

DISPERSIÓN DE SEMILLAS DE *Pseudotsuga menziesii* EN POBLACIONES DEL CENTRO DE MÉXICO

Pseudotsuga menziesii SEED DISPERSION IN POPULATIONS OF CENTRAL MÉXICO

Mario V. Velasco-García¹, Javier López-Upton¹, Gregorio Angeles-Pérez¹,
Jesús Vargas-Hernández¹ y Vidal Guerra-de la Cruz²

¹Forestal. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Km 36.5 Carretera. México-Texcoco. Montecillo, México. (uptonj@colpos.mx). ²INIFAP-Tlaxcala. 90800. Km. 2.5 Carretera Tlaxcala-Chiautempan, Tlaxcala.

RESUMEN

Pseudotsuga menziesii es un árbol valioso en la producción silvícola del mundo. En México se ubica el límite austral de su distribución natural, pero se desconoce la capacidad de dispersión de su semilla que ayude a su regeneración. En este estudio se evaluó la cantidad y período de dispersión de semillas en cuatro poblaciones naturales de *P. menziesii* (pinabete), con características contrastantes, en los Estados de Hidalgo (San José Capulines y El Salto) y Tlaxcala (Zapata y La Rosa). El muestreo se realizó de octubre de 2003 a septiembre de 2004 en 16 trampas de 0.5 m² por sitio. Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en cantidad y tipo de semillas dispersadas entre poblaciones y fechas de muestreo. La dispersión anual de semillas varió entre sitios desde 0.3 hasta 4.8 millones de semillas (llenas, vanas y dañadas) por hectárea, 30 a 50% de las cuales se encontraron dentro de los conos que cayeron en las trampas. Del total de semillas dispersadas, 90.3% fueron vanas (80 a 98.7% entre sitios), 5.8% dañadas por varios agentes (0.5 a 16.6%) y sólo 3.9% fueron semillas llenas (0.3 a 9%). El número de semillas llenas que caen en el piso forestal varió entre sitios de 649 a poco más de 66 200 ha⁻¹. Con excepción de un sitio, la dispersión natural de las semillas se mantiene todo el año, aunque 97% se concentra de octubre a junio; la proporción de semillas llenas fluctúa en el año, con valores máximos en el periodo de noviembre a febrero en la mayoría de los sitios. El periodo de máxima dispersión y la baja cantidad de las semillas disponibles para germinar no favorecen la regeneración natural de la especie.

Palabras clave: Conservación *in situ*, eficiencia reproductiva, fenología reproductiva, pinabete, regeneración natural.

INTRODUCCIÓN

Pseudotsuga es uno de los géneros de mayor importancia ecológica y económica en Canadá y EE.UU., ya que desde el Pleistoceno ha sido uno de los principales componentes en los bosques de

ABSTRACT

Pseudotsuga menziesii is a valuable tree in silvicultural production around the world. In Mexico it is found at the southernmost limit of its natural distribution, but its capacity to disperse seed, which helps in its regeneration, is unknown. In this study, quantity and period of seed dispersion was studied in four contrasting natural populations of *P. menziesii* (Douglas fir) in the States of Hidalgo (San José Capulines and El Salto) and Tlaxcala (Zapata and La Rosa). Samples were collected from October 2003 to September 2004 using 16 traps measuring 0.5 m² per site. Significant differences ($p \leq 0.05$) were found in quantity and type of seed dispersed among populations and sampling dates. Annual seed dispersion varied among sites from 0.3 up to 4.8 million seeds (filled, empty and damaged) per hectare, 30 to 50% of which were found in cones that fell into the traps. Of all the dispersed seed, 90.3% were empty (80 to 98.7% among sites), 5.8% were damaged by several agents (0.5 to 16.6%) and only 3.9% were filled (0.3 to 9%). The number of filled seeds that fall on the forest floor varied among sites, from 649 to a little more than 66 200 ha⁻¹. With the exception of one site, natural dispersion of the seed is constant all year round, although 97% is concentrated between October and June. The proportion of filled seeds fluctuated over the year, with peaks during the period from November to February in most of the sites. The period of maximum dispersion and the low quantity of seeds disposed to germinate do not favor natural regeneration of the species.

Key words: *In situ* conservation, reproductive efficiency, reproductive phenology, Douglas fir, natural regeneration.

INTRODUCTION

Pseudotsuga is one of most ecologically and economically important genera in Canada and the USA. Since the Pleistocene, it has been one of the main components of North American forests (Hermann and Lavender, 1999). In Canada and the USA it is cultivated to produce lumber, as an ornamental, and for Christmas trees. Commercial plantations have also developed for lumber production in South America,

Recibido: Febrero, 2006. Aprobado: Noviembre, 2006.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 41: 121-131. 2007.

Norteamérica (Hermann y Lavender, 1999). En Canadá y EE.UU. se cultiva para producir madera en rollo, como árbol ornamental y para la navidad; también se han realizado plantaciones comerciales para la producción de madera en países de Sudamérica, Europa y Oceanía (Owston y Stein, 1974; Hermann y Lavender, 1999). En México, la madera se usa para construcciones locales, y recientemente las semillas para establecer plantaciones de árboles de navidad. Por su importancia ecológica y escasez, especialmente en el sur de su distribución natural, se le considera un grupo taxonómico sujeto a protección especial desde 1994 (Diario Oficial de la Federación, 2002). En el norte de México es posible detectar niveles de repoblación natural aceptables para mantener a *Pseudotsuga* en esos bosques (Domínguez *et al.*, 2004); sin embargo, en la zona centro de México, la presencia de renuevos es escasa.

La mayoría de las poblaciones de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (sinonimia *P. macrolepis* Flous, Reyes *et al.*, 2005) del centro del país (Estados de Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Veracruz) son pequeñas, fragmentadas y afectadas por factores antropogénicos como la agricultura, el pastoreo, los incendios y la corta de árboles para obtener madera; además, las plagas de conos y la recolección de gromoplasma para la producción de árboles de navidad reducen la producción de semillas (Zavala y Méndez, 1996; Mápula *et al.*, 2006). En las especies de coníferas las poblaciones de tamaño pequeño, ubicadas en los márgenes de la distribución natural y de baja densidad tienen una reducida variabilidad, con altos niveles de endogamia y baja capacidad reproductiva (Mosseler *et al.*, 2000). Lo anterior parece ocurrir en los bosquetes australes de *Pseudotsuga*, ya que producen cantidades elevadas de semillas vanas (Zavala y Méndez, 1996; Mápula *et al.*, 2006).

