



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO FORESTAL

LLUVIA DE SEMILLAS Y EMERGENCIA DE PLÁNTULAS DE *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. *et* Cham. EN ZACUALTIPÁN, HIDALGO.

OFELIA CASTILLO AGUILAR

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2013

La presente tesis titulada: **Lluvia de semillas y emergencia de plántulas de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. en Zacualtipán, Hidalgo**, realizada por la alumna: **Ofelia Castillo Aguilar** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

FORESTAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Juan Ignacio Valdez Hernández

ASESOR



Dra. F. Ofelia Plascencia Escalante

ASESOR



Dra. Oliva Godínez Ibarra

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mayo de 2013

LLUVIA DE SEMILLAS Y EMERGENCIA DE PLÁNTULAS DE *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. EN ZACUALTIPÁN, HIDALGO.

Ofelia Castillo Aguilar, M.C.

Colegio de Posgraduados, 2013

Resumen

La presente investigación es un aporte para entender el comportamiento de la repoblación de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. en el ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo. Se eligieron dos sitios de una hectárea cada uno. En el primero se aplicó el método de árboles padres (SCM), mientras que el segundo se mantuvo en condición natural (SSM). Para estimar la lluvia de semillas, emergencia y supervivencia de plántulas, así como el número de semillas viables almacenadas en el reservorio del suelo, cada sitio se dividió en 100 cuadros de 10 x 10 m. De manera aleatoria se instalaron 40 trampas circulares de 0.5 m² cada una, rectángulos de 2m² y se extrajeron muestras de 3 cm de profundidad en 40 cuadros de 0.5 m² cada uno para ambos sitios. Estas muestras se tamizaron para extraer las semillas, las cuales fueron disectadas y clasificadas en llenas, dañadas y vanas; posteriormente, las llenas se colocaron en un recipiente de plástico dentro de una cámara de germinación donde se les mantuvo húmedas y a un intervalo de temperatura de 22° a 25 °C. La dispersión total en el SSM fue de 92,500 semillas ha⁻¹, de las cuales 50.8% fueron llenas, 3.8% dañadas y 45.4 % vanas; en cambio, para el SCM fueron 39,000 semillas ha⁻¹ con 44.9 % llenas, 10.2 % dañadas y 44.9 % vanas. La emergencia de plántulas en el SSM fue de 13,000 ha⁻¹, en contraste con el SCM que fue de 1,875 plántulas ha⁻¹, la probabilidad de supervivencia en el SSM fue de 6% y en el SCM de 53%, después de 11 meses de observación. En el SSM 74.2% de las plántulas murieron por causas desconocidas, 19.6% por damping off y 6.2% por herbivoría; en contraste, para el SCM 42.9% murieron por bajas temperaturas, 42.9% por sequía y 14.2 % por causas desconocidas. La cantidad de semillas encontradas en el reservorio del suelo del SSM fue 21,000 ha⁻¹: 7.1% llenas, 7.1% dañadas y 85.7% vanas; en comparación, el SCM tuvo 12,500 semillas ha⁻¹: 16% llenas, 4% dañadas y 80% vanas. Los porcentajes de germinación fueron del 33% para el SSM y del 50% para el SCM.

Palabras clave: dispersión, repoblación, árboles padres, supervivencia, causas de mortalidad, semilla viable, porcentaje de germinación, sitios con y sin manejo.

LLUVIA DE SEMILLAS Y EMERGENCIA DE PLÁNTULAS DE *Pinus patula*
Schiede ex Schltdl. et Cham. EN ZACUALTIPÁN, HIDALGO.

Ofelia Castillo Aguilar, M.C.

Colegio de Posgraduados, 2013

Summary

This research is a contribution to understand the behavior of the regeneration of *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. in the ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo. Two sites of one hectare each were selected. In the first was applied the parent trees method (SCM) while the second remains in natural condition (SSM). For estimating seed rain, seedling emergence and survival, as well as the number of viable seeds stored in the reservoir of the soil, every site was divided into 100 squares of 10 x 10 m. Forty circular tramps of 0.5 m² were randomly settled, rectangles of 2 m² and samples were taken at 3 cm depth in 40 squares of 0.5 m² each for both sites. Samples were separated to extract viable seeds, which in turn were dissected and classified in full, damaged and empty; afterwards, full seeds were deposited in a plastic recipient within a germination chamber where they remain humid at temperatures between 22 and 25 °C. Amount of seeds in SSM was 92,500 ha⁻¹, 50.8 % were full, 3.8 % damaged and 45.4 % empty; in contrast, 39,000 seeds ha⁻¹ were found in SCM, 44.9 % full, 10.2 % damaged and 44.9 % empty. Emergence of seedlings in SSM was 13,000 ha⁻¹ while in SCM was 1,875 ha⁻¹, the probability of survival was 6% in SSM and 53% in SCM. In SSM 74.2% of seedlings die by unknown causes, 19.6% by damping off and 6.2% by herbivory; whereas, in SCM 42.9% die by low temperatures, 42.9% by drought and 14.2 % by unknown causes. Seed amount in SSM was 21,000 ha⁻¹: 7.1% full, 7.1% damaged and 85.7% empty; in comparison, 12,500 seeds ha⁻¹ were found in SCM: 16% full, 4% damaged and 80% empty. The germination percentages were 33% for SSM and 50% for SCM.

Key words: dispersion, regeneration, parent trees, survival, mortality causes, viable seed, germination percentage, sites with and without management.

Dedico esta tesis a:

A las dos personas que más admiro y quiero en este mundo, mis padres **Esperanza Aguilar Ávila** y **Leonardo Castillo García**, gracias por su apoyo, consejos, confianza y por nunca dejarme sola.

A mis hermanos **Rocio Castillo Aguilar** y **Salvador Castillo Aguilar**, gracias por compartir tantos momentos lindos y por ser un gran ejemplo en la vida.

A mi hermosa sobrina **Estefanía Burgos Castillo** por llenar de alegría y energía nuestras vidas.

Agradecimientos

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACyT) por darme el apoyo para realizar mis estudios de Maestría.

Al **Colegio de Postgraduados** y en particular al **Posgrado Forestal** por brindarme la oportunidad de seguir preparándome y continuar con mis estudios.

A las autoridades del **ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo**, por permitir el desarrollo de la presente investigación.

A mi Consejo Particular integrado por **Dr. Juan Ignacio Valdez Hernández, Dra. F. Ofelia Plascencia Escalante y Dra. Oliva Godínez Ibarra** por los comentarios y observaciones que ayudaron a mejorar el presente documento.

Al **Dr. Gregorio Ángeles Pérez** por su valioso apoyo en la instalación del material en campo

A **todos** aquellos que colaboraron en las múltiples salidas al campo.

A mis profesores en especial a los del **Posgrado Forestal**.

A mis amigos **Griselda Chávez Aguilar, Luis Ubaldo Castruita Esparza, Esteban Betancourt Hinojosa y Norma León García** por los momentos agradables que compartimos y por su amistad.

A **Rosalba, Moni, Verito, Rosario, Gerónimo, Saúl, Aracely, Olga y Brenda**, por ser una generación muy unida y estar siempre presentes.

Contenido

RESUMEN.....	III
AGRADECIMIENTOS	VI
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	2
1.2.1. <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltl. et Cham.....	2
1.2.2. Distribución	3
1.2.3. Importancia de <i>Pinus patula</i>	4
1.2.4. Repoblación	4
1.2.5. Métodos de repoblación	6
1.2.6. Estudios relacionados	7
1.3. Objetivos	8
1.3.1. General.....	8
1.3.2. Particulares	8
1.3.3. Hipótesis	8
1.4. Área de estudio.....	9
1.4.1. Suelos	9
1.4.2. Clima	10
1.4.3. Flora.....	10
1.4.4. Fauna	10
CAPÍTULO 2. LLUVIA DE SEMILLAS Y EMERGENCIA DE PLÁNTULAS DE <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltl. et Cham. EN LA MOJONERA, ZACUALTIPÁN, HIDALGO.....	12
2.1. Resumen.....	12

2.2. Abstract	13
2.3. Introducción	14
2.4. Materiales y métodos	16
2.4.1. Lluvia de semillas.....	16
2.4.2. Emergencia y supervivencia de plántulas	18
2.4.3. Análisis estadístico	19
2.5. Resultados.....	20
2.5.1. Lluvia de semillas.....	20
2.5.2. Emergencia y supervivencia de plántulas.....	22
2.6. Discusión.....	25
2.6.1. Lluvia de semillas.....	25
2.6.2. Emergencia de plántulas.....	27
2.6.3. Supervivencia de plántulas	28
CAPÍTULO 3. RESERVORIO DE SEMILLAS DE <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schldl. et Cham. EN LA MOJONERA ZACUALTIPÁN, HIDALGO.	31
3.1. Resumen	31
3.2. Abstract	32
3.3. Introducción	33
3.4. Materiales y métodos	34
3.4.1 Análisis estadístico.....	35
3.5. Resultados	36
3.6. Discusión.....	37
CAPÍTULO 5. LITERATURA CITADA	39
CAPITULO 6. ANEXOS	54

Índice de cuadros

Cuadro 1. Clasificación general de los métodos de repoblación de los bosques naturales (Daniel <i>et al.</i> , 1979, Smith, 1986).....	6
Cuadro 2. Características ecológicas de los sitios estudiados en el ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo (media \pm error estándar).	16
Cuadro 3. Densidad y condición de las semillas dispersadas de <i>Pinus patula</i> en los sitios con manejo (SCM) y sin manejo (SSM).....	20

