

## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

# Potencial y eficiencia de producción de semilla de *Pinus engelmannii* Carr., en tres rodales semilleros del estado de Durango, México

## Potential and efficiency of seed production of *Pinus engelmannii* Carr., in three seed stands of the state of Durango, Mexico

Verónica Bustamante-García<sup>1</sup>, José Ángel Prieto-Ruíz<sup>2</sup>, Enrique Merlín-Bermudes<sup>2</sup>, Rebeca Álvarez-Zagoya<sup>3</sup>, Artemio Carrillo-Parra<sup>4</sup> y José Ciro Hernández-Díaz<sup>5</sup>

### RESUMEN

Se determinó el potencial y la eficiencia de producción de semilla de *Pinus engelmannii* Carr. en tres rodales semilleros: El Encinal y Las Cumbres, municipio de Durango, Dgo. y La Florida, municipio de San Dimas, Dgo. En cada rodal se seleccionaron 10 árboles, con una separación mínima de 50 m; de cada árbol se colectaron 10 conos, éstos fueron secados al aire libre para desprender las escamas y cuantificar potencial productivo, semillas desarrolladas, óvulos abortados en el primero y segundo año de desarrollo, y escamas infértiles superiores e inferiores. De cada rodal se escogieron al azar 400 semillas, a las cuales se les hicieron pruebas de rayos X para cuantificar: semilla llena, vana y dañada por insectos; además, se determinó su germinación. Se encontró que en el rodal El Encinal existió el más alto potencial productivo con 171,9 semillas por cono, así como de semilla desarrollada con 143,7 semillas por cono. En Las Cumbres se registraron los mejores valores de semilla llena (77,2%) y de germinación (98,1%). El mayor aborto de óvulos en el primer año ocurrió en La Florida con 38,2 semillas por cono, lo que refleja autopolinización o daño por *Leptoglossus occidentalis* Heidemann en las primeras fases de desarrollo de la semilla. El daño por insectos más intenso se observó en El Encinal con 7,0% de la semilla afectada. La mayor eficiencia de producción de semilla se encontró en Las Cumbres con 66,9%, mientras que en El Encinal y La Florida el porcentaje fue menor a 41,0%.

### PALABRAS CLAVE:

Germinación, insectos de conos y semillas, potencial productivo, rayos X, semillas desarrolladas.

### ABSTRACT

The potential and efficiency of seed production of *Pinus engelmannii* Carr. it was determined in three seed stands in the state of Durango (El Encinal and Las Cumbres, municipality of Durango, and La Florida, municipality of San Dimas). In each stand, 10 trees were selected, separated by a minimum

- 1 Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango. C.e.: veronica\_bg80@hotmail.com
- 2 Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP. C.e.: jprietoviv@yahoo.com, emerlib@yahoo.com
- 3 Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-IPN Unidad Durango. C.e.: raz\_ciidir@yahoo.com
- 4 Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. C.e.: arte\_carr@hotmail.com
- 5 Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, Universidad Juárez del Estado de Durango. C.e.: jciroh@hotmail.com

distance of 50 m; from each tree 10 cones were collected, they were air-dried to loosen the scales and then quantify: productive potential, developed seeds, ovule abortion in the first and second year of development and, infertile upper and lower scales. In each stand, 400 seeds were randomly chosen and then X-ray tested, to measure: full seed, vain and damaged by insects. Moreover, through germination tests, speed and capacity of germination were determined. It was found that at the stand El Encinal existed the highest potential production with 171.9 seeds per cone and also the best seed developed with 143.7 seeds per cone. At Las Cumbres, the best values of filled seed (77,2%) and germination (98,1%) were found. The largest ovule abortion in the first year occurred in La Florida with 38,2 seeds per cone, reflecting autopolination or damage by *Leptoglossus occidentalis* Heidemann in the early stages of seed development. The most intense insect damage was observed at El Encinal with 7,0% of affected seed. The largest seed production efficiency was found at Las Cumbres with 66,9%, while in El Encinal and La Florida the percentage was lower than 41,0%.

#### KEYWORDS:

Germination, cone and seed insects, potential production, X-rays, developed seeds.

## INTRODUCCIÓN

En México, las plantaciones forestales se han realizado desde el tiempo de los aztecas, quienes plantaban ahuehuetes en el Valle de México (Rodríguez, 2007). Actualmente, esta práctica es una alternativa para disminuir la presión a los bosques y selvas, al satisfacer la demanda de productos y servicios forestales (Madrid, 2009); además, las plantaciones y reforestaciones permiten contrarrestar la degradación del suelo debido a incendios forestales, actividades antropogénicas y agentes naturales (Cuevas et al., 2007).

Uno de los problemas principales de las plantaciones forestales y reforesta-

ciones es el alto porcentaje de mortalidad; durante el periodo 2006-2009 fue de 44% al año de plantado (Universidad Autónoma Chapingo-Gerencia de Servicios Profesionales, 2007; Colegio de Postgraduados, 2008; Universidad Autónoma de Nuevo León, 2009; Universidad Autónoma Chapingo, 2010). Las causas de mortalidad de la planta son diversas, entre ellas destacan: a) fechas de plantación inadecuadas (36,0%), b) sequías (18,0%) y c) calidad deficiente de la planta (13,0%); el resto de factores adversos (33,0%) son pastoreo, falta de protección y mantenimiento, así como selección inapropiada de especies y manejo deficiente de la semilla, entre otros (Prieto y Martínez, 2006; Universidad Autónoma Chapingo-Gerencia de Servicios Profesionales, 2007).