La regeneración natural de las especies forestales depende de la cantidad y calidad de la semilla que se dispersa y de la periodicidad de su producción. En el centro de México las poblaciones de *Pseudotsuga* se encuentran asociadas y dominadas por otras especies arbóreas (Domínguez, 1994; Domínguez *et al.*, 2004), generando una alta competencia por recursos en el sitio desde las etapas iniciales. Por tanto, los árboles de *Pseudotsuga* deben producir altas cantidades de semilla viable por unidad de superficie para ser competitivos.

En México no existen estudios detallados sobre la dispersión de semillas de las poblaciones de *Pseudotsuga*. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar el período, la cantidad y el tipo de semillas dispersadas a lo largo de un año en cuatro rodales naturales de la especie en el centro del país,

Europe and Oceania (Owston and Stein, 1974; Hermann and Lavender, 1999). In México, the wood is used for local constructions, and recently, the seed has been used to establish Christmas tree plantations. Because of their ecological importance and scarcity, especially in the southern part of its natural distribution area, it is considered a taxonomic group under special protection as of 1994 (Diario Oficial de la Federación, 2002). In northern México, it is possible to detect acceptable levels of natural repopulation for maintaining *Pseudotsuga* in those forests (Domínguez *et al.*, 2004). In contrast, in Central México the presence of replacements is scarce.

Most of the populations of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (synonym *P. macrolepis* Flous, Reyes *et al.*, 2005) of the central region of the country (States of Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla and Veracruz) are small, fragmented and affected by anthropogenic factors such as agriculture, grazing, forest fires, and felling for wood. Also, cone pests and collection of germplasm for the production of Christmas trees reduce seed production (Zavala and Méndez, 1996; Mápula *et al.*, 2006). In conifers species of the small, sparse populations located on the edges of the areas of natural distribution have reduced variability with high levels of endogamy and low reproductive capacity (Mosseler *et al.*, 2000). This appears to occur in the southern forests of *Pseudotsuga*, producing large quantities of empty seeds (Zavala and Méndez, 1996; Mápula *et al.*, 2006).

Natural regeneration of forest species depends on quantity and quality of the seed that is dispersed and on the period of its production. In central México, the *Pseudotsuga* populations are found associated with and dominated by other tree species (Domínguez, 1994; Domínguez *et al.*, 2004), resulting in severe competition for the resources in the site from its very first stages. For this reason, *Pseudotsuga* trees should produce large quantities of viable seed per unit of area to be competitive.

There are no detailed studies in México on seed dispersion of the populations of *Pseudotsuga*. Therefore, this study was conducted to determine period, quantity and type of seed dispersed throughout the year in four natural stands of the species in central Mexico with the aim of evaluating its potential for natural repopulation and persistence in these sites.

MATERIALS AND METHODS

Location of observation sites

In September 2003 five observation sites were located in four natural populations of *Pseudotsuga menziesii* in the States of Hidalgo and Tlaxcala (Table 1). Of the four stands, Emiliano Zapata is the

con el propósito de evaluar su potencial de repoblación natural y persistencia en estos sitios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de los sitios de observación

En septiembre de 2003 se ubicaron cinco parcelas de observación en cuatro poblaciones naturales de *P. menziesii* en los Estados de Hidalgo y Tlaxcala (Cuadro 1). De los cuatro bosquetes, Emiliano Zapata es el más grande y presenta diferencias en la densidad de arbolado, por lo que se establecieron dos parcelas de observación con una diferencia en altitud de 100 m. El tamaño de cada parcela fue 0.36 ha (60×60 m), dividida en 36 cuadrantes de 100 m² (10×10 m) (Figura 1). En cada parcela de observación se identificaron las especies leñosas y el diámetro normal de los árboles, que a la altura de 1.30 m fuera mayor o igual a 5.0 cm. En los árboles de *Pseudotsuga* se calculó además la edad mediante la extracción de cilindros de madera con un taladro de Pressler de 5 mm de diámetro interno.

Recolección de semillas

Para obtener las semillas que caen al piso forestal se establecieron 16 trampas en el centro de los cuadrantes centrales de cada parcela, distribuidas sistemáticamente. Cada trampa, construida de poliducto y tulle-LT15, tuvo una superficie de recolección de 0.5 m². Las trampas se visitaron periódicamente y en la segunda semana de octubre de 2003 se inició la dispersión al encontrarse una semilla en una de las trampas. Las semillas se recolectaron por un año: cada 10 d hasta la primera semana de febrero de 2004; al reducirse la cantidad de semillas, cada 15 d hasta la primera semana de julio de 2004, y luego cada 30 d hasta los primeros días de octubre del mismo año. La dispersión de semillas se cuantificó y analizó por mes.

Variabes evaluadas

De las muestras recolectadas en cada trampa, se separaron y contaron los conos y semillas. Semillas libres fueron las que se desprendieron de las escamas de los conos cuando estaban en la copa de los árboles. Además, se contaron las semillas que se extrajeron de los conos que cayeron en las trampas. La suma de las semillas

largest and has differences in tree density; thus, two observation plots were set up with a difference in altitude of 100 meters. Plot size was 0.36 ha (60×60 m), divided into 36 quadrants of 100 m² (10×10 m) (Figure 1). In each observation plot the woody species were identified and the normal diameter of the trees which, at a height of 1.30 m should be greater or equal to 5.0 cm. In *Pseudotsuga* trees age was also calculated by extracting cylinders of wood with a 5 mm internal diameter increment borer.

Seed collection

To obtain the seeds that fall to the forest floor, 16 traps were set up in the center of the central quadrants of each plot, distributed systematically. Each trap, constructed of plastic tubing and tulle-LT15, had a 0.5 m² collection surface. The traps were checked periodically, and in the second week of October 2003 seed dispersion commenced with one seed found in one of the traps. Seed was collected for one year: every 10 d up to the first week of February 2004; every 15 d when the quantity of seed decreased to the first week of July 2004, and then every 30 d up to the first days of October of the same year. Seed dispersion was quantified and analyzed per month.

Evaluated variables

Of the samples collected in each trap, cones and seeds were separated and counted. Loose seeds were those that came out of the cone scales when they were in the tree crowns. Also, seed extracted from the cones that fell into the traps were counted. The sum of the loose seeds and those in the cones accounted for the total number of seeds. All of the seeds were classified as full, those that had the megagametophyte totally developed; empty, those without megagametophyte or with one that was not completely developed; damaged, those that exhibited damage by insects, birds or squirrels. On the basis of the total number of seeds, the proportions of full, empty and damaged seeds were calculated, and on the basis of the proportion of loose seeds, the quantity of full viable seeds that fall on the forest floor was calculated. All of the data were extrapolated to quantities per hectare.

Statistical analysis

To detect differences among sites and collection dates, in terms of total number of seeds and number of loose seeds, seeds in the

Cuadro 1. Ubicación geográfica de las cuatro poblaciones de *Pseudotsuga menziesii* muestreadas en los Estados de Hidalgo y Tlaxcala. Table 1. Geographic location of the four *Pseudotsuga menziesii* populations sampled in the states of Hidalgo and Tlaxcala.