Índice de figuras

Figura 1. Distribución natural de <i>Pinus patula</i> según CAMCORE (Stanger <i>et al.</i> , 2002).	3
Figura 2. Ciclo de repoblación natural.	5
Figura 3. Ubicación del área de estudio del ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo (Aguirre, 2007).....	9
Figura 4. Cuadros seleccionados aleatoriamente (////) para ubicación de trampas circulares en los sitios a) SSM (40 cuadros) y b) SCM (40 cuadros).	17
Figura 5. Trampas utilizadas para la recolección de semillas en los sitios: a) SSM y b) SCM.	17
Figura 6. Ubicación de las trampas de semillas y de los sitios de emergencia de plántulas para ambos sitios (SSM y SCM).....	17
Figura 7. Recolección de las semillas de <i>Pinus patula</i> en los sitios: a) SSM y b) SCM.	18
Figura 8. Rectángulos de emergencia de plántulas (2 m ²) en los sitios: a) SSM y b) SCM.	18
Figura 9. Registro y marcaje de plántulas de <i>Pinus patula</i>	19
Figura 10. Número y condición de semillas de <i>Pinus patula</i> en los sitios: a) SSM y b) SCM.....	21
Figura 11. Emergencia de plántulas de <i>Pinus patula</i> en los sitios (SSM y SCM).	22
Figura 12. Curvas de supervivencia de <i>Pinus patula</i> en los sitios (SSM y SCM).	23
Figura 13. Causas de mortalidad de plántulas de <i>Pinus patula</i> en los sitios: a) SSM y b) SCM...	24
Figura 14. Ubicación de las muestras de suelo en los cuadros de 10 x 10 m.....	34
Figura 15. Extracción de las semillas de las muestras de suelo en los sitios a) SSM y b) SCM del ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo.	35
Figura 16. Germinación de semillas de <i>Pinus patula</i> en los sitios a) SSM y b) SCM del ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo.....	35
Figura 17. Número y condición de semillas de <i>Pinus patula</i> en los sitios sin (SSM) y con (SCM) manejo del ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo.....	36

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. Introducción

La repoblación natural de una masa arbórea se refiere a la sustitución de unos árboles por otros, como por ejemplo muerte natural o por cortas de aprovechamiento, los que no sean eliminados pasarán al siguiente estadio de desarrollo (Harper, 1977; Castelán-Lorenzo y Arteaga-Martínez, 2009). El origen de nuevos individuos se genera a partir de las semillas que se diseminan a lo largo de la vida reproductiva de los árboles (Harper, 1977).

Sin embargo la repoblación natural forma parte de un proceso mucho más complejo que la sucesión ecológica, su conocimiento es fundamental para poder prever actividades y tomar decisiones (Alejano, 2003). Incluso se vincula con las fases del desarrollo de los bosques después de que ocurre un disturbio, de acuerdo con Oliver y Larson (1990) éstas se clasifican en cuatro: 1) iniciación del bosque, 2) exclusión de individuos, 3) repoblación del sotobosque y 4) madurez. El estudio de la repoblación natural incluye la fructificación, diseminación, emergencia y desarrollo de los individuos (Alejano, 2003).

Existen diferentes métodos de repoblación, estos consisten en remover el rodal maduro (corta de repoblación), entre ellos se encuentra el llamado árboles padres (Buenrostro, 2002), a través del cual se trata de simular un disturbio natural (Smith *et al.*, 1997; Fujimori, 2001). Este tratamiento se caracteriza por dejar en el terreno sólo unos cuantos árboles que producirán semilla para la repoblación del nuevo rodal (Ángeles *et al.*, 1997).

La cantidad de semillas que caen temporalmente en un sitio en particular se denomina *lluvia de semillas*, la cual es determinada por la producción estacional de éstas y la fenología de las especies (Penhalver y Matovani, 1997). Esta fuente de semillas, sobre todo cuando las áreas son sometidas a perturbaciones constantes, puede ser incluso más importante que el reservorio de semillas en el suelo (Aide *et al.*, 1995; Dalling, 2002).

La emergencia de plántulas y desarrollo de las mismas es el periodo más crítico de la repoblación de un bosque, ya que en este ocurre el mayor porcentaje de muertes (Leyva, 2010) debido a que son más sensibles a las condiciones del ambiente (Sacchi y Price, 1992; Mari y Galassi, 2010). La apertura de claros juega un papel importante en la germinación de las semillas (Horvitz y Schemske 1994; Dalling y Hubbell, 2002). En el caso de la plántulas la disponibilidad de luz y agua son factores que afectan la distribución, abundancia, crecimiento y supervivencia (Mari y Galassi, 2010). Los claros ofrecen una oportunidad para la repoblación a partir de semillas ya presentes en el reservorio del suelo o de la vegetación existente, o por la invasión desde el exterior del sitio (Pakeman y Small, 2005), debido a que en sitios donde existen claros hay una radiación fotosintéticamente activa mayor, la cual es indispensable para el desarrollo de las plantas (Mari y Galassi, 2010) y más aún cuando la especie es intolerante, como el caso de *Pinus patula* (Dvorak *et al.*, 2000).

La falta de información sobre lluvia de semillas y emergencia de plántulas en los bosques ocasiona que se realicen prácticas silvícolas que pueden no propiciar la repoblación y crecimiento óptimo de esta especie. Por lo tanto es importante estudiar estos dos aspectos para la especie de *P. patula*, ya que de esto depende poder mejorar las actividades silvícolas, basadas en datos recientes. La información de los aspectos mencionados anteriormente es nula en condiciones naturales para la región de Zacualtipán y es vital para determinar el tratamiento silvícola adecuado.

1.2. Antecedentes

1.2.1. *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham.

Pinus patula Schiede ex Schltdl. et Cham. pertenece a la sección de los pinos serotinos, subsección Patula descrita por Schlechtendal y Chamisso en 1831 (Vela, 1980). Es una especie mexicana comercial y de elevado potencial silvícola y económico (Monroy, 1995), puede considerarse como típica del Bosque Mesófilo de Montaña (Velázquez-Martínez *et al.*, 2004).

Es un árbol de 15 a 30 metros de altura y de 80 a 100 cm de diámetro; con fuste recto, corteza escamosa y de color rojizo, presenta hojas en fascículos de tres, a veces cuatro y muy rara vez cinco, delgadas y colgantes (Perry, 1991). Sus conos son largamente cónicos, de 7 a 9 cm, a veces hasta 12 cm, duros sésiles, generalmente agrupados de tres a seis, a veces se ven sobre el fuste y en las ramas gruesas; de color amarillo ocre, con tinte rojizo, abren durante varias épocas del año (Eguiluz, 1978). Las semillas son de color café oscuro a casi negro, pequeñas de 5 mm aproximadamente, estas cuentan con un ala de color café claro, con 115,000 semillas por kilogramo (Perry, 1991).

1.2.2. Distribución

La especie ha sido encontrada en Nuevo León, Tamaulipas, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Oaxaca, Tlaxcala y el Distrito Federal (Figura 1); sin embargo, el área principal de distribución está restringida a una franja que pasa por los estados de Hidalgo, Veracruz y Puebla en donde esta especie es considerada importante debido a su abundancia y calidad de los rodales (Vela, 1980). Específicamente en el estado de Hidalgo ocupa de manera distintiva los municipios de Molango, la sierra de Pachuca, Zacualtipán, Acaxochitlán, Mezquititlán, Metepec y Agua Blanca (Vela, 1980).

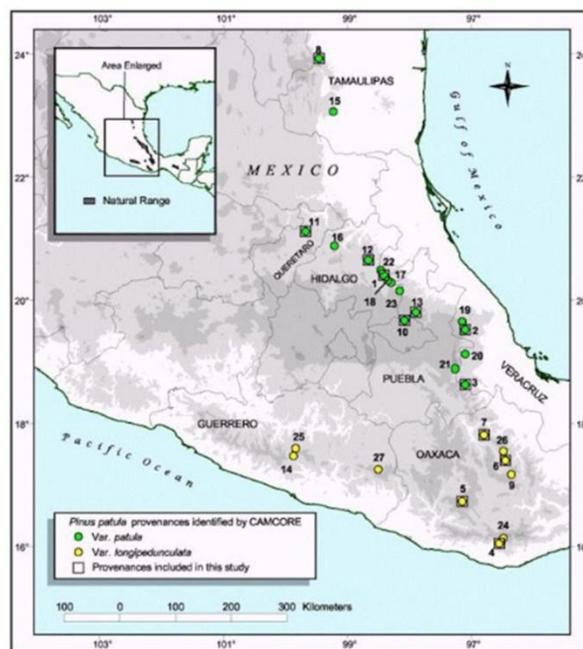


Figura 1. Distribución natural de *Pinus patula* según CAMCORE (Stanger *et al.*, 2002).

1.2.3. Importancia de *Pinus patula*

Pinus patula es una de las especies de coníferas con mayor potencial productivo en México (Dvorak *et al.*, 2000), es importante para la industria maderera y papelera debido a su rápido crecimiento y calidad de su madera (Velázquez-Martínez *et al.*, 2004); es ampliamente utilizada para plantaciones comerciales debido a la rectitud del fuste (Wormald, 1975). Por sus características esta especie fue introducida en Sudáfrica en donde se ha realizado mejoramiento genético y plantaciones (Mendizábal-Hernández *et al.*, 2009), posteriormente el uso en plantaciones se extendió a países de varios continentes (Ishengoma *et al.*, 1995; Dvorak *et al.*, 2000).

En el estado de Hidalgo *P. patula* es una de las especies de mayor valor económico por su aprovechamiento con fines maderables (SARH, 1994). En el caso particular de la zona de Zacualtipán se emplea el Método de Desarrollo Silvícola desde 1992. El método de repoblación que se aplica en los bosques es el de árboles padres (Castelán-Lorenzo y Arteaga-Martínez, 2009).

1.2.4. Repoblación

La repoblación es uno de los aspectos de mayor importancia que el silvicultor debe considerar al momento de tomar decisiones en el manejo de un bosque (Ortega, 1990). Este proceso involucra varias etapas (Figura 2), la primera es la floración, seguida de la polinización, producción de frutos, el llenado de las semillas, la dispersión (Murcia, 1996; Arias, 2000), posteriormente la germinación y la emergencia de plántulas en donde ocurre la mayor presión de selección, que resulta en elevadas tasas de mortalidad, (Collins y Good, 1987; Shibata y Nakashizuka, 1995; Price *et al.*, 2001).