Para que un programa de reforestación alcance sus objetivos, se debe atender con eficiencia cada componente de la cadena productiva, que incluyen la obtención y manejo de semilla, producción de planta, establecimiento de plantaciones y su seguimiento en campo (Prieto y López, 2006). Una solución para obtener semilla de calidad a corto plazo y a bajo costo, es detectar o establecer zonas con condiciones aceptables para la producción de semilla de buena calidad, como son los rodales semilleros, áreas y huertos semilleros (FAO, 1991). En México, el abasto de semilla para los programas de producción de planta se hace principalmente de rodales naturales y en menor escala en áreas semilleras. Los rodales semilleros carecen de manejo para aumentar la ganancia genética de la semilla. En las áreas semilleras se eliminan los árboles mal conformados para dejar los que posiblemente tengan mejor calidad genética (Prieto y Martínez, 2006).

La semilla es la principal forma de reproducción de las especies forestales maderables (reproducción sexual). La

reproducción sexual favorece la diversidad genética, al existir recombinación de genes en el proceso de meiosis, esta diversidad ayuda a la preservación y evolución natural de las especies; además, permite el desarrollo de programas de mejoramiento genético (Prieto y López, 2006).

Los análisis de conos y semillas permiten evaluar las características físicas y biológicas de un lote para asignarle un valor (Bonner, 1993), herramienta útil para determinar la cantidad y calidad de semilla producida en una área determinada; esto contribuye a estimar la productividad de las áreas utilizadas como fuentes productoras de semilla, para los programas de producción de planta forestal. El factor principal que reduce la cantidad y calidad de la semilla producida, es la presencia de insectos. Álvarez y Márquez (1998), señalan que en Durango los principales insectos que causan daños a conillos, conos y semillas son: trips (género *Frankliniella*), palomillas tortricidas (géneros *Eucosma* y *Cydia*) y pirálidas (géneros *Dioryctria* y *Apolychrosis*), así como escarabajos escolítidos (*Conophthorus*), escarabajos picudos (*Conotrachelus*) y anóbidos (*Ernobius*), y chinches semilleras (*Tetyra* y *Leptoglossus*), entre otros.

Para determinar la calidad y cantidad de semilla disponible para los programas de reforestación, es importante conocer el potencial productivo y los niveles de eficiencia de producción de semilla en las áreas destinadas para este propósito; por lo tanto, es necesario evaluar en campo estas características. Se consideró estudiar a *Pinus engelmannii* Carr., debido a que es una especie de importancia comercial y es ampliamente usada en los programas de reforestación en el estado de Durango.

## OBJETIVOS

Determinar potencial productivo, capacidad germinativa, daños por insectos y niveles de eficiencia de producción de semilla en tres rodales semilleros de *Pinus engelmannii* Carr.

## METODOLOGÍA

### Localización y características climáticas

El estudio se realizó en tres rodales semilleros de *Pinus engelmannii*, ubicados en los ejidos El Encinal y Las Cumbres, municipio de Durango y en el ejido La Florida, municipio de San Dimas, en la Sierra Madre Occidental del estado de Durango, México. Las coordenadas y características climatológicas principales de los tres rodales semilleros se muestran en la tabla 1.

### Manejo de los rodales

Los tres rodales están bajo el sistema de manejo forestal conocido como Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI); por la naturaleza del sistema se busca conservar la estructura del bosque mediante la extracción de individuos que han alcanzado su madurez física. La edad promedio de los árboles de los rodales Las Cumbres, La Florida y El Encinal fue de 55,0 años, 64,9 años y 65,8 años, respectivamente, el turno para aprovechar dichas áreas es aproximadamente de 75 años, lo que significa que todavía tienen de 9 a 20 años de vida útil para producir semilla. Se consideran rodales semilleros porque los árboles tienen características superiores a los rodales existentes en las áreas aledañas, respecto a: vigor, altura, diámetro del fuste, rectitud del fuste y edad no madura (Osio, 2007).

Tabla 1. Ubicación y características climatológicas de los rodales evaluados.

Rodal	Localización geográfica	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)	Altitud (m)
El Encinal	23° 43' 32'' N 105° 2' 58'' W	11,5	950,0	2570
Las Cumbres	23° 53' 01'' N 105° 05' 58'' W	11,5	850,0	2511
La Florida	24° 07' 56'' N 105° 42' 33'' W	11,1	839,5	2620

FUENTE: Comisión Nacional del Agua (2009).

### Selección de árboles y características dasométricas

De cada rodal fueron seleccionados 10 árboles, caracterizados por ser sobresa-lientes en altura, con fustes rectos, copa chica, sanos, individuos no aislados y distribuidos uniformemente en cada área de estudio, con una separación mínima de 50 m entre árboles. De cada árbol seleccionado se midió: diámetro a la altura del pecho, altura, edad, tiempo de paso y diámetro de cobertura de copa (Tabla 2).