Poblaciones	Sitios	Latitud N	Longitud O	Altitud (m)	Exposición	Edad [†] (años)
San José Capulines, Mineral el Chico, Hgo.	1	20° 11' 02.4''	98° 47' 41.9''	2855	NO	45.8 (12-69)
El Salto, Singuilucan, Hgo.	1	20° 04' 30.6''	98° 32' 36.8''	2955	NE	83.4 (15-133)
Zapata, Emiliano Zapata, Tlax.	1	19° 32' 58.8''	97° 56' 39.3''	2990	N	82.7 (27-71)
	2	19° 32' 39.4''	97° 56' 25.9''	2898	NO	74.8 (46-113)
La Rosa, Terrenate, Tlax.	1	19° 31' 56.6''	97° 55' 02.6''	2785	O	56.9 (15-190)

Las coordenadas geográficas se obtuvieron con un receptor GPS (Garmin 12XL) y la elevación con altímetro (Thommen).

[†] Determinados con un Taladro Pressler, Valor medio (mínimo-máximo).

libres y dentro de los conos representó las semillas totales. Todas las semillas se clasificaron como: llenas, aquellas que tuvieron el megagametofito totalmente desarrollado; vanas, sin megagametofito o con éste no completamente desarrollado; dañadas, aquellas que mostraron daños por insectos, pájaros o ardillas. Se calcularon con base en el número total de semillas, las proporciones de semillas llenas, vanas y dañadas, y con base en la proporción de semillas libres se calculó la cantidad de semillas llenas viables que caen el piso forestal. Todos los datos fueron extrapolados a cantidades por hectárea.

Análisis estadístico

Para detectar diferencias entre sitios y fechas de recolección en la cantidad de semillas totales, libres, dentro de conos, llenas, vanas y dañadas, se usó análisis de varianza de medidas repetidas (Gumpertz y Brownie, 1993), con SAS (1988) usando el modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + \alpha_{ij} + F_k + SF_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

donde, Y_{ijk} = valor observado de la variable en la k -ésima fecha en la j -ésima muestra en el i -ésimo sitio; $\mu + S_i + \alpha_{ij}$ = efectos entre los sujetos (sitios), con μ = media general, S_i = efecto del i -ésimo sitio, α_{ij} = error asociado a la j -ésima muestra (trampa) del i -ésimo sitio; $F_k + SF_{ik} + \varepsilon_{ijk}$ = efectos dentro de sujetos asociados al patrón de dispersión anual, con F_k = efecto de la k -ésima fecha de muestreo, SF_{ik} = efecto de la interacción del i -ésimo sitio con la k -ésima fecha de muestreo; ε_{ijk} = error asociado a la k -ésima fecha de muestreo en la j -ésima muestra (trampa) del i -ésimo sitio (error de muestreo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Período de dispersión de semilla

En todas las poblaciones la dispersión de semillas ocurrió todo el año, pero 97% se concentró de octubre a junio, aunque varió entre sitios. En El Salto, Hidalgo, la dispersión fue de septiembre a mayo. Hermann y Lavender (1990) reportan que el período de dispersión de la semilla de *P. menziesii* es de mediados de agosto a mediados de octubre en el noroeste de EE.UU. Otros autores reportan que la dispersión de semilla en esta especie en ese país se inicia en septiembre, extendiéndose hasta marzo (Owston y Stein, 1974) o julio (Gashwiler, 1969) del siguiente año.

En Zapata la mayor dispersión de semillas ocurrió en junio, en San José Capulines en abril, y en La Rosa en mayo; sin embargo, estos picos máximos se debieron a la caída de conos completos con semillas dentro de ellos (Figura 1). La caída de los estróbilos en esas fechas estuvo asociada a fenómenos meteorológicos; en algunos sitios, después de una fuerte lluvia y granizada, se encontraron conos en las trampas. En cambio

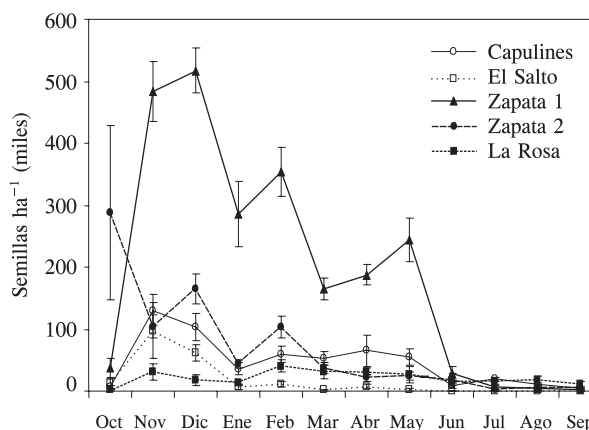


Figura 1. Dispersión de semillas libres en cinco sitios donde se evaluó la dispersión de semillas de *Pseudotsuga menziesii* en el ciclo 2003-2004.

Figure 1. Dispersion of loose seeds in five sites in which *Pseudotsuga menziesii* seed dispersion was evaluated in the 2003-2004 growing cycle.

cone, and full, empty and damaged seeds, an analysis of variance of repeated measures was performed (Gumpertz and Brownie, 1993), with SAS (1988) using the model:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + \alpha_{ij} + F_k + SF_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

where Y_{ijk} = observed value of the variable on the k^{th} date in the j^{th} sample in the i^{th} site; $\mu + S_i + \alpha_{ij}$ = effects among subjects (sites), with μ = general mean, S_i = effect of the i^{th} site, α_{ij} = error associated with the j^{th} sample (trap) of the i^{th} site; $F_k + SF_{ik} + \varepsilon_{ijk}$ = effects within the subjects associated with the yearly dispersal pattern, with F_k = effect of the k^{th} sampling date; SF_{ik} = effect of the interaction of the i^{th} site with the k^{th} sampling date, ε_{ijk} = error associated with the k^{th} sampling date in the j^{th} sample (trap) of the i^{th} site (sample error).

RESULTS AND DISCUSSION

Period of seed dispersion

In all of the populations seed dispersion occurred all year, but 97% was concentrated from October to June, although this varied from site to site. In El Salto, Hidalgo, dispersion occurred from September to May. Hermann and Lavender (1990) report that the period of *P. menziesii* seed dispersion is mid August to mid October in the northwest of the USA. Other authors report that seed dispersion in this species in that country begins in September and extends into March (Owston and Stein, 1974) or July (Gashwiler, 1969) of the following year.