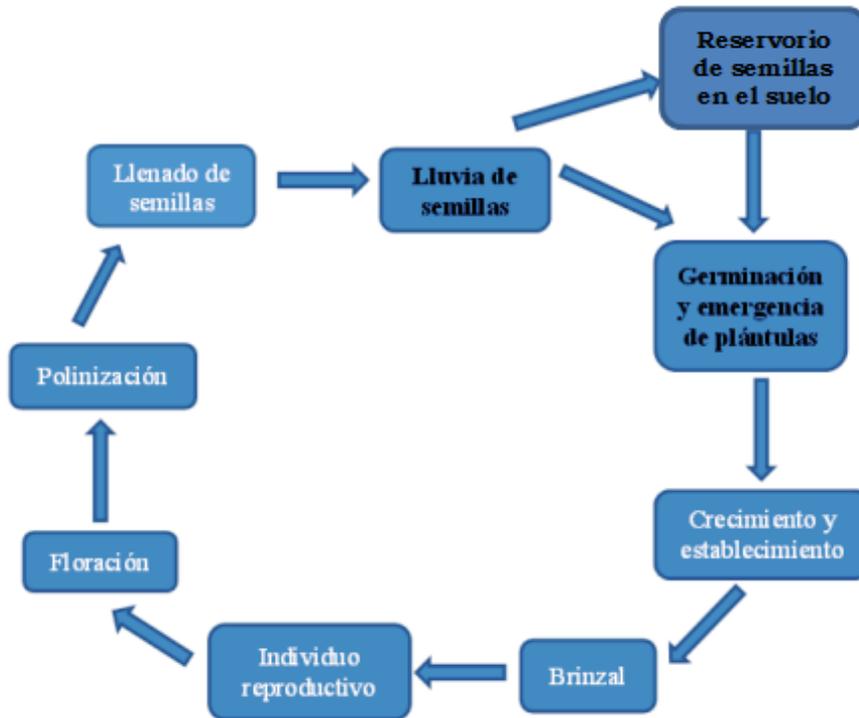


Figura 2. Ciclo de repoblación natural.

Debido a esto la reproducción, supervivencia y crecimiento de los árboles en un lugar determinado representa una respuesta integrada y compleja de diversos factores ambientales que fluctúan e interactúan entre sí (Spurr y Barnes, 1982).

1.2.4.1. Factores que intervienen en la repoblación natural

Los factores que influyen en la repoblación natural pueden agruparse en a) bióticos (densidad de la vegetación, competencia con otras plantas, daños causados por insectos, enfermedades y fauna silvestre); b) abióticos (climáticos, fisiográficos, edáficos) y c) antropogénicos (incendios provocados, sobrepastoreo, cambio de uso del suelo) (Daniel *et al.*, 1979). Rojo y Montero, (1996) mencionan que el clima es uno de los principales agentes que controla la repoblación a través de la temperatura, radiación solar y la humedad, la luz es un componente clave al momento de analizar este proceso dependiendo de la tolerancia de la especie.

1.2.5. Métodos de repoblación

Los métodos de repoblación consisten en la remoción del rodal maduro (corta de repoblación) y de tratamientos complementarios a la vegetación y suelo, para crear y mantener las condiciones favorables para el establecimiento de la repoblación (Musálem y Fierros, 1996). La repoblación de un sitio de acuerdo a Harold y Hocker (1984), se puede dar a través de la semilla (monte alto) o propagación vegetativa (monte bajo) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación general de los métodos de repoblación de los bosques naturales (Daniel *et al.*, 1979, Smith, 1986).

Métodos de monte alto	Métodos de monte bajo
Reproducción por semilla	Propagación vegetativa
A) <i>Generación de rodales coetáneos</i>	a) <i>Método de monte bajo.</i> La regeneración del rodal depende de la reproducción vegetativa.
a) <i>Método de matarrasa o corta total.</i> El rodal maduro se remueve en una sola corta, obteniéndose la regeneración en forma artificial o natural	b) <i>Método de monte mixto o medio.</i> Se combina la regeneración por monte bajo y la de algunos árboles a partir de semillas en el mismo rodal
b) <i>Método de árboles semilleros o padres.</i> El rodal maduro se remueve en una sola corta, con la excepción de un número reducido de árboles productores de semilla, bien sea aislados o en grupos.	
c) <i>Método de cortas de protección o sucesivas.</i> La remoción del rodal maduro se efectúa en una serie de cortas que se extienden durante una pequeña parte del turno. El establecimiento de la regeneración se obtiene bajo la protección parcial del rodal maduro.	
B) <i>Generación de rodales incoetáneos</i>	
d) <i>Método de selección.</i> La corta del rodal maduro se realiza en pequeños grupos o árboles aislados a lo largo de toda la duración del turno	

1.2.5.1. Método de árboles padres

El método de árboles padres consiste en cortar toda la vegetación, excepto algunos árboles (copa vigorosa y balanceada, productores de semillas, dominantes, sistema radical resistente) que se dejarán distribuidos de manera uniforme en toda el área en donde se aplicó el tratamiento para inducir el establecimiento del renuevo en el área cortada (Ángeles *et al.*, 1997). Estos árboles representan solamente un pequeño porcentaje del volumen original, generalmente menos del 10%, una vez que se ha establecido la nueva población, estos árboles padre pueden ser eliminados en una segunda corta, el número máximo de árboles que se deja por hectárea es de 25 (Hawley y Smith, 1982).

1.2.6. Estudios relacionados

Existen una serie de investigaciones realizadas para estudiar la respuesta de la densidad de la repoblación natural en áreas sujetas a cortas bajo el método de árboles padres. Entre estos estudios se encuentran el realizado por Estrada (1997) en Durango en bosques de pino, Castelán-Lorenzo y Arteaga-Martínez (2009) en Hidalgo para *Pinus patula* y Leyva (2010) en Oaxaca.

Por otro lado se han realizado trabajos sobre lluvia de semillas en *Pinus densiflora* (Lee *et al.*, 2004), para *P. ponderosa* (Keyes y Maguire, 2007). Para emergencia de plántulas en *P. arizonica* (Chacón *et al.*, 1998), para *P. sylvestris* (Karlsson y Orlander, 2000), para *P. ponderosa* (Keyes *et al.*, 2009). Estudios sobre supervivencia de plántulas se pueden mencionar el realizado para *P. hartwegii* (Velázquez *et al.*, 1986), el de *P. arizonica* (Chacón *et al.*, 1998), para *P. densiflora* (Lee *et al.*, 2004). Para el caso particular de *Pinus patula* no existe información acerca de lluvia de semillas, ni de la emergencia y supervivencia de plántulas. Para otras especies como *Abies religiosa* Ángeles-Cervantes y López-Mata (2009) determinaron la supervivencia de plántulas en Hidalgo, Álvarez-Aquino y Williams-Linera (2002) estudiaron la densidad e incorporación de plántulas, tasa de mortalidad y crecimiento en *Fagus grandifolia var. mexicana*, Godínez-Ibarra *et al.*, (2007) determinaron la dispersión de semillas, emergencia y supervivencia de plántulas en esta misma especie, en el Estado de Hidalgo.

Para el caso del reservorio de semillas en el suelo los estudios se han enfocado en contabilizar el número de semillas presentes, pero no consideran la condición de la semilla (llena, dañada y vana); sin embargo, existen pocos trabajos que cuantifiquen el número de semillas en especies de *Pinus*, entre estos pocos se encuentran el de Carrillo-Anzures *et al.*, (2009) y Flores y Pérez (1990) quienes analizaron el banco de semillas en rodales de *Pinus montezumae* Lamb, a través de muestras del suelo en San Juan Tetla, Puebla. Pratt *et al.*, (1984) y Vose y White (1987) realizaron estudios de la densidad de semillas en el suelo para la especie de *Pinus ponderosa* y Li *et al.*, (2012) para *Pinus koraiensis*.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Cuantificar la lluvia de semillas, emergencia de plántulas y reservorio de semillas de *Pinus patula* en el ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo.

1.3.2. Particulares

- Evaluar la dispersión de semillas de *Pinus patula* que caen al piso forestal
- Registrar la emergencia de plántulas en sitios de observación permanente
- Determinar la supervivencia de plántulas y causas probables de su mortalidad
- Cuantificar el número de semillas viables almacenadas en el reservorio del piso forestal

1.3.3. Hipótesis

- H_{01} : La cantidad de semillas dispersadas, así como la emergencia y supervivencia de plántulas es igual en ambos sitios (con y sin manejo).
- H_{a1} : La cantidad de semillas dispersadas, así como la emergencia y supervivencia de plántulas es diferente en ambos sitios (con y sin manejo).
- H_{02} : La cantidad de semillas encontradas en el reservorio del suelo es igual en ambos sitios (con y sin manejo).
- H_{a2} : La cantidad de semillas encontradas en el reservorio del suelo es diferente en ambos sitios (con y sin manejo).

1.4. Área de estudio

El área de estudio se localiza en el ejido “La Mojonera”, municipio de Zacualtipán, estado de Hidalgo, entre los 20° 37'11" y 20° 37'43" de latitud Norte y entre los 98° 36'22" y 98° 37'37" de longitud Oeste, con una altitud media de 2060 m snm (Figura 3). Colinda al norte con la carretera a Tlahuelompa, al sur con el ejido Atopixco, al este con el ejido El Reparó y al Oeste con los predios Tlatoxca, San Miguel Ferrería y Tlachique (Aguilar y Razo, 1995).