### Colecta, transporte y secado de conos

De cada árbol seleccionado se colectaron 10 conos, los cuales se colocaron en bolsas de papel, identificadas con el nombre del sitio de colecta, el número de árbol y el cono colectado. De cada rodal semillero se colectaron 100 conos (10 por árbol). Para facilitar el transporte, las bolsas con los conos se pusieron en costales; posteriormente se expusieron al sol para facilitar su secado y evitar que los conos fueran infestados por hongos.

### Disección de los conos, clasificación de las escamas y potencial productivo

Para separar las escamas, los conos secos se disectaron mediante la perforación de su eje central con un taladro eléctrico, lo que permitió su desprendimiento al deshacerse los puntos de unión. Una vez separadas las escamas, éstas se clasificaron y cuantificaron en tres tipos: escamas fértiles, escamas inferiores infértiles (base del cono) y escamas superiores infértiles (ápice del cono). De acuerdo con la marca que dejaron las semillas en la base de las escamas fértiles, éstas tenían: óvulos abortados en el primer año (marca de la semilla menor a 2 mm), óvulos abortados en el segundo año (marca de la semilla entre 2 mm y 4 mm) o semillas desarrolladas (marca de la semilla superior a 4 mm). El potencial productivo se determinó mediante el conteo del número de escamas fértiles encontradas y, considerando que cada escama tiene la capacidad para producir dos semillas, el número de escamas se multiplicó por dos.

Tabla 2. Características dasométricas y edad de los árboles de *Pinus engelmannii* Carr. seleccionados para la colecta de conos en los rodales semilleros evaluados.

Árbol Núm.	Ei Encinal				Rodal semillero Las Cumbres				La Florida						
	DAP	A	E	TP	DC	DAP	A	E	TP	DC	DAP	A	E	TP	DC
1	34,4	15,5	65,0	13,0	5,3	42,0	16,0	67,0	7,0	6,0	36,5	17,8	55,0	15,0	5,0
2	35,5	16,0	67,0	15,0	4,8	34,5	18,0	48,0	10,0	6,5	26,0	18,6	60,0	15,0	4,2
3	33,7	18,0	62,0	16,0	6,2	30,7	17,0	64,0	10,0	6,5	28,5	18,4	77,0	16,0	5,8
4	39,6	20,0	71,0	11,0	5,8	30,0	15,0	60,0	14,0	6,9	28,0	18,8	53,0	18,0	5,9
5	35,3	18,5	63,0	13,0	4,7	37,0	17,0	64,0	10,0	6,8	28,7	20,5	69,0	16,0	4,9
6	38,9	17,0	71,0	12,0	5,8	35,0	14,0	44,0	13,0	5,5	32,5	21,0	70,0	18,0	5,6
7	39,1	16,0	70,0	12,0	6,0	29,5	9,0	40,0	10,0	6,9	28,0	15,0	74,0	18,0	4,9
8	31,6	19,0	58,0	15,0	4,9	31,5	16,0	52,0	10,0	4,6	35,5	22,3	71,0	16,0	5,5
9	30,9	17,0	57,0	12,0	5,2	38,2	13,0	59,0	9,0	6,5	26,8	19,3	51,0	16,0	4,0
10	39,7	16,5	74,0	11,0	5,6	41,6	16,0	52,0	11,0	6,4	27,4	20,0	69,0	16,0	5,7
<b>Media</b>	35,9	17,4	65,8	13,0	5,4	35,0	15,1	55,0	10,4	6,3	29,8	19,2	64,9	16,4	5,2

DAP= diámetro a la altura de pecho (cm), A= altura (m), E= edad (años de crecimiento), TP= tiempo de paso (años), DC= diámetro de cobertura de copa (m).

### **Semilla llena, vana, malformada y dañada por insectos**

A través de una muestra de 400 semillas por sitio, separadas en cuatro repeticiones, sometidas a pruebas de rayos X, con base en Bramlett *et al.* (1977), se clasificó a la semilla en: llena, vana, malformada y dañada por insectos. Para identificar las muestras en la parte inferior se colocó una placa de aluminio enumerada. El tiempo que estuvo la semilla expuesta a los rayos X fue aproximadamente de dos minutos.

### **Porcentaje de germinación**

Mediante la utilización de 400 semillas por sitio, seleccionadas al azar, separadas en cuatro repeticiones de 100 semillas, se determinó el porcentaje de germinación. El proceso para germinar la semilla consistió en desinfectarlas durante cinco minutos, en una solución compuesta por 90,0% de agua destilada y 10,0% de cloro comercial; al término de ese periodo se enjuagaron cuatro veces en agua destilada y, separadas por repetición, se colocaron en papel absorbente y estraza. Para evitar que se contaminaran con hongos (*Damping-off*), se regaron con el fungicida Tecto 60®, a razón de 1,5 g L<sup>-1</sup> de agua; una vez humedecidas las muestras, éstas se colocaron en una cámara de ambiente controlado a una temperatura de 25 °C a 28 °C. A partir del inicio de la germinación, las muestras se monitorearon cada tercer día durante 28 días.