In Zapata, the greatest seed dispersion occurred in June, in San José Capulines it was in April, and in La Rosa it was in May. However, these peaks were due to

la dispersión de semillas libres y llenas no se asoció a estos fenómenos.

La dispersión de semillas libres decreció drásticamente en todos los sitios a partir de junio (Figura 1). En San José Capulines y en el sitio 1 de Zapata, 96% de las semillas libres se dispersó de noviembre a mayo. En El Salto y en el sitio 2 de Zapata 97% lo hizo de octubre a mayo y en La Rosa de noviembre a septiembre. La máxima dispersión de semillas libres fue entre octubre y diciembre en tres poblaciones y sólo en La Rosa ocurrió en febrero. Owston y Stein (1974) reportan que la dispersión de semillas de *P. menziesii* var. *menziesii* en la costa de Columbia Británica y centro-oeste de Oregon, se concentra en septiembre y octubre.

En Zapata y El Salto 62% de semillas llenas se dispersó de octubre a diciembre (Figura 2), lo cual pudiera tener implicaciones negativas en la regeneración natural, puesto que la mayor parte de las semillas llenas tienen que esperar más tiempo para que se presenten las condiciones ambientales adecuadas para su germinación. Durante ese lapso las semillas pueden perder su viabilidad en el suelo, o ser depredadas (Gashwiler, 1970). Según Gashwiler (1967), desde el inicio de la dispersión de semillas hasta el inicio de la germinación, sólo sobrevive 30% de semillas llenas de *Pseudotsuga*.

Cantidad de semilla dispersada

Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre sitios en el número de semillas totales, vanas, dañadas y llenas, dispersadas por hectárea durante el año de observación. En el Sitio 1 de Zapata se dispersó la mayor cantidad de todas las categorías de semilla, excepto las dañadas, que se presentaron en mayor cantidad en el sitio 2 de esta localidad. Las poblaciones de El Salto y La Rosa presentaron la menor dispersión de semillas libres, sin diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ellas. Tampoco hubo diferencias entre San José Capulines, El Salto, Zapata 2 y La Rosa en el número de semillas llenas y de semillas dentro de conos (Cuadro 2).

Gashwiler (1967) reporta una dispersión anual promedio mayor a 300 mil semillas de *P. menziesii* por hectárea en el noroeste de EE.UU., con 96% de semillas llenas. La producción de semilla en *Pseudotsuga* varía entre ciclos, desde poco más de 70 mil semillas ha^{-1} en años de escasa producción, hasta más de un millón ha^{-1} en ciclos con alta producción de conos (año semillero), con una fluctuación en la proporción de semillas llenas de 1 a 37% (Gashwiler, 1969). En todos los sitios evaluados en el presente estudio, la cantidad de semillas llenas dispersadas por hectárea

complete cones falling with seeds inside them (Figure 1). The fall of strobiles in these dates was associated to meteorological phenomena; in some sites, after a heavy rain and hail, cones were found in the traps, but dispersion of loose and full seeds was not associated with these phenomena.

Dispersion of loose seeds decreased drastically in all of the sites as of June (Figure 1). In San José Capulines and Zapata Site 1, 96% of the loose seeds dispersed from November to May. In El Salto and Zapata Site 2 97% of the loose seeds did from October to May and in La Rosa from November to September. Dispersion of loose seeds peaked between October and May in three populations and only in La Rosa did it occur in February. Owston and Stein (1974) reported that *P. menziesii* var. *menziesii* seed dispersion on the coast of British Columbia and west-central Oregon is concentrated between September and October.

In Zapata and El Salto 62% of the full seeds dispersed from October to December (Figure 2); this could have negative implications in terms of natural regeneration since most of the full seeds must wait longer for environmental conditions adequate for germination. During this lapse, it is expected that seeds can lose viability in the soil or be subject to depredation (Gashwiler, 1970). According to Gashwiler (1967), from the beginning of dispersion up to the beginning of germination, only 30% of the *Pseudotsuga* seed survive.

Quantity of dispersed seed

Significant differences ($p \leq 0.05$) were found among sites in number of total, empty, damaged and full seeds

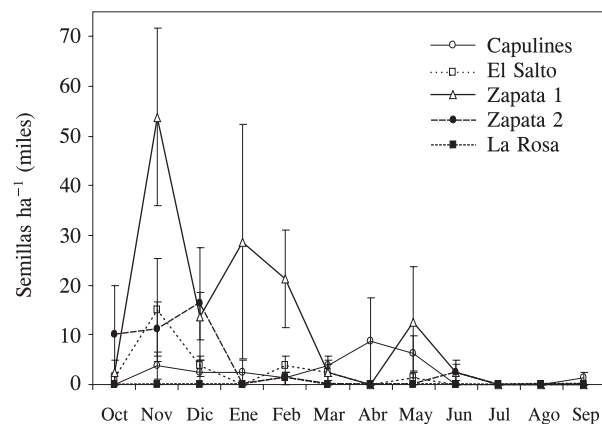


Figura 2. Dispersión de semillas llenas en cinco sitios donde se evaluó la dispersión de semillas de *Pseudotsuga menziesii* en el ciclo 2003-2004.

Figure 2. Dispersion of full seeds in five sites where *Pseudotsuga menziesii* seed dispersion was evaluated during the 2003-2004 growing cycle.

Cuadro 2. Dispersión de semillas de *Pseudotsuga menziesii* por hectárea en cinco sitios de observación en el centro de México.
Table 2. *Pseudotsuga menziesii* seed dispersion per hectare in five observation sites in central Mexico.

Sitio	Número de semillas por hectárea (miles)					
	Totales [†]	Libres	Dentro de conos	Vanas	Dañadas	Llenas
San José Capulines	737.50 bc	551.25 c	186.25 b	703.75 bc	3.75 b	30.00 b
El Salto	303.75 c	202.50 d	101.25 b	247.50 d	28.75 b	27.50 b
Zapata 1	4802.50 a	2315.00 a	2487.50 a	4606.25 a	58.75 b	137.50 a
Zapata 2	1218.75 b	815.00 b	403.75 b	975.00 b	202.50 a	41.25 b
La Rosa	481.25 c	250.00 d	231.25 b	475.00 cd	5.00 b	1.25 b

Promedios con letras diferentes indican diferencias significativas entre sitios ($p \leq 0.05$).

[†] Semillas totales = semillas libres + semillas dentro de cono = semillas vanas + dañadas + llenas.

(Cuadro 2) fue menor al valor promedio reportado por Gashwiler (1967), representando entre 0.4 y 45% de las semillas llenas dispersadas en los rodales del noroeste de EE.UU.