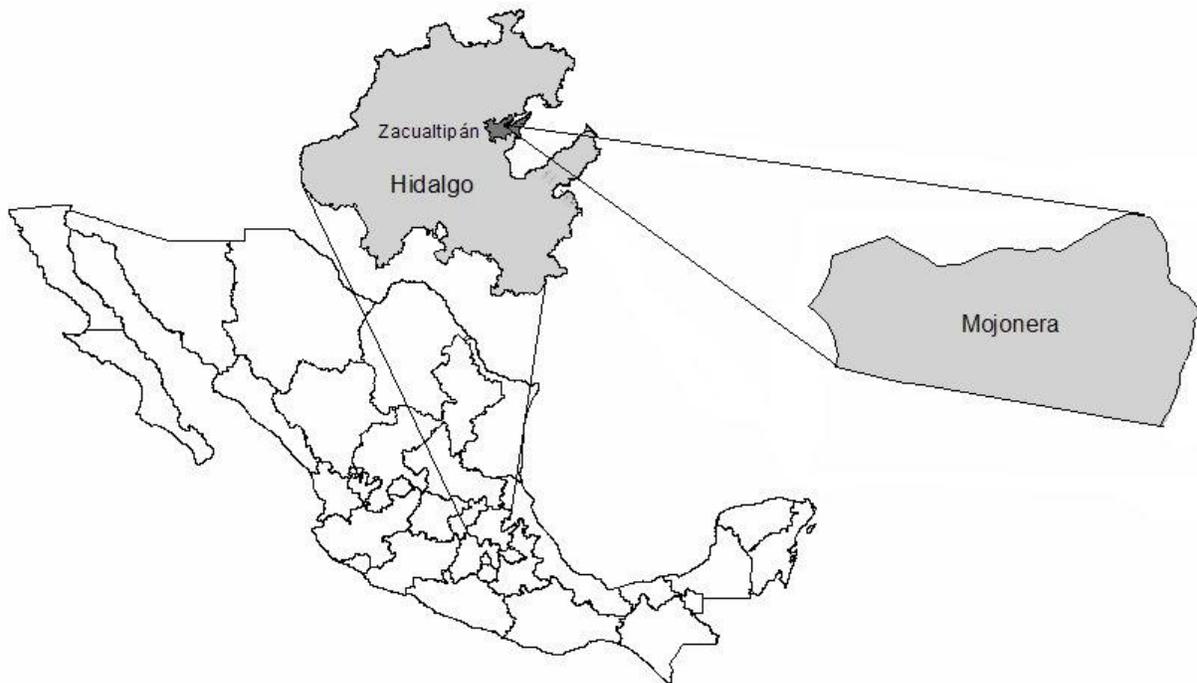


Figura 3. Ubicación del área de estudio del ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo (Aguirre, 2007)

1.4.1. Suelos

Los suelos de la zona son profundos, con buen drenaje de textura arcillosa y alto contenido de materia orgánica (Ángeles *et al.*, 1997), de acuerdo a la clasificación de suelos FAO-UNESCO, el suelo predominante en el área de estudio es feozem háplico (INEGI, 1988).

1.4.2. Clima

El clima es C (fm) templado húmedo con lluvias en todo el año (García, 1988). La precipitación es de 2047 mm al año y el periodo de lluvias va de junio a septiembre (EMM, 2012). La temperatura media anual es de 16 °C. La temperatura mínima del mes más frío, es alrededor de 4 °C y la máxima se presenta en abril y mayo que en promedio es de 27 °C (INEGI, 2013).

1.4.3. Flora

Los tipos de vegetación presentes en la zona de estudio son: bosque de encino, bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña y en menor grado, bosque tropical caducifolio (Ángeles, 1995). En el estrato arbóreo se encuentran *Pinus patula*, *Quercus crassifolia*, y *Q. laurina*, *Clethra mexicana* y *Cornus disciflora*, *Cleyera theaeoides*, *Viburnum caudatum*, *Vaccinium leucanthum*, y *Gaultheria hirtiflora* (Aguilar y Razo, 1995). Entre los arbustos se encuentran *Eupatorium* sp. *Befaria glauca*, *Miconia glaberrima*, *Rhus trilobata*, *Myrica pringlei* y *Citharexylum* sp. (Alcántara y Luna, 2001). En los lugares más húmedos y con presencia de niebla se presenta el bosque mesófilo de montaña, donde la especie dominante es *Liquidambar macrophylla* (Cadena, 2006). La vegetación del área comercial del ejido La Mojonera corresponde a un bosque de coníferas, donde se presenta la asociación florística *Pinus patula*,-*Quercus* spp. (Aguilar y Razo, 1995).

1.4.4. Fauna

En el ejido La Mojonera y otras áreas de bosque mesófilo de montaña, se han registrado 181 especies de aves como son: tangara oftálmica (*Chlorospingus ophthalmicus*), zorzalito coroninegro (*Catharus mexicanus*), capulinero gris (*Ptilogonys cinereus*), mosquerito copetón (*Mitrephanes phaeocercus*), papamoscas copetón triste (*Myiarchus tuberculifer*), chipe trepador (*Mniotilta varia*), trogón serrano colimanchado (*Trogon mexicanus*), vireón pechicastaño (*Vireolanius melitophrys*), paloma perdiz cuelliescamada (*Geotrygon albifacies*), jilguero encapuchado (*Carduelis notata*), chupaflor oscuro (*Lampornis amethystinus*), carpintero arlequín (*Melanerpes formicivorus*) (Martínez-Morales, 1998).

También habitan especies como tlacuache (*Didelphis marsupialis*), conejo del este (*Sylvilagus floridanus*), ardilla arbórea (*Sciurus aureogaster*), comadreja (*Mustela frenata*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), zorrillo (*Spilogale angustifrons*), tejón (*Nasua narica*) y gato montés (*Lynx rufus*); existen aves de importancia cinegética como codorniz común (*Colinus virginianus*), codorniz pinta (*Cyrtonyx montezumae*), paloma codorniz (*Geopelia albifacies*) y otras como huilota (*Zenaida macroura*), querreque (*Picoides villosus*) y coa (*Trogon mexicanus*), además se encuentran reptiles como lagartijas y culebras (Aguilar y Razo, 1995).

CAPÍTULO 2. LLUVIA DE SEMILLAS Y EMERGENCIA DE PLÁNTULAS DE *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. EN LA MOJONERA, ZACUALTIPÁN, HIDALGO.

2.1. Resumen

Pinus patula es originario de México, es una de las especies de coníferas con mayor potencial productivo. Con el objetivo de cuantificar la lluvia de semillas, así como la emergencia y supervivencia de plántulas en Zacualtipán, Hidalgo, se eligieron dos sitios de una hectárea cada uno. En el primero se aplicó el método de árboles padres (sitio con manejo: SCM) mientras que el segundo se mantuvo en condición natural (sitio sin manejo: SSM). Cada sitio se dividió en 100 cuadros de 10 x 10 m y de manera aleatoria se colocaron 40 trampas circulares de 0.5 m² cada una. Las semillas colectadas fueron clasificadas en llenas, dañadas y vanas. La emergencia y supervivencia de plántulas fue censada en 40 rectángulos de 2 m² cada uno, por sitio, situados a un metro de distancia de cada trampa y se determinaron las posibles causas de mortalidad. La cantidad de semillas en el SSM fue de 92,500 semillas ha⁻¹, de las cuales el 50.8 % fueron llenas, el 3.8 % dañadas y el 45.4 % vanas; en cambio, para el SCM fueron 39,000 semillas ha⁻¹ con 44.9 % llenas, 10.2 % dañadas y 44.9 % vanas. La emergencia de plántulas en el SSM fue de 13,000 ha⁻¹ mientras que en el SCM fue de 1,875 ha⁻¹, la probabilidad de supervivencia en el SSM fue de 6 % y en el SCM de 53 % después de 11 meses de observación. En el SSM el 74.2 % de las plántulas murieron por causas desconocidas, el 19.6 % por damping off y el 6.2% por herbivoría; en contraste, para el SCM el 42.9 % murieron por bajas temperaturas, el 42.9 % por sequía y el 14.2 % por causas desconocidas.

Palabras clave: dispersión, repoblación, árboles padres, supervivencia de plántulas, causas de mortalidad.

2.2. Abstract

Pinus patula is one of the coniferous species with greatest productive potential in México. In order to quantify the amount of seed rain, as well as the emergence and survival of seedlings in Zacualtipán, Hidalgo, two sites of one hectare each were selected. In the first was applied the parent trees method (site with management: SCM) while the second remains in natural condition (site without management: SSM). Every site was divided into 100 squares of 10 x 10 m and 40 circular tramps of 0.5 m² were randomly settled to quantify seed rain. Collected seeds were classified in full, damaged and empty. Emergence and survival of seedlings was registered in 40 rectangles of 2 m² each by site, established at one meter of distance from each tramp, and possible causes of mortality were recorded. Amount of seeds in SSM was 92,500 ha⁻¹, 50.8 % were full, 3.8 % damaged and 45.4 % empty; in contrast, 39,000 seeds ha⁻¹ were found in SCM, 44.9 % full, 10.2 % damaged and 44.9 % empty. Emergence of seedlings in SSM was 13,000 ha⁻¹ while in SCM was 1,875 ha⁻¹, probability of survival after 11 months of observation was 6% in SSM and 53% in SCM. In SSM 74.2% of seedlings die by unknown causes, 19.6% by damping off and 6.2% by herbivory; whereas, in SCM 42.9% die by low temperatures, 42.9% by drought and 14.2 % by unknown causes.

Key words: dispersion, regeneration, parent trees, seedlings survival, mortality causes

2.3. Introducción

La entrada de semillas en un ambiente está determinada por la lluvia de semillas, la cual es influenciada por la fenología de las especies y por la producción estacional de las semillas (Penhalver y Matovani, 1997). La degradación de un ecosistema disminuye la disponibilidad de semillas y consecuentemente, la calidad ambiental de un área, ya que esta disponibilidad es fundamental para el desarrollo de un bosque (Martínez-Ramos y Soto-Castro, 1993).

Existen trabajos en el tema de repoblación natural que hacen hincapié en la importancia de un buen año semillero para la repoblación natural del pino (Karlson y Orlander, 2000); sin embargo, pocos autores consideran la combinación entre la entrada de semillas (número de semillas) y la calidad de semillas (porcentaje de semillas viables) (Velasco-García *et al.*, 2007; Kerr *et al.*, 2008).