### **Variables evaluadas**

Las variables registradas fueron: a) potencial productivo, b) semillas producidas, c) óvulos abortados durante el primero y segundo año de desarrollo,

d) número de escamas infértiles inferiores y superiores, e) porcentaje de semillas llenas y vanas, f) semillas malformadas, g) semillas dañadas por insectos, h) porcentaje de germinación y i) eficiencia de producción de semillas. Los datos obtenidos se capturaron en Excel® y se analizaron estadísticamente a través del programa de cómputo SAS (SAS Institute Inc., 2004). Debido a que los datos no presentaron una distribución normal, para analizar el potencial productivo y semilla desarrollada se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. Los resultados de "análisis de rayos X" se transformaron para ajustarlos a una distribución normal, a través de la raíz cuadrada de las variables más uno; posteriormente, se analizaron bajo un diseño experimental completamente al azar y donde existieron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) se hicieron pruebas de comparación de medias de Duncan.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Potencial productivo y semillas desarrolladas**

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre sitios en las variables potencial productivo y semillas desarrolladas (Tabla 3). En el rodal semillero El Encinal se registró el más alto potencial productivo de semilla (171,9 semillas por cono) y la más alta cantidad de semilla desarrollada (143,7 semillas por cono), lo que equivale a 83,6% del potencial productivo; en la misma tabla se presentan éstas y otras estadísticas comparativas para los tres rodales semilleros analizados.

De acuerdo con Salzer y Gugerli (2012), las diferencias en resultados de esas variables pueden ser atribuibles a

factores específicos de cada rodal respecto a la calidad del sitio y a características genéticas, dado que las condiciones climáticas: temperatura media anual (11,1 °C - 11,5 °C) y precipitación media anual (839,5 mm - 950,0 mm), así como el manejo silvícola han sido similares en dichos rodales. Además, la edad promedio de los árboles es adecuada para que éstos produzcan semilla en abundancia, al encontrarse en plena edad reproductiva, ya que es común que esta especie tenga un turno biológico superior a los 100 años. Tiscar (2002), clasificó la edad de los árboles de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*, en maduros hasta los 120 años y viejos de los 121 a 200 años de edad. Madrigal (1994) indica que en bosques con manejo forestal, la edad máxima a la que un árbol puede reproducirse es determinada por la duración del turno, ya que al prolongarse en exceso, los árboles pueden perder su capacidad para reproducirse.

Según Noland *et al.* (2006), la regeneración natural en rodales semilleros depende en gran parte de la capacidad de los árboles semilleros seleccionados para producir semilla en abundancia y viable. Solís *et al.* (2007), en un área semillera de *P. engelmannii* en el municipio de Durango, Dgo., encontraron un potencial productivo de 179 semillas por cono, valor que superó a los observados en el mismo sitio en esta evaluación, donde sólo 133 semillas lograron desarrollarse. En cambio, Owens y Fernando (2007), en un huerto semillero de *P. monticola*, registraron un potencial productivo de 200 semillas por cono, de las cuales el éxito reproductivo fue de 115 semillas (57,5%). Por su parte, Núñez (2002) determinó la eficiencia en la producción de semilla en tres rodales naturales de *Pinus cooperi* Blanco del estado de Durango, y encontró que el rodal con mayor semilla desarrollada tuvo 50,9%; en cambio, en el presente estudio

los tres sitios superaron 70,2% de semilla desarrollada.

### Óvulos abortados en el primer y segundo año

Se observaron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre sitios, para las variables óvulos abortados en los años uno y dos. En los tres sitios la mayor cantidad de óvulos abortados ocurrió en el año uno, con valores de 13,5 a 38,2 óvulos abortados (Tabla 3); las mayores pérdidas ocurrieron en la localidad La Florida. Por otro lado, en el año dos los valores fluctuaron de 6,4 a 9,9 semillas abortadas por cono; la mayor cantidad de óvulos abortados existió nuevamente en la misma localidad. En cambio, el menor aborto de óvulos en el primero y segundo año se registró en el rodal semillero Las Cumbres, con 13,5 y 6,4 óvulos abortados por cono en cada año, respectivamente. Owens *et al.* (2008), indican que las causas posibles de abortos pueden ser problemas de autopolinización, daño por plagas en las primeras etapas del proceso reproductivo o enfermedades durante el desarrollo. Por su parte, Gómez *et al.* (2010) indican que en un huerto semillero de *P. leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. abortaron 63,7 óvulos por cono debido a problemas de endogamia.

### Escamas infértiles superiores e inferiores

Las variables escamas infértiles superiores e inferiores no presentaron diferencias significativas entre sitios, con 7,9 a 9,2 escamas infértiles superiores y 70,3 a 76,0 escamas infértiles inferiores por cono (Tabla 3). Sivacioglu y Ayan (2008), encontraron, en un huerto semillero clonal de *P. sylvestris*, que el número de escamas infértiles por cono fue de 41,1.

Tabla 3. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis para detectar diferencias entre los rodales semilleros de *Pinus engelmannii* Carr. en el estado de Durango.