Otras especies de coníferas como *Picea engelmannii* Parry (Eastham y Jull, 1999); *P. mariana* Mill. (Fleming y Mossa, 1996); *Abies* spp. (Eastham y Jull, 1999; Duchesneau y Morin, 1999); *P. taeda* (Shelton y Cain, 2001), *P. ponderosa* (Shearer y Schmidt, 1971) y *P. virginiana* (Sucoff y Church, 1960), también presentan variación entre años y localidades en el número de semillas dispersadas, debido a la presencia de años semilleros y la diferencia en densidad, lo que parece estar ocurriendo en las poblaciones evaluadas.

La diferencia entre sitios en el número de semillas puede deberse también a las diferencias en área basal y densidad ha^{-1} de *P. menziesii* con diámetro mayor a 17.5 cm (Figuras 3 y 4). El sitio 1 en la población de Zapata presenta mayor área basal ($37.68 m^2 ha^{-1}$) y mayor número de árboles ha^{-1} (480) que los demás sitios. San José Capulines y La Rosa presentan un área

dispersed per hectare during the year of observation. In the Zapata Site 1 the largest quantity of all of the seed categories was dispersed, except for damaged seeds, which were more abundant in Site 2 of the same location. The populations of El Salto and La Rosa had the smallest dispersion of loose seeds, with no significant differences ($p > 0.05$) between them. Nor were there significant differences among San José Capulines, El Salto, Zapata 2 and La Rosa in number of full seeds and seeds within cones (Table 2).

Gashwiler (1967) reported an average annual dispersion of more than 300 thousand seeds of *P. menziesii* per hectare in northwestern USA, with 96% full seeds. *Pseudotsuga* seed production varies with growth cycles, from a little more than 70 thousand seeds ha^{-1} in years of scarce production to more than

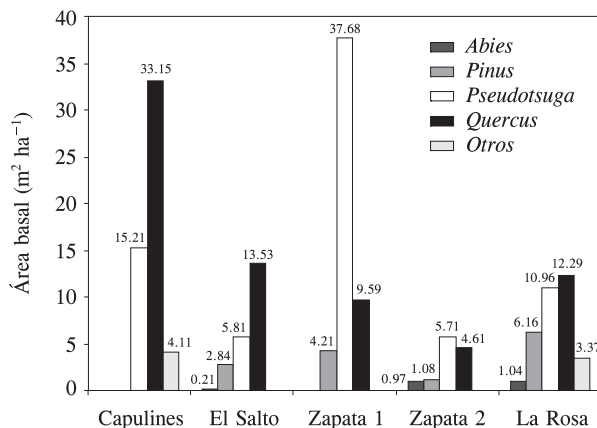


Figura 3. Área basal ($m^2 ha^{-1}$) por género de árboles en cinco sitios de muestreo donde se evaluó la dispersión de semillas de *Pseudotsuga menziesii*.

Figure 3. Basal area ($m^2 ha^{-1}$) by tree genus in five sampling sites where *Pseudotsuga menziesii* seed dispersion was evaluated.

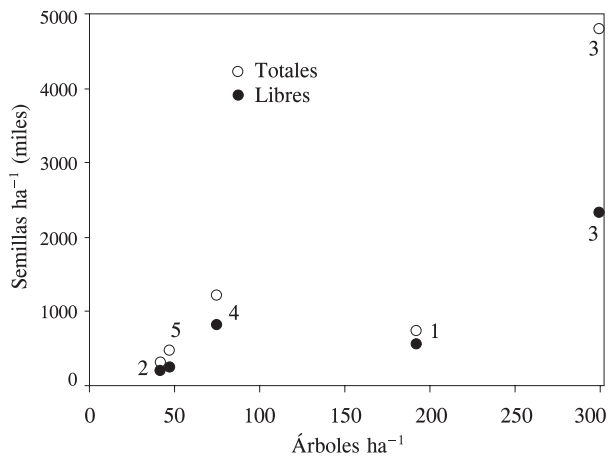


Figura 4. Relación entre la dispersión de semillas y el número de árboles de *Pseudotsuga menziesii* por hectárea (individuos con diámetro ≥ 17.5 cm) en cinco sitios de muestreo (1=San José Capulines, 2=El Salto, 3=Zapata 1, 4=Zapata 2, 5=La Rosa), donde se evaluó la dispersión de semillas.

Figure 4. Relationship between seed dispersion and number of *Pseudotsuga menziesii* trees per hectare (individuals with diameters ≥ 17.5 cm) in five sampling sites (1=San José Capulines, 2=El Salto, 3=Zapata 1, 4=Zapata 2, 5=La Rosa) where seed dispersion was evaluated.

basal similar (15.21 y 10.96 m^2 ha^{-1} ; Figura 3), pero diferente número de árboles ha^{-1} (47 y 192; Figura 4) y no hay diferencias significativas en el número de semillas totales. En el Salto, aunque presenta la menor área basal (5.81 m^2 ha^{-1}) y menor número de árboles ha^{-1} (42), no hubo diferencias significativas en semillas totales con San José Capulines, debido posiblemente a que en ésta última localidad no se encontraron árboles con categorías diamétricas mayores a 55 cm, que son los que producen mayor cantidad de semilla. En San José Capulines, a pesar de haber mayor área basal y número de árboles ha^{-1} con diámetro mayor a 17.5 cm (192), la dispersión de semillas totales fue estadísticamente similar ($p > 0.05$) que en El Salto y La Rosa, así como una menor cantidad de semillas libres ($p \leq 0.05$) que en el sitio 2 de Zapata, el cual tuvo menor densidad de árboles (Cuadro 2).

Del total de semillas capturadas, en el sitio 1 de Zapata 51.8% se dispersaron dentro de los conos, en La Rosa 49%, en El Salto 33.3%, en el sitio 2 de Zapata 33.1%, y en Capulines 25.2% (Cuadro 2). Lo anterior muestra que los conos en Zapata 1 y La Rosa parecen presentar mayor problema en la apertura de sus escamas debido posiblemente a la baja cantidad de semillas dentro de los conos, lo cual no permite que bajo presión se abran las escamas, o que las semillas están adheridas fuertemente entre las escamas y no se dispersan en circunstancias normales (Cain y Shelton, 1997). La orientación de los conos y su posición en el árbol, aunado a las diferencias de humedad a diferentes alturas, influyen en la liberación de las semillas (Shelton y Cain, 2001; Fleming y Mossa, 1996). Además, las condiciones atmosféricas a lo largo del año influyen en la dinámica de la dispersión de las semillas (Houle y Payette, 1991). De cualquier forma, la permanencia de las semillas en el cono reduce el potencial de repoblación natural de la especie, puesto que las semillas llenas atrapadas entre las escamas no llegarán al piso y no tendrán las condiciones apropiadas para germinar y establecerse. Con base en la proporción de semillas que se encontraron libres de los conos (Cuadro 2), la cantidad calculada de semillas llenas ha^{-1} que llega al suelo es 649 en La Rosa, 18 333 en El Salto, 22 423 en San José Capulines, 27 584 en Zapata 2 y 66 280 en Zapata 1.