En la rehabilitación de suelos degradados la lluvia de semillas es un componente importante debido al establecimiento de las plantas (Pérez-Fernández y Gómez-Gutiérrez, 2000). Por lo que la cantidad de semillas que cae en un sitio determinado es considerada una fuente importante de propágulos, inclusive de mayor importancia que el banco de semillas, principalmente en áreas sometidas a perturbaciones constantes (Aide *et al.*, 1995). Por lo que la supervivencia y dinámica de los bosques depende en gran parte del aporte de semillas (Zimmerman *et al.*, 2000)

Las semillas representan un alto potencial para la incorporación de plantas dentro del bosque o los claros, también son una importante fuente de alimento para la fauna en especial para aves, insectos y roedores (De Souza *et al.*, 2006). De los mencionados anteriormente los roedores representan uno de los más importantes removedores de semillas en los ecosistemas forestales (Hulme, 2002).

En bosques de pino, los roedores pueden remover entre 24 y 96% de semillas pudiendo llegar hasta un 99% (Vander Wall, 2008). Cabe mencionar que los roedores son estrictos en la selección de semillas ya que eligen las que tienen un alto valor nutricional, rechazando las que contienen metabolitos tóxicos así como taninos y terpenos (Shimada y Saitoh, 2003; Stiles, 2000). El tema de roedores toma importancia debido a que afectan la supervivencia de semillas, la repoblación y el establecimiento de las plántulas (Coté *et al.*, 2003, De Mattia y Rathcke, 2006).

Si la semilla supera los filtros de selección (Herrera *et al.*, 1994; Rey y Alcántara, 2000), y casualmente cae o es transportada en época favorable a sitios con condiciones propicias, esta germina y empieza el desarrollo de un nuevo individuo (Daniel *et al.*, 1979). En el estadio de plántula enfrentan la mayor presión de selección, lo cual trae como consecuencia altas tasas de mortalidad, lo cual es común en la demografía de plántulas de especies arbóreas (Collins y Good, 1987; Shibata y Nakashizuka, 1995). Algunos autores mencionan que la disponibilidad de luz, el agua, la herbivoría (Mari y Galassi, 2010), la apertura de claros (Horvitz y Schemske, 1994; Dalling y Hubbell 2002), la capa de hojarasca (Facelli, 1994) y la cobertura vegetal son factores que afectan la supervivencia de las plántulas.

La capa de hojarasca puede tener efectos positivos o negativos sobre la germinación de las semillas (Hamrick y Lee 1987; Williams *et al.*, 1990; Guzmán-Grajales y Walker 1991; Seiwa y Kikuzawa 1996; Xiong y Nilsson 1999). Puede favorecer la germinación actuando como regulador de la temperatura y humedad en el suelo (Mari y Galassi, 2010), beneficia el reclutamiento de individuos ya que oculta las semillas de los depredadores (Dalling y Hubbell, 2002; Bueno y Baruch 2011). Sin embargo también puede afectar la intensidad y calidad de luz solar que llega al suelo (Facelli y Pickett 1991), formando una barrera entre la radícula y el suelo mineral (Facelli, 1994) por lo que puede perjudicar la supervivencia de las plántulas. En lugares en donde la germinación es alta, la mortalidad también es muy alta, debido a que la repoblación se establece a través de un proceso gradual (Fiedler *et al.*, 1985).

2.4. Materiales y métodos

Se eligieron dos sitios de una hectárea cada uno, en uno de ellos se aplicó el tratamiento de árboles padres (sitio con manejo: SCM) en el mes de marzo del 2011 y en el segundo no se ha tenido manejo (sitio sin manejo: SSM) (Cuadro 2). Cada sitio se dividió en 100 cuadros de 10 x 10 m colocando estacas de madera en sus vértices (Figura 4).

Cuadro 2. Características ecológicas de los sitios estudiados en el ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo (media \pm error estándar).

Característica	Sitio Sin Manejo (n = 40)	Sitio Con Manejo (n = 12)
¹ Cobertura arbórea (%)	87.4 \pm 0.2	17.9 \pm 1.8
¹ Transmisión total de la radiación solar (%)	18 \pm 0.4	92.5 \pm 0.6
² Inclinación de la pendiente (%)	5 \pm 0.2	22 \pm 1.2
³ Espesor de hojarasca (cm)	5.9 \pm 0.3	1.5 \pm 0.2

¹Cámara digital con lente de ojo de pescado marca Nikon Coolpix; ²pistola Haga; ³regla graduada.

2.4.1. Lluvia de semillas

De manera aleatoria en cada uno de los sitios (SSM y SCM) se colocaron 40 trampas circulares de 0.5 m² cada una (superficie de captura: 40 m²) (Figura 5), teniendo un total de 80 trampas, las cuales fueron ubicadas al centro de igual número de cuadros de 10x10 m (Figura 6). La colecta de semillas se realizó mensualmente de agosto 2011 a julio 2012 (Figura 7). Se cuantificó el número de semillas recolectadas, las cuales a su vez fueron disectadas y clasificadas como llenas, vanas y dañadas (Godínez-Ibarra *et al.*, 2007; Velasco-García, 2007). En el mes de Abril del 2012 se cambiaron las trampas en el área de árboles padres, ya que se rompían con mucha facilidad debido por la exposición directa al sol; respecto al área sin manejo se cambiaron muy pocas sobre todo las que habían sufrido accidentes por la caída de ramas principalmente.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
40	39	38	37	36	35	34	33	32	31
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
60	59	58	57	56	55	54	53	52	51
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
80	79	78	77	76	75	74	73	72	71
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
100	99	98	97	96	95	94	93	92	91

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
18	17	16	15	14	13	12	11	10	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	
36	35	34	33	32	31	30	29	28	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	
54	53	52	51	50	49	48	47	46	
55	56	57	58	59	60	61	62	63	
72	71	70	69	68	67	66	65	64	
73	74	75	76	77	78	79	80	81	
90	89	88	87	86	85	84	83	82	
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Figura 4. Cuadros seleccionados aleatoriamente (///) para ubicación de trampas circulares en los sitios **a)** SSM (40 cuadros) y **b)** SCM (40 cuadros).



Figura 5. Trampas utilizadas para la recolección de semillas en los sitios: **a)** SSM y **b)** SCM.

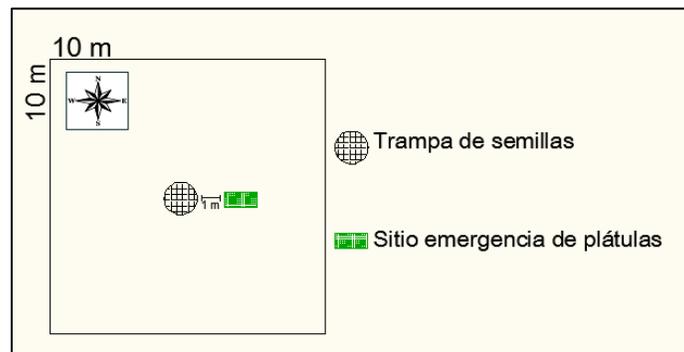


Figura 6. Ubicación de las trampas de semillas y de los sitios de emergencia de plántulas para ambos sitios (SSM y SCM).



Figura 7. Recolección de las semillas de *Pinus patula* en los sitios: **a)** SSM y **b)** SCM.

2.4.2. Emergencia y supervivencia de plántulas

En cada uno de los sitios estudiados (SSM y SCM), se ubicaron 40 rectángulos de 2 m² cada uno (Figura 8) (superficie de registro: 160 m²) situados a un metro de distancia de cada trampa circular (Figura 6). En estos rectángulos se registraron semanalmente de agosto 2011 a julio 2012 la emergencia y muerte de las plántulas, la cuales se marcaban en cada fecha de evaluación (Figura 9). Además de lo anterior se identificaron las posibles causas de mortalidad, para esto se clasificaron en seis categorías: a) herbivoría, b) damping-off, c) desconocida (desaparecieron de un censo a otro) d) sequía y e) daño físico (Shibata y Nakashizuka, 1995; Ángeles-Pérez y Sakimoto, 1999; Moles y Westoby, 2004) y f) bajas temperaturas.

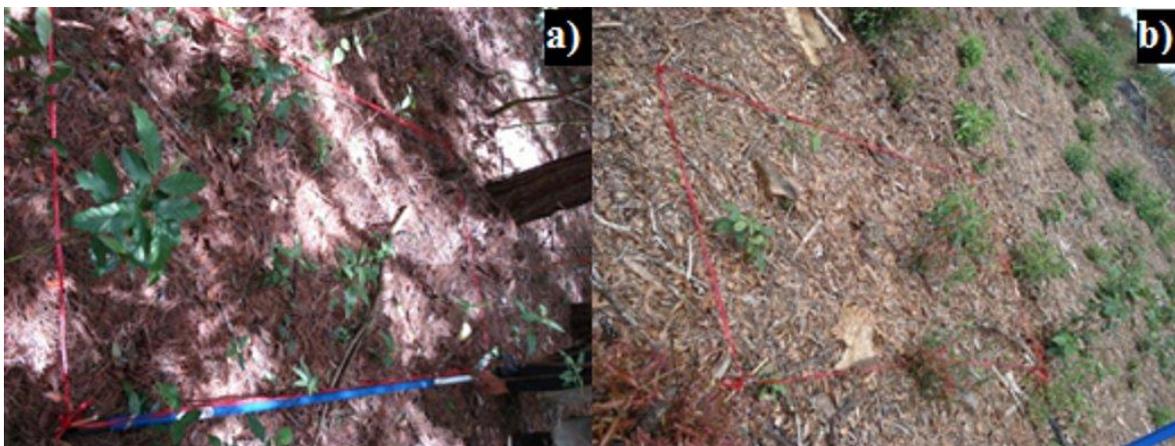


Figura 8. Rectángulos de emergencia de plántulas (2 m²) en los sitios: **a)** SSM y **b)** SCM.



Figura 9. Registro y marcaje de plántulas de *Pinus patula*.

