. Bailey de una plantación en la región de Perote, Veracruz, México. *Forestal Veracruzana* 16(2):37-42.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49732560005> (2 de enero de 2020).

García M. E. y R. Gómez A. 1988. Estimación de la producción de piñón en los piñoneros del estado de San Luis Potosí. *Agrociencia* 71:225-237.
<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=COLPOS.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=038302> (2 de enero de 2020).

Gómez J., D. M., C. Ramírez H, J. Jasso M. y J. López U. 2010. Variación en características reproductivas y de germinación de semillas de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(4):297-304.
<https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/33-4/3a.pdf> (2 de enero de 2020).

González A., J., E. García M., J. J. Vargas H., A. Trinidad S., A. Romero. M. y V. M. Cetina A. 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.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi). 2005. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Pueblo Nuevo, Durango. 3. http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/10/10023.pdf (2 de enero de 2020).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi). 2010. Conjunto de datos vectoriales de la carta de Uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie IV (Continuo Nacional) Durango.

http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadata/gis/usv250s5ugw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadata/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no (2 de enero de 2020).

Innes J., L. 1994. The occurrence of flowering and fruiting on individual trees over 3 years and their effects on subsequent crown condition. *Trees* 8:139-150. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF00196638> (2 de enero de 2020).

López-Upton, J. and J. K. Donahue. 1995. Seed production of *Pinus greggii* Engelm. in natural stands in Mexico. *Tree Planters Notes* 46(3):86-92. https://www.researchgate.net/profile/Javier_Upton/publication/286776202_Seed_production_of_Pinus_greggii_in_natural_stands_in_Mexico/links/566f3e5908aecdcd23562094/Seed-production-of-Pinus-greggii-in-natural-stands-in-Mexico.pdf (2 de enero de 2020).

López U., J., C. Ramírez H., J. Jasso M., M. Jiménez C., M. Aguilera R., J. R. Sánchez V. y D. A. Rodríguez T. 2011. Situación de los recursos genéticos forestales en México. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/11/13310714832850/informe_rgf.pdf (2 de febrero de 2020).

Mápula L., M., J. López U., J. J. Vargas and A. Hernández L. 2007. Reproductive indicators in natural populations of Douglas-fir in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16:727-742. Doi: 10.1007/s10531-005-5821-y.

Márquez R. J., V. Rebolledo C. y J. L. Zaya. 2007. Variación de conos de *Pinus oaxacana* Mirov. en una población de Los Molinos, municipio de Perote, Veracruz. *Forestal Veracruzana* 9(2):45-50. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49790207> (2 de enero de 2020).

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, Ver., México. 65 p.

Mendizábal H., L. del C., J. Alba L., L. Hernández J., E. O. Ramírez G. y M. C. Rodríguez G. 2015. Potencial de producción de semillas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andersen. *Forestal Veracruzana* 17(2):47-52. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49743956007> (2 de enero de 2020).

Mueller, R. C., B. D. Wade, C. A. Gehring and T. G. Whitham. 2005. Chronic herbivory negatively impacts cone and seed production, seed quality and seedling growth in susceptible pinyon pines. *Oecologia* 143:558-565.
Doi:10.1007/s00442-005-0029-0.

Munive M., E., O. Vázquez C., E. M. Zamora C., E. Fernández P. and E. García, G. 2008. Variación de conos y semillas de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw de dos procedencias del estado de Tlaxcala. *Forestal Veracruzana* 10(1):39-46. en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49711434005> (2 de enero de 2020).

Nieto P., Ma. de L., L. del C. Mendizábal H. y E. O. Ramírez G. 2002. Variación en conos de *Pseudotsuga macrolepis* Flous de tres sitios del Estado de Tlaxcala, México. *Forestal Veracruzana en México* 4(1):21-24.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49740104> (2 de enero de 2020).

Owens, J. N, T. Kittirat and F. Mahalovich M. 2008. Whitebark pine (*Pinus albicaulis* Engelm.) seed production in natural stands. *Forest Ecology and Management* 255(3-4):803-809. Doi: 10.1016/j.foreco.2007.09.067.

Parra S., G., H. Cruz J., J. Márquez R., A. Aparicio R. y R. A. Pedraza P. 2016. Producción de semilla de *Pinus patula* Schl. et Cham en una prueba de progenie de nueve años en Tlacolulan, Veracruz. *Forestal Veracruzana*. 18(2):45-52.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49748829006> (2 de enero de 2020).

Prieto R., J. A. y J. Martínez A. 2006. Análisis de conos y semillas en dos áreas semilleras de *Pinus cooperi* Blanco en San Dimas, Durango. El Sitio Permanente de Experimentación Forestal (SPEF) "Cielito Azul" a 40 años de su establecimiento. INIFAP. Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo., México. Publicación especial Núm. 23. pp. 15-30.

Quiroz V., R. I., J. López U., V. M. Cetina A. y G. Ángeles P. 2017. Capacidad reproductiva de *Pinus pinceana* Gordon en el límite de sur de su distribución natural. *Agrociencia*. 51(1):91-104.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952017000100091&script=sci_arttext (2 de enero de 2020).

Sánchez T., V., L. del C. Mendizábal H. y V. Rebolledo C. 2002. Variación en conos y semillas de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D.K. Bailey de las cuevas, Altzayanca, Tlaxcala. *Forestal Veracruzana en México* 4(1):25-30. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49740105> (2 de enero de 2020).

Santos S., O. O., M. González T. y R. López A. 2018. Producción de semilla y potencial biológico de tres especies de *Pinus* en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(50):538-549. Doi: 10.29298/rmcf.v9i50.264.

Sivacioglu, A. and S. Ayan. 2008. Evaluation of seed production of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) clonal seed orchard with cone analysis method. *African Journal of Biotechnology* 7 (24):4393-4399.

<https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/59596> (2 de enero de 2020).

Sola, G., H. Attis B., L. Chauchard y L. Gallo. 2015. Efecto del manejo silvicultural sobre la regeneración de un bosque de *Nothofagus bombeyi*, *N. alpina* y *N. obliqua* en la Reserva Nacional Lanín (Argentina). *Bosque* 36(1):113-120. Doi: 10.4067/S0717-92002015000100012.

Ramírez G., E. O., J. Alba L. y L. Mendizábal H. 1999. Variación en semillas de *Pinus teocote* Schl et Cham. de tres procedencias del estado de Veracruz. *Forestal Veracruzana* 1(3):7-10 (2 de enero de 2020).

Ramírez G., E. O., J. Márquez R. y O. Hernández C. 2007. Estudio de conos y semillas de *Pinus greggii* Engelm. de una plantación en el municipio de Naolinco, Veracruz, México. *Forestal Veracruzana* 9(2):39-44.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49790206> (2 de enero de 2020).

Ramírez G., E. O., J. C. Sánchez R., J. Márquez R. y H. Cruz J. 2013. Características de estructuras reproductivas en progenitores seleccionados de *Pinus patula* Schl. et Cham. *Forestal Veracruzana* 15(1):37-44.

Vázquez C., O. G., E. O. Ramírez G. y J. Alba L. 2004. Variación de conos y potencial de producción de semillas de *Pinus oaxacana* Mirov en una población del Estado de Tlaxcala, México. *Forestal Veracruzana* 6(2):31-36.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49760206> (2 de enero de 2020).



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