Del total de semillas dispersadas en los cinco sitios de observación, las semillas llenas fueron menos de 10% (Figura 5), inferior a lo registrado en otros estudios con *Pseudotsuga* (Gashwiler, 1969; Mápula *et al.*, 2006). La proporción de semillas vanas fue alta en todos los sitios, comparada con 53% (Zavala y Méndez, 1996) y 68% para La Presa Jaramillo (a 8 km de San José Capulines), así como 66% para La Caldera (a 7.5 km de La Rosa) (Mápula *et al.*, 2006)

a million ha^{-1} in years of high cone production, with fluctuations in the proportion of full seeds of 1 to 37% (Gashwiler, 1969). In all of the sites evaluated in our study, the quantity of dispersed full seeds per hectare (Table 2) was lower than the average reported by Gashwiler (1967), accounting for 0.4 and 45% of the full seeds dispersed in all of the stands in northwestern USA.

Other species of conifers, such as *Picea engelmannii* Parry (Eastham and Jull, 1999), *P. mariana* Mill. (Fleming and Mossa, 1996), *Abies* spp. (Eastham and Jull, 1999; Ducheneau and Morin, 1999), *P. taeda* (Shelton and Cain, 2001), *P. ponderosa* (Shearer and Schmidt, 1971), and *P. virginiana* (Sucoff and Church, 1960), also vary among years and sites in quantity of dispersed seed, due to the year of seed production and differences in density; this seems to be occurring in the populations evaluated in our study.

The differences in number of seeds among sites could be due also to the differences in basal area and per hectare density of *P. menziesii* with diameters of more than 17.5 cm (Figures 3 and 4). The Zapata 1 population has larger basal area (37.68 m^2 ha^{-1}) and larger number of trees ha^{-1} (480) than the other sites. San José Capulines and La Rosa have a similar basal area (15.21 and 10.96 m^2 ha^{-1} ; Figure 3), but a different number of trees (47 and 192; Figure 4), and they are not significantly different in total number of seeds. El Salto, although there is a smaller basal area (5.81 m^2 ha^{-1}) and smaller number of trees ha^{-1} (42), was not significantly different from San José Capulines in total number of seeds, possibly due to the fact that in the latter site no trees were found belonging to

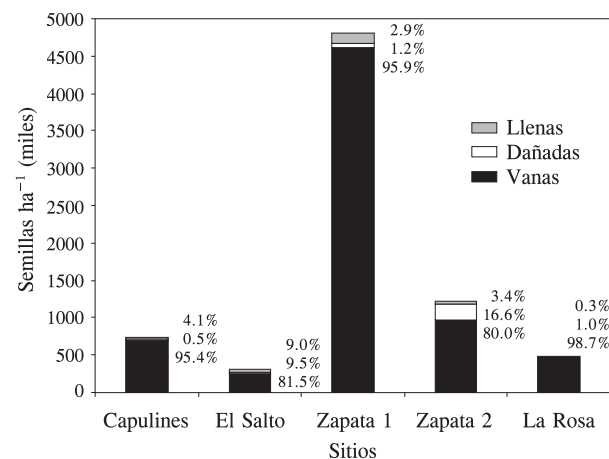


Figura 5. Proporción de semillas llenas, dañadas y vanas de *Pseudotsuga menziesii* dispersadas en un año, en cinco sitios de observación.

Figure 5. Proportion of full, damaged, and empty *Pseudotsuga menziesii* seeds dispersed over one year in five observation sites.

en estudios de análisis de conos sanos. La proporción de semillas dañadas fue baja, comparada con 73.5% reportado en Presa Jaramillo por Contreras (1992)³, pero el sitio 2 de Zapata y la población de El Salto presentaron proporciones más elevadas con respecto al valor registrado por Mápula *et al.* (2006). Sin embargo, en ese estudio se excluyeron conos con daños visibles por insectos.

Del total de semillas vanas, alrededor de 2% fueron semillas semi-llenas, es decir, semillas que no desarrollaron completamente el tejido del megagametofito. Esto muestra que las poblaciones de *Pseudotsuga* en el centro del país tienen problemas para el llenado de semillas, lo que se puede atribuir a factores ambientales o problemas de endogamia (Sorensen y Cress, 1994).

La proporción de semillas llenas fue baja en todos los sitios. La Rosa presentó la más baja proporción de semillas llenas (0.3%), a pesar de tener mayor área basal de *P. menziesii* (Figura 3) y mayor cantidad de semillas totales ha^{-1} (Cuadro 2) que El Salto. En Capulines y en los dos sitios de Zapata se encontró una proporción similar de semilla llena (2.9 a 4.1%), valor inferior al encontrado en El Salto, con la mayor proporción de semillas llenas (9.0%), a pesar de que en este sitio se dispersaron menos semillas totales por ha (Cuadro 2) y existe una menor área basal y número de árboles de *P. menziesii* que en los otros sitios.

Implicaciones sobre la regeneración natural

En las cuatro localidades con *P. menziesii* muestreadas en el centro de México se encontró una baja producción de semillas comparada con lo registrado por Garman (1955) y Gashwiler (1967; 1969) en poblaciones de la misma especie en EE.UU. y Canadá. La producción de semillas también es baja si se compara con otros géneros de coníferas como *Picea* (Fleming y Mossa, 1996; Eastham y Jull, 1999), *Abies* (Eastham y Jull, 1999; Duchesneau y Morin, 1999) y *Pinus* (Shelton y Cain, 2001). Además de la baja producción de semillas, 25 a 52% de las semillas se quedan dentro de los conos, el porcentaje de semillas vanas es alto (81 a 99%) y la proporción de semillas llenas que pueden llegar al suelo es baja (menor de 6%), lo que sugiere que la cantidad de semillas potenciales para generar nuevas plántulas es reducida. La cantidad de semillas vanas en estos rodales de *Pseudotsuga* concuerda con la teoría de que poblaciones marginales y aisladas tienen mayores niveles de endogamia, lo que reduce la producción de semillas viables, además de la capacidad germinativa, el crecimiento inicial y la supervivencia de las plántulas

the diameter categories above 55 cm, which are those that produce a larger quantity of seed. In San Jose Capulines, in spite of having larger basal area and number of trees ha^{-1} with diameters larger than 17.5 cm (192), total seed dispersion was statistically similar ($p > 0.05$) to that of El Salto and La Rosa and the number of loose seed was lower ($p \leq 0.05$) than in Zapata 2, which had lower tree density (Table 2).