Variable	Estadístico		Rodal semillero		
	X <sup>2</sup>	P	El Encinal	Las Cumbres	La Florida
Potencial productivo	26,38	0,0001	171,9 ± 3,4	149,2 ± 3,8	161,7 ± 3,9
Semilla desarrollada	38,27	0,0001	143,7 ± 4,0	129,3 ± 3,1	113,6 ± 3,6
Óvulos abortados año uno	70,95	0,0001	20,6 ± 1,9	13,5 ± 1,1	38,2 ± 2,6
Óvulos abortados año dos	12,83	0,0016	7,5 ± 0,5	6,4 ± 0,7	9,9 ± 1,1
Escamas infértiles superiores	3,28	0,1933	8,0 ± 0,3	9,2 ± 1,3	7,9 ± 0,4
Escamas infértiles inferiores	3,40	0,1825	76,0 ± 7,8	70,3 ± 1,6	71,0 ± 1,4

Los valores ilustrados representan la media ± error estándar, n=100.

La presencia de escamas infértiles se debe a que éstas no pueden ser polinizadas durante la dispersión del polen (Bramlett *et al.*, 1977).

### Semilla llena, vana, malformada y dañada por insectos

La semilla llena es aquella que tiene sus estructuras internas completas, lo que le permite reproducirse en condiciones apropiadas de humedad (60% - 80%) y temperatura (25 °C - 30 °C). Los resultados indican que existieron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre sitios en todas las variables (Tabla 4). El mayor porcentaje de semilla llena se registró en Las Cumbres (77,2%), con una diferencia mayor a 20% respecto a los otros sitios. Con relación a la semilla vana, el porcentaje fue alto en La Florida y El Encinal, con 38,5% y 42,8%, respectivamente; en cambio, en Las Cumbres ocurrió el menor porcentaje, con 19,4% (Tabla 5).

Según Owens y Fernando (2007), el desarrollo y la morfología de las semillas

afectan la producción de semilla llena. Owens *et al.* (2008) encontraron, en rodales naturales de *Pinus albicaulis* Engelm., que 70% de las semillas estaban llenas, valor alto para rodales naturales de coníferas. Álvarez y Márquez (1994a) encontraron, en un área semillera de *P. cooperi*, que el porcentaje de semilla llena fue de 80%, mientras que 20% fue semilla vana debido al efecto de las chinches semilleras, *Leptoglossus occidentalis* y *Tetyra bipunctata*.

El alto porcentaje de semilla vana pudo ser originado por una polinización deficiente o por daños provocados por *Leptoglossus occidentalis*. Strong *et al.* (2001), consideran que *L. occidentalis* es una plaga que afecta significativamente huertos semilleros de *Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm. La autofecundación propicia la formación de semillas vanas al incidir en la producción de genes letales (Velasco *et al.*, 2007), fenómeno que provoca la muerte del embrión y propicia que la semilla esté vacía (Zavala y Meléndez, 1996). En rodales naturales de *P. engelmannii*, el ataque de *L. occiden-*

Tabla 4. Resultados del ANOVA para detectar diferencias en la calidad de la semilla, mediante pruebas de rayos X, en rodales semilleros de *Pinus engelmannii* Carr. en el estado de Durango.

Variable (semilla)	Estadísticos		
	CME <sup>1</sup>	Valor F	Valor P<0,01
Llena	0,51	67,45	0,0001
Vana	1,17	49,90	0,0001
Malformada	0,15	10,41	0,0001
Dañada por insecto	0,41	18,41	0,0001

<sup>1</sup>CME= Cuadrado medio del error

Tabla 5. Resultados de la prueba de medias de Duncan para detectar diferencias en la calidad de la semilla, mediante análisis de rayos X entre los rodales semilleros de *Pinus engelmannii* Carr. en el estado de Durango.

Rodal	Porcentaje de semilla			
	Llena	Vana	Malformada	Dañada por insecto
Las Cumbres	77,2 a	19,4 b	0,7 b	2,7 b
La Florida	56,4 b	38,5 a	1,0 b	4,0 b
El Encinal	48,3 c	42,8 a	1,9 a	7,0 a

Letras diferentes para la misma columna significan diferencias significativas ( $p < 0,01$ ).

*talis* causó producción de semillas vanas durante la fase inicial de formación del embrión y del tejido gametofítico, daño que continuó conforme se desarrollaron las semillas hasta la etapa de maduración (Bustamante *et al.*, 2012).

El mayor daño por insectos ocurrió en El Encinal con 7,0%, mientras que en Las Cumbres y La Florida la afectación fue menor con 2,7% y 4,0%, respectivamente. Cibrián *et al.* (2008) reconocen a *Conophthorus* spp. como los insectos de mayor importancia económica en México, debido a que sus ataques en especies del género *Pinus* dañan más de 60% de la

cosecha de semilla. Álvarez y Márquez (1998), señalaron que *Conophthorus apachecae* es importante en áreas semilleras de *P. engelmannii* del estado de Durango, debido a que provoca la destrucción parcial o total del cono al construir galerías en el eje central de éste; además, limita la liberación de las semillas. Mediante la técnica de análisis de conos y semillas, propuesta por Bramlett *et al.* (1977), es difícil observar la presencia de este insecto debido a que la barrenación del eje central del cono destruye a *Conophthorus* y a las galerías helicoidales, sitio donde oviposita este insecto (Álvarez y Márquez, 1998); por lo

tanto, en el presente estudio no se observaron evidencias del mismo.