2.4.3. Análisis estadístico

La lluvia de semillas y emergencia de plántulas se analizó mediante el muestreo simple aleatorio, en base a la cantidad de semillas y plántulas registradas durante el trabajo en campo, se calcularon las proporciones de semillas llenas, vanas y dañadas, así como la cantidad de plántulas emergidas para ambos sitios. Para determinar si existen diferencias significativas en cuanto a la cantidad de semillas dispersadas y la emergencia de plántulas entre sitios, se empleó un modelo de regresión Poisson, el cual es el modelo de referencia en estudios de variables de conteo (Salinas-Rodríguez *et al.*, 2009).

Para la supervivencia de plántulas se utilizó la función de supervivencia, la cual tiene una distribución de mortalidad acumulada. La función de supervivencia de las plántulas se obtuvo con el procedimiento LIFETEST (SAS 9.0), el cual estima las probabilidades de supervivencia, además de obtener: los límites de los intervalos, el número de muertes y el número de casos censado, este procedimiento permite comparar pares de curvas de supervivencia y detectar si existen diferencias estadísticamente significativas entre ellas (Fox, 1993; Allison, 1995).

$$S(t) = \Pr\{T > t\}$$

Dónde: S (t)=función de supervivencia

Pr=probabilidad

T=tiempo de vida de una plántula

2.5. Resultados

2.5.1. Lluvia de semillas

Pinus patula presentó un número de semillas variable en cada uno de los meses que se registraron durante todo el estudio, la mayor cantidad se registró en el mes de mayo para ambos sitios (35,000 SSM y 10,500 SCM). En el SSM la menor cantidad fue en los meses de septiembre-noviembre y para el SCM de septiembre-febrero, excepto octubre (Figura 10). La dispersión total de semillas fue significativamente mayor ($p < 0.0001$) en el SSM con 92,500 semillas ha^{-1} , en comparación con en el SCM fue de 39,000 semillas ha^{-1} (Cuadro 3), con base en los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis (H_{01}) planteada al inicio del estudio. La densidad media de semillas por trampa ($0.5 m^2$) fue de 4.625 para el SSM y 1.95 para el SCM.

Cuadro 3. Densidad y condición de las semillas dispersadas de *Pinus patula* en los sitios con manejo (SCM) y sin manejo (SSM).

Condición de la semilla	Sitio sin manejo				Sitio con manejo			
	Densidad (No./ha)	Intervalos de confianza		%	Densidad (No./ha)	Intervalos de confianza		%
		(Inf.)	(Sup.)			(Inf.)	(Sup.)	
Llena	47,000	876.12	1473.88	50.8	17,500	186.45	688.55	44.9
Dañada	3,500	27.87	147.13	3.8	4,000	28.09	171.91	10.2
Vana	42,000	602.28	1497.72	45.4	17,500	254.54	620.46	44.9
Total	92,500			100	39,000			100

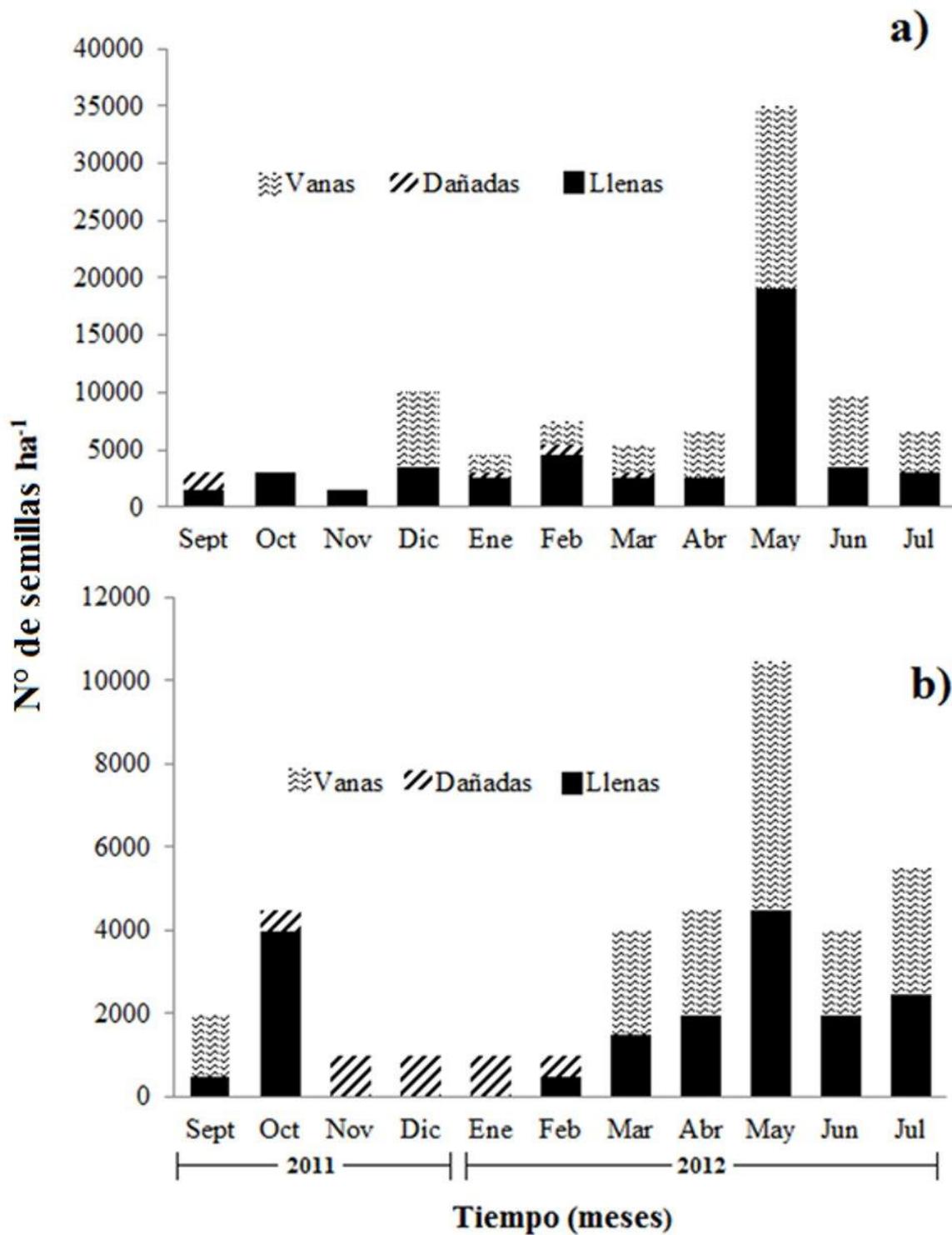


Figura 10. Número y condición de semillas de *Pinus patula* en los sitios: a) SSM y b) SCM.

2.5.2. Emergencia y supervivencia de plántulas

La emergencia de plántulas fue significativamente mayor ($p \leq 0.0001$) en el SSM ($13,000 \text{ ha}^{-1}$) que en el SCM ($1,875 \text{ ha}^{-1}$), por lo que se rechaza la hipótesis (H_{01}) inicialmente planteada. La mayor emergencia se registró en agosto y septiembre para el SSM, mientras que de agosto a octubre para el SCM; no se registró emergencia de diciembre a mayo excepto febrero para ambos sitios (Figura 11). La densidad media de semillas por sitio (2 m^2) fue de 2.6 para el SSM y 0.38 para el SCM.

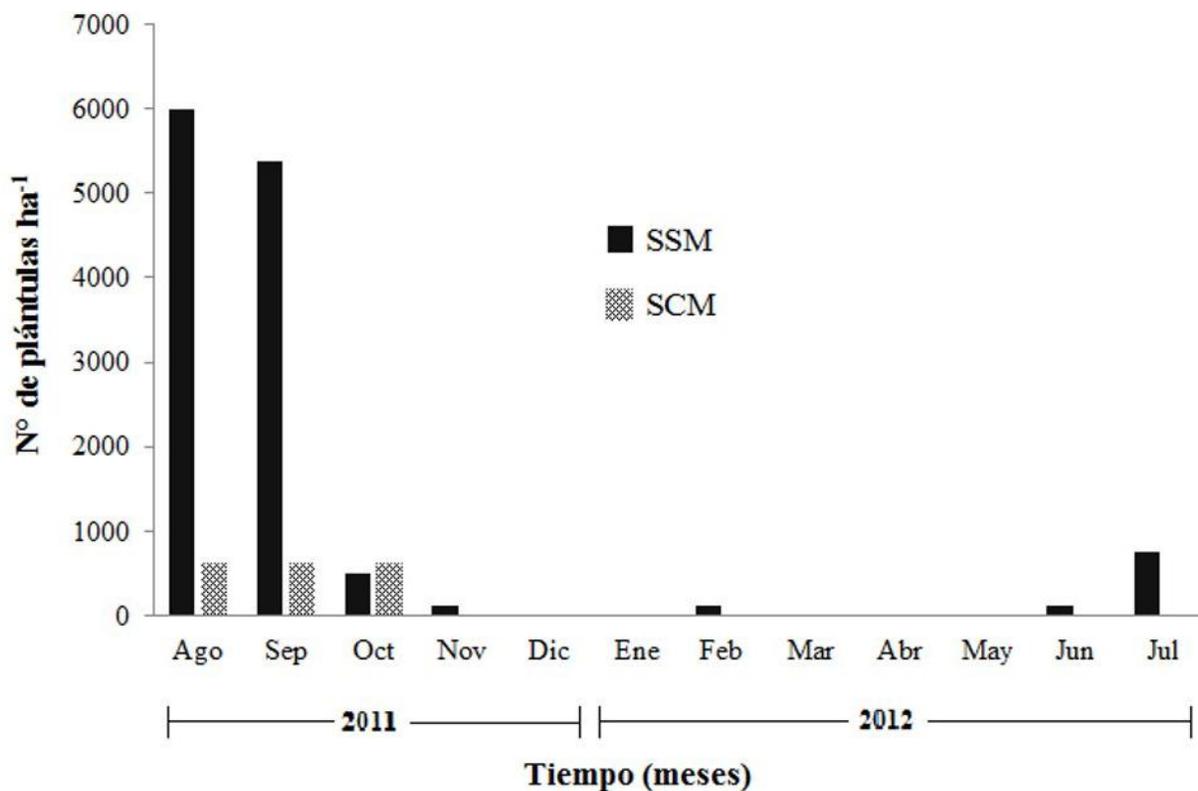


Figura 11. Emergencia de plántulas de *Pinus patula* en los sitios (SSM y SCM).