Of the total of seed captured, in Zapata 1, 51.8% dispersed within the cones, in la Rosa 49%, in El Salto 33.3%, in Zapata 2, 33.1%, and in Capulines 25.2% (Table 2). This shows that the cones in Zapata 1 and La Rosa have more difficulty in opening cone scales, possibly because of the low number of seeds within the cones that would exert pressure to open the scales, or that the seeds are strongly adhered between scales and do not disperse under normal conditions (Cain and Shelton, 1997). The orientation of the cones and their position in the tree, in addition to the differences in humidity at different heights, affect the release of the seeds (Shelton and Cain, 2001; Fleming and Mossa, 1996). Atmospheric conditions over the year also have an influence in seed dispersion dynamics (Houle and Payette, 1991). In any case, that the seeds remain in the cone reduces the potential for the species' natural repopulation since full seeds trapped in the scales will not reach the forest floor and will not have conditions appropriate for germination and establishment. Based on the proportion of seeds found free of the cones (Table 2), the number calculated of full seeds ha^{-1} that reaches the soil is 649 in La Rosa, 18 333 in El Salto, 22 423 in San José Capulines, 27 584 in Zapata 2, and 66 280 in Zapata 1.

Of all the seeds dispersed in the five observation sites, full seeds accounted for less than 10% (Figure 5), lower than that recorded by other studies on *Pseudotsuga* (Gashwiler, 1969; Mápula *et al.*, 2006). The proportion of empty seeds was high in all of the sites, compared with 53% (Zavala and Méndez, 1996) and 68% for La Presa Jaramillo (8 km from San José Capulines) or 66% for La Caldera (7.5 km from La Rosa) (Mápula *et al.*, 2006) in analytical studies of healthy cones. The proportion of damaged seed was low, compared with 73.5% reported in Presa Jaramillo by Contreras (1992)³, but Zapata 2 and the population of El Salto had higher proportions than those recorded by Mápula *et al.* (2006); however, in that study cones with visible insect damage were excluded.

Of all of the empty seeds, around 2% were semi-full, that is, seeds that had not completely developed the megagametophyte tissue. This shows problems in seed filling of the *Pseudotsuga* populations in

³ Contreras A., R. 1992. Factores de mortalidad en conos de *Pseudotsuga macrolepis* Flous. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 68 p.

(Frankham, 1998; Mosseler *et al.*, 2000; Mápula *et al.*, 2006).

Aunado a lo anterior, el período de máxima dispersión de semillas llenas parece no favorecer a la especie en esta región, puesto que las semillas deben permanecer más de seis meses en el piso forestal antes de que se presenten las condiciones adecuadas de humedad para germinar. Durante ese tiempo las semillas pueden ser depredadas por roedores y pájaros (Allen y Owens, 1972; Hermann y Lavender, 1990), reduciendo aún más las posibilidades de repoblación en la temporada de lluvias. Gashwiler (1967) encontró que del total de semillas llenas de *P. menziesii* que llegan al suelo, más de 60% es depredado por aves y mamíferos.

La escasa cantidad de semillas disponibles para germinar resulta crítica, ya que la dominancia de otras especies arbóreas en estas localidades australes de *P. menziesii* (Velasco, 2006)⁴ la ponen en desventaja para el reclutamiento de plántulas en las etapas posteriores a la germinación, lo cual conduce a una baja o nula repoblación natural de la especie en estas comunidades. Esta situación, junto con otros factores antropogénicos, como la excesiva recolecta de semillas con fines de producción de árboles de navidad, las cortas selectivas de individuos para uso local, el sobrepastoreo y los incendios forestales provocados, pone en riesgo evidente la permanencia de las poblaciones de pinabete en la región central de México

CONCLUSIONES

La cantidad de semillas de *Pseudotsuga* que se dispersa durante un año varió entre sitios de observación. Gran parte de las semillas quedan entre las escamas de los conos en la copa de los árboles, por lo que el período de dispersión dura prácticamente todo el año; sin embargo, la dispersión de semillas llenas no ocurre en todos los meses. La cantidad de semillas totales y libres se asociaron con la densidad y dominancia de la especie en el sitio, lo que no ocurrió con la cantidad de semillas llenas. La especie produce cantidades altas de semillas vanas y escasa producción de semillas llenas. Del total de las semillas, se calculó que entre poblaciones sólo 0.001 a 6.04 % son semillas llenas que pueden llegar al suelo. El período de mayor dispersión de semillas totales y libres no coincidió en fechas, y la primera está determinada por la caída de conos. La alta cantidad de semillas que quedan dentro de conos, la alta producción de semillas vanas y la baja eficiencia en la producción de semillas llenas, reducen la cantidad de semillas potenciales para generar plántulas de *P. menziesii* en estas localidades.

the central part of the country, a problem that can be attributed to environmental factors or endogamy (Sorensen and Cress, 1994).

The proportion of full seeds was low in all of the sites. La Rosa had the lowest proportion of full seeds (0.3%), even though its *P. menziesii* had largest basal area (Figure 3) and a higher total number of seeds ha^{-1} (Table 2) than El Salto. In Capulines and in the two Zapata sites a similar proportion of full seeds (2.9% to 4.1%) was found, a lower proportion than that found in El Salto (9.0%), even though in this site a lower number of total seeds per hectare were dispersed (Table 2) and the basal area and number of *P. menziesii* trees were lower than in other sites.

Implications for natural regeneration

In the four sites in central Mexico where *P. menziesii* was sampled low seed production was found, compared with that reported by Garman (1955) and Gashwiler (1967; 1969) in populations of the same species in the USA and Canada. Seed production is also low if compared with other genera of conifers such as *Picea* (Fleming and Mossa, 1996; Eastham and Jull, 1999), *Abies* (Eastham and Jull, 1999; Duchesneau and Morin, 1999) and *Pinus* (Shelton and Cain, 2001). Besides the low seed production, 25 to 52% of the seeds remain in the cones, the percentage of empty seeds is high (81 to 99%), and the proportion of full seed that reach the soil is small (less than 6%), suggesting that the potential quantity of seeds that can grow into new seedlings is reduced. The quantity of empty seeds in the *Pseudotsuga* stands is concordant with the theory that marginal, isolated populations have higher levels of endogamy, which reduces the production of viable seed, as well as their germinating capacity and initial growth and survival of seedlings (Frankham, 1998; Mosseler *et al.*, 2000; Mápula *et al.*, 2006).

In addition to the above, the period of peak dispersion of full seeds does not appear to favor the species in this region, since the seeds must remain more than six months on the forest floor before moisture conditions become appropriate. During this time the seeds can be depredated by rodents and birds (Allen and Owens, 1972; Hermann and Lavender, 1990), reducing even more the possibilities of repopulation in the rainy season. Gashwiler (1967) found that of all the full *P. menziesii* seed that reach the soil, more than 60% is depredated by birds and mammals.