Respecto a la semilla malformada, en El Encinal se presentó el mayor porcentaje con 1,9%, en Las Cumbres y La Florida ocurrió el menor daño con valores de 0,7% y 1,0% (Tabla 5). La semilla malformada indica posibles problemas de nutrición o colecta de conos antes de su madurez (Bramlett *et al.*, 1977).

### Porcentaje de germinación

La semilla procedente de Las Cumbres y El Encinal tuvo más de 90% de germinación total; pero, el mejor comportamiento del proceso de germinación ocurrió en semillas procedentes del rodal Las Cumbres, donde la germinación comenzó

ocho días después de la siembra y a los 18 días había germinado 88,9%; el mayor porcentaje de germinación diaria se obtuvo a los 12 días de la siembra con 29,5%. En el predio El Encinal el porcentaje de germinación total fue de 93,6%, a los 14 días de la siembra se registró el más alto porcentaje de germinación diaria con 26,5% y los más altos valores de germinación diaria ocurrieron entre los 12 y 18 días con 76,3% para esos días. En la localidad La Florida ocurrió la menor germinación total con 78,5%; además, la germinación fue más lenta y heterogénea. La mayor germinación diaria se presentó entre los 12 y 16 días después de la siembra con 54,6% de germinación durante ese periodo. Los resultados anteriores indican que la semilla con mayor vigor fue la recolectada en Las Cumbres (Tabla 6).

Tabla 6. Germinación diaria y acumulada en semilla de *P. engelmannii* Carr., colectada en tres rodales semilleros del estado de Durango.

Días después de la siembra	Las Cumbres		El Encinal		La Florida	
	Diaria (%)	Acumulada (%)	Diaria (%)	Acumulada (%)	Diaria (%)	Acumulada (%)
	Germinación					
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0
8	4,2	4,2	0,0	0,4	0,0	0,0
10	6,5	10,7	3,2	3,6	1,3	1,3
12	29,5	40,2	20,9	24,4	14,6	15,9
14	18,4	58,6	26,5	51,0	23,8	39,7
16	16,1	74,7	17,3	68,3	16,2	56,0
18	14,2	88,9	11,6	79,9	7,0	62,9
20	5,4	94,3	4,8	84,7	3,6	66,6
22	2,3	96,6	5,6	90,4	7,0	73,5
24	1,1	97,7	2,0	92,4	2,6	76,2
26	0,0	97,7	0,8	93,2	2,3	78,5
28	0,4	98,1	0,4	93,6	0,0	78,5

Ibarra (1994) evaluó el porcentaje de germinación de semilla recolectada en un área semillera de *Pinus cooperi* ubicada en la región de El Huehuento, San Dimas, Dgo., y encontró que éste fue de 46%. Álvarez y Márquez (1994b) realizaron una tabla de vida en un área semillera de *P. cooperi*, incluido un análisis de germinación y obtuvieron 97,8% de germinación. El alto porcentaje de germinación asegura un nivel óptimo de germinación de las semillas en vivero. Núñez (2002), registró valores de 88,2% a 94,0% de germinación de semillas provenientes de rodales de *P. cooperi*. Martínez (2002) obtuvo una germinación de 65,7% en semilla de rodales de *Pinus pseudostrobus* Lindl. Prieto y Martínez (2006), en un análisis de conos y semillas de dos áreas semilleras de *P. cooperi*, encontraron que las semillas llenas tenían un poder germinativo superior a 95%.

### Eficiencia de producción de semilla

La mayor Eficiencia de Producción de Semillas (EPS) se registró en el rodal semillero Las Cumbres con 66,9%. En El Encinal fue de 40,4% y en la Florida de 39,6% (Fig. 1). Según Bramlett *et al.* (1977), un rodal con un manejo apropiado para producir semilla debe tener porcentajes superiores a 55,0%, caso que sólo sucedió en Las Cumbres. En las localidades de El Encinal y La Florida, para identificar las causas que han limitado la producción de semilla, es necesario hacer un diagnóstico a detalle donde, entre otros aspectos, se deben evaluar posibles problemas de endogamia o de daños por insectos, dado que las condiciones ambientales y de manejo silvícola han sido similares. Asimismo, es conveniente favorecer el vigor de los árboles mediante la aplicación de fertilizante.

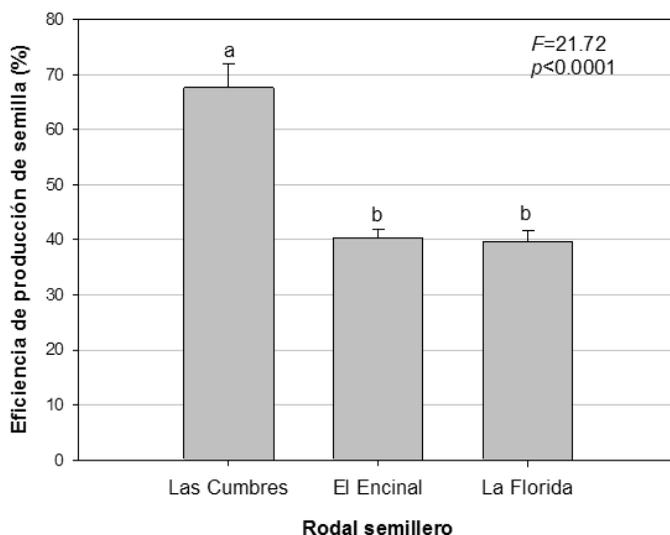


Figura 1. Eficiencia de producción de semilla de *P. engelmannii* Carr., en tres rodales semilleros del estado de Durango.