La supervivencia de plántulas fue significativamente mayor ($p < 0.0001$) en el SCM que en el SSM, por lo que se rechaza la hipótesis (H_{01}) inicialmente planteada. La probabilidad de supervivencia disminuyó 90% en las primeras diez semanas para el SSM, mientras que tan solo

un 25% para el SCM en el mismo periodo de tiempo (Figura 12). Al final del periodo de estudio, la supervivencia en el SSM fue de 6 % y para el SCM de 53 %.

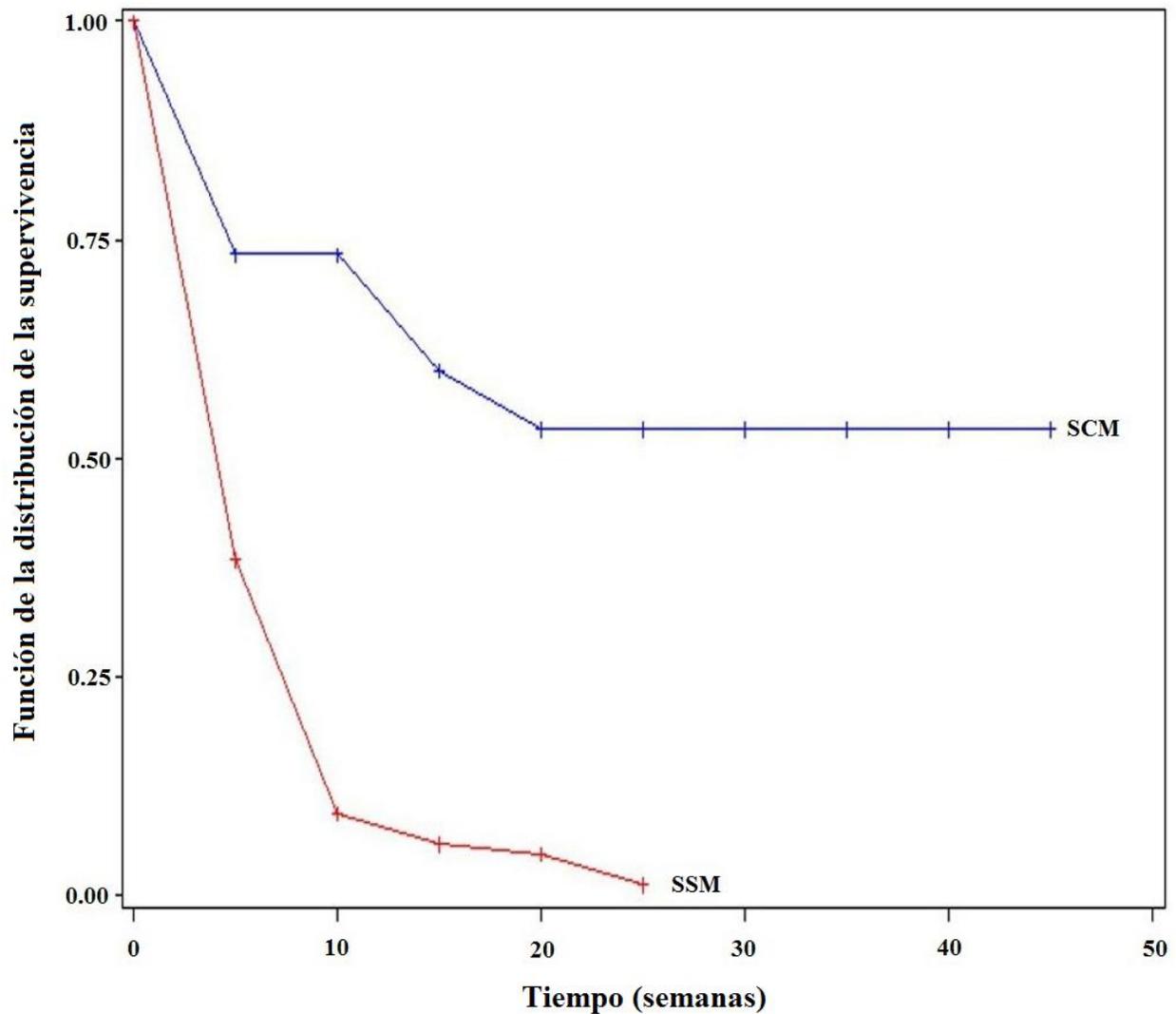


Figura 12. Curvas de supervivencia de *Pinus patula* en los sitios (SSM y SCM).

La mortalidad de plántulas en el SSM fue mayor en septiembre y octubre por causas: a) desconocidas (74.2%), b) damping off (19.6 %) y c) herbivoría (6.2%), mientras que para el SCM fue mayor de septiembre a diciembre excepto octubre pero diferentes causas a las del SSM, estas fueron: a) bajas temperaturas (42.9%), b) sequía (42.9%) y c) causas desconocidas (14.2%) (Figura 13).

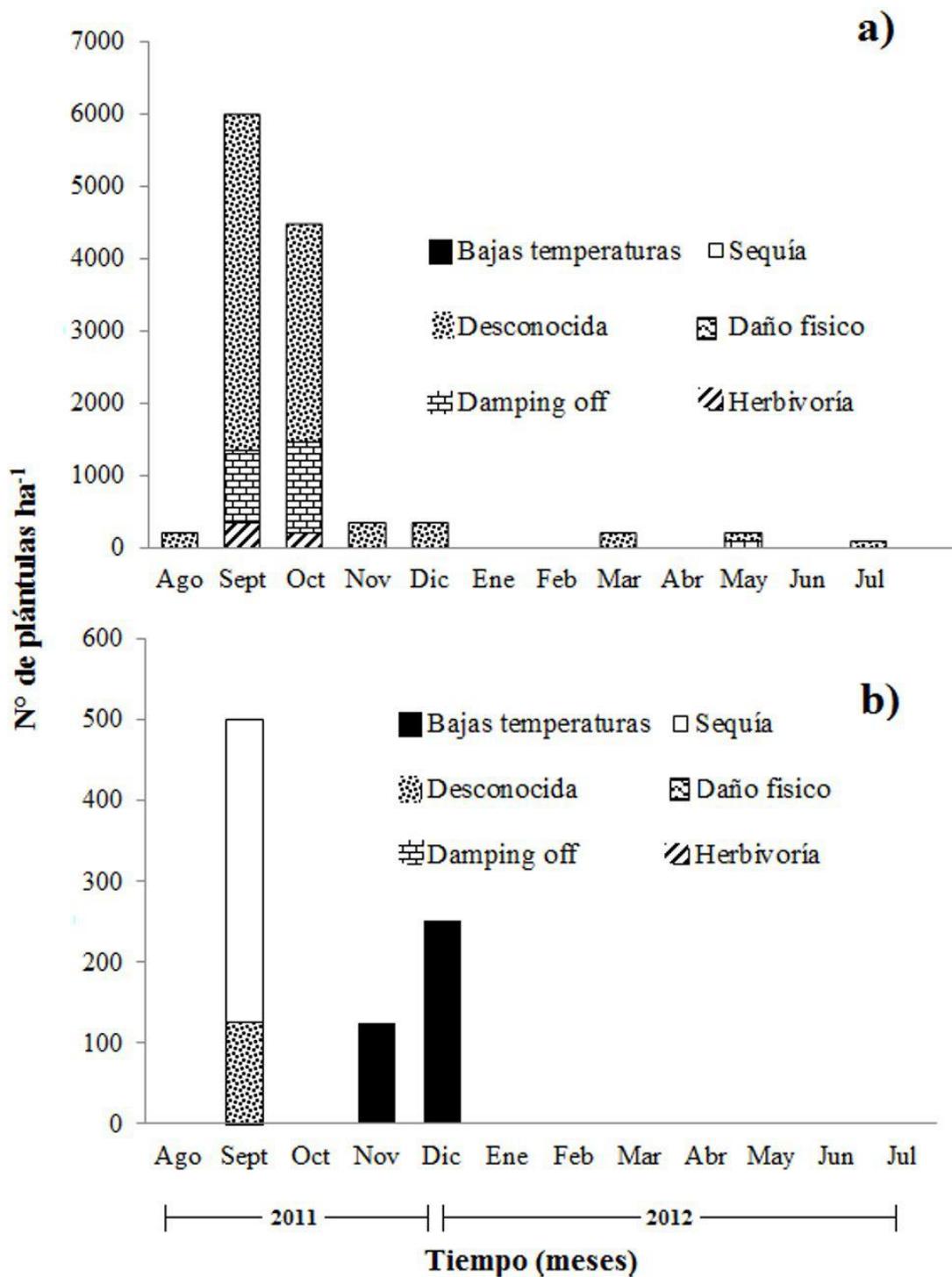


Figura 13. Causas de mortalidad de plántulas de *Pinus patula* en los sitios: a) SSM y b) SCM.

2.6. Discusión

2.6.1. Lluvia de semillas

No existe información publicada de *Pinus patula* que evalúen la lluvia de semillas, sin embargo se presentan algunas comparaciones tanto en el género *Pinus* como en la familia Pinaceae. En nuestro estudio la cantidad total de semillas dispersadas de *P. patula* (92,500 ha⁻¹ en SSM y 39,000 ha⁻¹ en SCM) fue mayor que lo encontrado en *Pinus ponderosa* de Oregon, EUA ($\geq 28,000$ ha⁻¹) en sitios cosechados con suelo de textura arenosa y precipitación de 300 mm (Keyes y Maguire, 2007); sin embargo, fue menor al compararla con *Pinus densiflora* de Corea en un bosque de 70 años, con una cobertura promedio > 80 % y con textura franca del suelo (250,000-270,000 ha⁻¹) (Lee *et al.*, 2004). Este contraste se debe a que son especies diferentes y a que las condiciones ambientales en las que cada una se desarrolla no son las mismas. La cantidad de semillas dispersadas varía considerablemente, dependiendo de la producción de polen y las condiciones climáticas durante el período de fertilización (Gillespie, 2004). Incluso los potenciales de producción de semillas son diferentes en las especies de *Pinus* y es variable de una región a otra aún en la misma especie (Prieto y Martínez, 1993).