The scant quantity of seeds available for germinating is critical, since the dominance of other tree species

⁴ Velasco G., M. V. 2006. Dispersión de semillas, estructura y patrón espacial de *Pseudotsuga menziesii*, en poblaciones del centro de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Méx. 56 p.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación "Conservación y Mejoramiento Genético de *Pseudotsuga* spp.; Conífera Estratégica del Estado de Tlaxcala y la Región Central del País" realizado con apoyo económico del Fondo Sectorial CONAFOR-CONACYT a través del proyecto 2002-C01-6416.

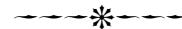
LITERATURA CITADA

- Allen, G. S., and J. N. Owens. 1972. The Life History of Douglas-fir. Environ. Canada For Serv. Canada. 139 p.
- Cain, M. D., and M. G. Shelton. 1997. Loblolly and shortleaf pine seed viability through 21 months of field storage: can carry-over occur between seed crops? Can. J. For. Res. 27: 1901-1904.
- Diario Oficial de la Federación. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. SEMARNAT. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Marzo de 2002. México, D.F. 153 p.
- Domínguez A., F. A. 1994. Análisis histórico-ecológico de los bosques de *Pseudotsuga* en México. INIFAP-CIR Golfo Centro, Folleto Técnico No. 23. 43 p.
- Domínguez A., F. A., J. J. Vargas H., J. López Upton, P. Ramírez V., y E. Guizar N. 2004. Caracterización ecológica de *Pseudotsuga menziesii* en Pinal de Amoles, Querétaro: nueva población natural en México. An. Inst. Biol. (UNAM) 75(2): 191-203.
- Duchesneau, R., and H. Morin. 1999. Early seedling demography in balsam fir seedling banks. Can. J. For. Res. 29: 1502-1509.
- Eastham, A. M., and M. J. Jull. 1999. Factors affecting natural regeneration of *Abies lasiocarpa* and *Picea engelmannii* in a subalpine silvicultural systems trial. Can. J. For. Res. 29: 1847-1855.
- Fleming, R. L., and D. S. Mossa. 1996. Seed release from black spruce cones in logging slash. Can. J. For. Res. 26: 266-276.
- Frankham, R. 1998. Inbreeding and extinction: island populations. Conservation Biol. 12: 665-675.
- Garman, E. H. 1955. Regeneration problems and their silvicultural significance in the coastal forest of British Columbia. British Columbia For. Serv., Tech. Pub. T. 41. Victoria, Canada. 67 p.
- Gashwiler, J. S. 1967. Conifer seed survival in a western Oregon clear-cut. Ecology 48: 431-438.
- Gashwiler, J. S. 1969. Seed fall of three conifers in west-central Oregon. For. Sci. 15: 290-295.
- Gashwiler, J. S. 1970. Further study of conifer seed in a western Oregon clearcut. Ecology 51: 849-854.
- Gumpertz, M. L., and C. Brownie. 1993. Repeated measures in randomized block and split-plot experiments. Can. J. For. Res. 23: 625-639.
- Hermann, R. K., and D. P. Lavender. 1990. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. In: Silvics of North America. Vol. 1 Conifers. Burns, R. and B. H. Honkala (eds). USDA Forest Service. Washington, D. C. pp: 540-557.
- Hermann, R. K., and D. P. Lavender. 1999. Douglas-Fir planted forests. New Forests 17: 53-70.
- Houle, G., and S. Payette. 1991. Seed dynamics of *Abies balsamea* and *Acer saccharum* in a deciduous forest of Northeastern North America. Amer. J. Bot. 78: 895-905.
- Mápula L., M., J. López U., J. J. Vargas H., and A. Hernández L. 2006. Reproductive indicators in natural populations of Douglas-fir in Mexico. Biodiversity & Conservation. In press.
- in these southern sites of *P. menziesii* (Velasco, 2006)^[4] places it in disadvantage for recruitment of seedlings in the later stages of germination, leading to a low or nil natural repopulation of the species in these communities. This situation, together with other anthropogenic factors, such as the excessive collection of seeds for Christmas tree production, the selective felling of individuals for local use, overgrazing and intentional forest fires, put the permanence of populations of Douglas firs at evident risk in the central region of México.

CONCLUSIONS

The quantity of *Pseudotsuga* seed dispersed during a year varies among the observations sites. A large part of the seeds remain between the cone scales in the tree crowns, so that the dispersion period lasts practically all year. However, dispersion of full seeds does not occur in all months. The quantity of total seed and loose seed is associated with density and dominance of the species in the site; this does not occur with quantity of full seeds. The species produces large quantities of empty seeds and very small quantities of full seeds. Of all of the seeds, it was calculated that among the populations, only 0.001 to 6.04% are full seeds that reach the soil. The periods of peak dispersion of total seeds and loose seeds do not coincide, and the first is determined by cones falling. The high quantity of seeds that remain in the cones, the high production of empty seeds and the low efficiency in the production of full seeds, reduce the quantity of seeds that will potentially generate seedling of *P. menziesii* in these sites.

—End of the English version—



- Mosseler, A., J. E. Major, J. D. Simpson, B. Daigle, K. Lange, Y. S. Park, K.H. Johnsen, and O. P. Rajora. 2000. Indicators of population viability in red spruce, *Picea rubens*. I. Reproductive traits and fecundity. Can. J. Bot. 78: 928-940.
- Owston, P. W., and W. I. Stein. 1974. *Pseudotsuga* Carr. Douglas-fir. In: Seeds of Woody Plants in the United States. Agriculture Handbook No. 450. USDA Forest Service. Washington, D.C. pp: 674-683.
- Reyes H., V. J., J. J. Vargas H., J. López U. y H. Vaquera H. 2005. Variación morfológica y anatómica en poblaciones mexicanas de *Pseudotsuga* (Pinaceae). Acta Bot. Mex. 70: 47-67.
- SAS Institute. 1988. SAS User's Guide: Statistics. Release 6.03 Edition. SAS Institute, Inc. Cary, N.C. USA. 1028 p.
- Shearer, R. C., and W. C. Schmidt. 1971. Ponderosa pine cone and seed losses. J. For. 69: 370-372.
- Shelton, M. G., and M. D. Cain. 2001. Dispersal and viability of seed from cones in tops of harvested loblolly pines. Can. J. For. Res. 31: 357-362.

Sorensen, F. C., and D. W. Cress. 1994. Effects of sib mating on cone and seeds traits in coastal Douglas-fir. *Silvae Genet.* 43(5/6): 338-345.

Sucoff, E. I., and T. W. Church, Jr. 1960. Seed production and dissemination by Virginia pine. *J. For.* 58: 855-888.

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.