Narváez (2000) estimó, en un área semillera de *P. arizonica* Engelm., una EPS de 37,0%. Por su parte, Núñez (2002) analizó conos y semillas de *P. cooperi* en rodales naturales y determinó valores de 21,3% para esa variable. En cambio, Alba *et al.* (2003), en poblaciones de *P. hartwegii* obtuvieron porcentajes de 68,0% a 75,0%. Por su parte, Alba *et al.* (2006) encontraron que en *P. greggii* varió entre 70,9% y 87,0%. Sivacioglu y Ayan (2008) evaluaron un huerto semillero clonal de *P. sylvestris* y registraron una EPS de 17,9%. Como se aprecia en los resultados anteriores, los niveles de EPS fueron muy variables y en mucho dependen de las características específicas de cada especie y sitio. Asimismo, dichos autores indican que las causas que originan la mortalidad de semilla durante su ciclo reproductivo se deben principalmente a daños por insectos, autopolinización y a factores físicos de los árboles (vigor y edad).

### CONCLUSIONES

El rodal semillero Las Cumbres fue el único que tuvo una eficiencia de producción de semillas adecuada. Además, en ese sitio se produjo la semilla de mejor calidad, al tener el más alto porcentaje y velocidad de germinación.

El rodal semillero El Encinal registró el más alto potencial de producción de semilla y la mayor cantidad de semilla desarrollada; sin embargo, en ese sitio ocurrió el daño mayor por insectos y la eficiencia de producción de semillas fue deficiente.

El rodal La Florida tuvo resultados intermedios en las variables evaluadas; pero, su nivel de eficiencia de producción de semillas también fue deficiente.

### REFERENCIAS

- 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. *Foresta Veracruzana* 5(1):23-29.
- Alba L., J., E.O. Ramírez G. y G. Rojas P. 2006. Variación de semillas de *Pinus greggii* Engelm. en el municipio de Naolinco. *Foresta Veracruzana* 8(2):7-12.
- Álvarez Z., R. y M.A. Márquez L. 1994a. Factores de mortalidad de conos de *Pinus cooperi* en San Dimas, Dgo. *In: Memorias del XXIX Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología.* p:245-246.
- Álvarez Z., R. y M.A. Márquez L. 1994b. Aplicación de tabla de vida para conos de *Pinus cooperi* var. *ornelasii*. Informe Técnico Final, Fase I. CIIDIR-IPN. Unidad Durango, Dgo. p:36-37.
- Álvarez Z., R. y M.A. Márquez L. 1998. Plagas y enfermedades de las pináceas de Durango. *In: García A., A. y S. González E., eds. Pináceas de Durango. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Ver. p:133-137.*
- Bonner F., T. 1993. Análisis de semillas forestales. Traducido del inglés por Dante Arturo Rodríguez Trejo. Serie de Apoyo Académico núm. 47. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 5 p.
- Bramlett, D.L., E.W. Belcher, G.L. DeBarr, G.D. Helteer, R.P. Karrafalt, C.W. Lantz, T. Miller, K.O. Ware y H.O. Yates. 1977. Manual de análisis de conos. Traducido del inglés por

- Jaime E. Flores L. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. México. p:3-21.
- Bustamante-García, V., J.A. Prieto-Ruíz, R. Álvarez-Zagoya, A. Carrillo-Parra, J.J. Corral-Rivas y E. Merlín-Bermudes. 2012. Factors affecting seed yield of *Pinus engelmannii* Carr. in three seed stands in Durango state, Mexico. *Southwestern Entomologist* 37(3):351-359.
- Cibrián T., D.S. García D. y D.J. Macías B. 2008. Manual de identificación y manejo de plagas y enfermedades en viveros forestales. Zapopan, Jalisco, México. p: 143.
- Colegio de Postgraduados. 2008. Reforestación. Evaluación Externa. Ejercicio Fiscal 2007. Conafor-Semarnat. Consultado en: [http://148.223.105.188:2222/gif.snif\\_portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=20](http://148.223.105.188:2222/gif.snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20). (Septiembre 2011).
- Cuevas F., L., D. Tejeda S., J.S. García C., J.A. Guerrero. H., J.C. González O., H. Hernández M., M.L. Lira Q., J.L. Nieves F., C.M. Vázquez M. y R. Cardoza V. 2007. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de mejores prácticas. Conafor. Tercera edición. Zapopan, Jalisco, Méx. p:298.
- Comisión Nacional del Agua. 2009. Datos climáticos de estaciones meteorológicas de Durango. El Salto, Miravalles y Otinapa. Durango, Dgo.
- FAO. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. Estudio 20/2. FAO/MONTES, DANIDA. Compilado por Willan R. L., Roma, Italia. p:23-48.
- 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 Schlttdl. & Cham. *Fitotecnia Mexicana* 33(4):297-304.
- Ibarra H., J.P. 1994. Estudio de conos y semillas de un área semillera de *Pinus cooperi* var. *ornelasii*, en la UCODEFO 5 "El Huehuento" San Dimas, Durango. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo. 49 p.
- Madrid A., R.E. 2009. Evaluación de diez procedencias de *Pinus greggii* Engelm. para cultivo de árboles de navidad en el Valle del Guadiana Durango, Dgo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo. 49 p.
- Madrigal, A. 1994. Ordenación de Montes Arbolados. MAPA-ICONA: Colección técnica. Madrid. 375 p.
- Martínez D., C.N. 2002. Producción, viabilidad y germinación de semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en tres localidades forestales de Iturbide, Nuevo León. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. p:22-26.
- Narváez F., R. 2000. Estimación de la cosecha de semilla de *Pinus arizonica* Engelm, con base a la producción de conos, en la región de Madera, Chihuahua. Folleto técnico núm. 12. Campo Experimental Madera. INIFAP. Madera, Chihuahua, p:3-5.

- Noland, L.T., C.W. Parker y E.A. Morneauult. 2006. Natural variation in seed characteristics of eastern white pine (*Pinus strobus* L.). *New Forests* 32:87-103.
- Núñez G., V.J. 2002. Análisis de conos y semillas de *Pinus cooperi* Blanco en tres rodales naturales del estado de Durango. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo. p:42, 48,55.
- Osio M., M.A. 2007. Modificación al programa de manejo forestal. Ejido La Florida. Municipio San Dimas, Durango. 36 p.
- Owens, J.N. y D.D. Fernando. 2007. Pollination and seed production in western white pine. *Canadian Journal of Forest Research* 37(2):260-275.
- Owens, N.J., T. Kittirat y F.M. Mahalovich. 2008. Whitebark pine (*Pinus albicaulis* Engelm.) seed production in natural stands. *Forest Ecology and Management* 255:803-809.
- Prieto R., J.A. y J. López U. 2006. Colecta de semillas forestales en el género *Pinus*. Folleto técnico núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP. Durango, Dgo. p:13-20.
- 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. *In: El Sitio Permanente de Experimentación Forestal (SPEF) "Cielito Azul" a 40 años de su establecimiento. Publicación especial núm. 23. Campo Experimental Valle del*
- Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo. p:15-30.
- Rodríguez T., D.A. 2007. Los árboles de calidad para la reforestación. Extensión al campo. Revista científica núm. 4. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 12 p.
- Salzer, K. y F. Gugerli. 2012. Reduced fitness at early life stages in peripheral versus core populations of Swiss stone pine (*Pinus cembra*) is not reflected by levels of inbreeding in seed families. *Alpine Botany* 122(2):75-85.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/ETS® 9.1 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sivacioglu, A. y 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.
- Solís G., S., G. Montes R. y E. Bravo A. 2007. Análisis de la producción de semilla en las áreas semilleras de la región de El Salto, Durango. *In: VIII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Morelia, Michoacán.* 210 p.
- Strong, W.B., S.L. Bates y M.U. Stoehr. 2001. Feeding by *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae) reduces seed set in *lodgepole pine* (Pinaceae). *The Canadian Entomologist* 133:(6)857-865.
- Tíscar O., P.A. 2002. Capacidad reproductiva de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* en relación con la edad de la planta madre. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 2:357-372.

- Universidad Autónoma Chapingo-Gerencia de Servicios Profesionales 2007. Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal-Categoría Reforestación. Ejercicio Fiscal 2006. Conafor-Semarnat. Consultado en: [http://148.223.105.188:2222/gif.snif\\_portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=20](http://148.223.105.188:2222/gif.snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20). (Septiembre 2012).
- Universidad Autónoma Chapingo. 2010. Informe de evaluación externa de los apoyos de reforestación. Ejercicio Fiscal 2009. Conafor-Semarnat. Consultado en: [http://148.223.105.188:2222/gif.snif\\_portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=20](http://148.223.105.188:2222/gif.snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20). (Septiembre 2012).
- Universidad Autónoma de Nuevo León. 2009. Reforestación. Evaluación externa fiscal 2008. Informe Nacional. Conafor-Semarnat. Consultado en: [http://148.223.105.188:2222/gif.snif\\_portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=20](http://148.223.105.188:2222/gif.snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20). (Septiembre 2012).
- Velasco G., M.V., J. López U., G. Ángeles P.; J. Vargas H. y V. Guerra D. 2007. Dispersión de semillas de *Pseudotsuga menziesii* en poblaciones del centro de México. *Agrociencia* 41:121-131.
- Zavala C., F. y J.T. Méndez M. 1996. Factores que afectan la producción de semillas en *Pseudotsuga macrolepis* Flous, en el estado de Hidalgo, México. *Acta Bot. Mex.* 36:1-13.

Manuscrito recibido el 8 de mayo de 2012.

Aceptado el 27 de septiembre de 2012.

Este documento se debe citar como:

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.