La mejor época para la recolección de semilla de *P. patula* es entre los meses de diciembre a marzo, antes de que inicie la primavera y que los conos se abran por efecto de los cambios de temperatura debido a que *P. patula* presenta conos seróticos (Anónimo, 1999); sin embargo, en ambos sitios (SSM y SCM) del presente estudio la mayor cantidad de semillas registradas fue en el mes de mayo, relacionada con la temperatura máxima reportada por la estación meteorológica ubicada en Zacualtipán fue de 29 °C (CNA, 2012). En cambio, Vela (1980) menciona que la recolección de la semilla de especies con conos seróticos no se encuentra restringida a un período breve, además de que la maduración de la semilla no es uniforme en un mismo árbol.

El porcentaje de semillas vanas en *P. patula* fue considerable (>40 %) para ambos sitios, indicando que esta especie tuvo problemas para el llenado de semillas durante el estudio, esto coincide con lo reportado por Paiz (1994) para *Pinus oocarpa* en donde las semillas vanas fueron > 40 %. Velasco-García *et al.*, (2007) encontró que *Pseudotsuga menziesii*, produce altas cantidades de semillas vanas (90.3%). El carácter vano de las semillas puede deberse a daños por insectos u hongos, falta de viabilidad del polen (Bramlett, 1993) o autopolinización, lo cual propicia genes letales (Velasco-García *et al.*, 2007; Gómez *et al.*, 2010), que provocan la muerte del embrión (Zavala y Méndez, 1996).

La distribución espacial de las semillas fue mayor en SSM (38 de 40 trampas) que en SCM (28 de 40 trampas), posiblemente se debió a que la cantidad de árboles de *P. patula* fue menor en el SCM. Esta distribución espacial puede variar por: 1) la altura a la que se encuentran las semillas en el árbol, 2) las características aerodinámicas de la semilla, tales como su peso y la presencia de ala, 3) la eficacia de la distribución, en función de la dirección y velocidad del viento para las semillas de pino, así como la presencia y actividades de animales (Harper, 1977; Augspurger, 1986; Kang, 1999); sin embargo, otros autores mencionan que las semillas de esta especie son anemócoras y es poco probable que la dispersión constituya un proceso limitante para la repoblación (Jordano *et al.*, 2004); aunque, las condiciones de la semilla (llena, dañada, vana) y del ambiente sí pueden afectar la germinación (Mari y Galassi, 2010).

En estudios de repoblación natural se asume que la semilla se dispersa a través de la "lluvia de semillas"; sin embargo, Kerr *et al.*, (2008) indican que otra vía importante para la entrada de semillas es por la caída de conos cuando éstos se desprenden de los árboles. Aunque en ambos sitios del presente estudio no se encontraron conos en las trampas instaladas, los que tenían mucho tiempo en el piso forestal se observaron desgastados y grisáceos con escamas abiertas y semillas expuestas; en cambio, los conos caídos recientemente al piso forestal (principalmente en el SSM) fueron consumidos totalmente quizás por ardillas. Siepielski y Benkman (2008) mencionan que las ardillas son un depredador dominante de conos en muchas coníferas, si su densidad es alta pueden afectar la repoblación natural de un lugar (Pacheco, 2011).

2.6.2. Emergencia de plántulas

La emergencia de plántulas en el SCM fue mucho menor ($1,875 \text{ ha}^{-1}$) que lo reportado por Chacón *et al.*, (1998) para *Pinus arizonica* en Chihuahua ($18,620 \text{ plántulas ha}^{-1}$), donde también se aplicó el método de árboles padres, las condiciones del rodal fueron diferentes (70 años de edad, altitud de 2432 m snm., precipitación de 958 mm, cobertura arbórea de 3.45 %). En bosques de *Pinus* del estado de Durango (*P. durangensis*, *P. teocote*, *P. cooperi*, *P. engelmannii*, *P. lumholtzii*, *P. leiophylla*, *P. ayacahuite*) con temperaturas de 12 a 18 °C y precipitación de 900 mm, Estrada (1997) contabilizó de 189 a 23,024 plántulas ha^{-1} después de seis años de aplicación del método de árboles padres. Sin embargo en sitios de *Pinus elliotti* tratados con matarrasa en Argentina, Cabrellii *et al.*, (1997) mencionan densidades de 162,800 plántulas ha^{-1} , lo cual sugiere que a mayores aperturas del dosel favorecen la repoblación al menos en estas especies de pino.

La emergencia de plántulas en el SSM fue menor ($13,000 \text{ ha}^{-1}$) que lo reportado por Koskela *et al.*, (1995) en sitios naturales de *Pinus merkusii* (altitud de 900 m snm, precipitación de 2000 mm) a los dos ($34,250 \text{ ha}^{-1}$) y cuatro ($23,850 \text{ ha}^{-1}$) años después de un incendio, pero mayor que la encontrada por estos mismos autores a los seis años después de dicho incendio ($11,042 \text{ plántulas ha}^{-1}$). Todos estos trabajos denotan una gran variación en la emergencia de plántulas, una de las posibles causas de estas diferencias es que los trabajos citados evalúan densidad de plántulas después de cierto número de años, en contraste con el presente estudio donde se registraron los primeros meses de vida después de realizada la corta; además, Buenrostro (2002) donde indica que los rodales de pino tratados con el método de árboles padres, no siempre cuentan con las condiciones de calidad y cantidad de árboles para su mejor aplicación.

Otro factor importante relacionado con la emergencia de plántulas entre los sitios (SSM y SCM), es la presencia de hojarasca. En nuestro estudio se observó que el espesor de hojarasca fue cuatro veces mayor en el SSM que en el SCM, (Cuadro 2), lo cual pudo favorecer la emergencia de plántulas en el primer sitio ya que se ha documentado que la hojarasca regula la humedad y temperatura del suelo (Mari y Galassi, 2010), contribuyendo a la incorporación de plántulas porque también oculta las semillas de los depredadores (Dalling y Hubbell, 2002; Bueno y

Baruch, 2011). Sin embargo, esto difiere con lo obtenido por Musálem (1984) para *Pinus montezumae* y por Velázquez (1984) para *Pinus hartwegii* en bosques de clima templado del centro de México, así como por Karlsson y Örlander (2000) para *Pinus sylvestris* en Suecia, quienes mencionan que la emergencia de plántulas fue mayor cuando se removió y escarificó el suelo; sin embargo para este caso específico de *P. patula* el espesor de hojarasca principalmente en el SSM pareció favorecer la emergencia de plántulas.

2.6.3. Supervivencia de plántulas

En las primeras etapas del ciclo de vida existe una mortalidad temprana e intensa de plántulas, esta depende de las condiciones del ambiente (Berkowits *et al.*, 1995) y las características de las especies (Godínez- Ibarra *et al.*, 2007), las plántulas que sobreviven tienen una elevada probabilidad de supervivencia (Arribalzaga, 2007). Los claros son importantes para la regeneración de muchas plantas a partir de semillas, principalmente de especies pioneras (Grubb, 1977; Mari y Galassi, 2010) o de aquellas como *P. patula* considerada una especie intolerante (Dvorak *et al.*, 2000). Lo anterior explica en parte una mayor supervivencia en el SCM en comparación con el SSM.

La luz es un factor decisivo para la supervivencia de las plántulas (Válio y Scarpa, 2001) y ésta es mayor en zonas con claros (Svenning, 2000; Beckage y Clark, 2003), similar a lo señalado para *Pinus densiflora* en Corea (Lee *et al.*, 2004). Más del 50% de sombra puede perjudicar la supervivencia de plántulas de *P. patula* (Vela, 1980), al igual que lo reportada para *P. radiata* (Moles y Drake, 1999). Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos en el SCM donde la supervivencia de plántulas fue mayor, posiblemente a que la cobertura arbórea fue cuatro veces menor que en el SSM, propiciando una radiación solar cinco veces mayor (Cuadro 2) que benefició a *P. patula* por ser una especie intolerante. Sin embargo, la exposición directa al sol tiene también un efecto negativo porque disminuye la supervivencia, principalmente en las primeras etapas de crecimiento (Musálem, 1984; Velázquez *et al.*, 1986; Chacón *et al.*, 1998).

No obstante que la mortalidad de plántulas en el SSM fue atribuida principalmente a causas desconocidas, es posible que, por un lado, la densa cobertura arbórea perjudicara la supervivencia de las mismas al crear un ambiente con poca transmisión de radiación solar, lo cual afecta la intensidad y calidad de luz que llega al suelo (Facelli y Pickett 1991); mientras que por otro lado el espesor de la hojarasca pudo convertirse en una barrera entre la radícula y el suelo mineral (Facelli, 1994) afectando la incorporación de plántulas. En contraste, para el SCM las causas de mortalidad la plántulas fueron afectadas por sequía y bajas temperaturas, lo cual está relacionado con la poca cobertura arbórea de este sitio que permite una exposición directa de las plántulas a los cambios ambientales.

A pesar de que *P. patula* es considerada una especie intolerante, es posible que una apertura extrema del dosel perjudique la supervivencia de las plántulas, considerando que los meses en los cuales se realizó el presente estudio fueron particularmente secos (excepto agosto y septiembre del 2012). De acuerdo a la información de la estación meteorológica más cercana (Zacualtipán, Hidalgo) se registraron temperaturas bajo cero desde octubre a marzo, excepto febrero, con una mínima en diciembre de -3 °C (CNA, 2012), que fue cuando las hojas y yemas apicales mostraron daños considerables y algunas plántulas murieron; sin embargo, se observó que las plántulas que se encontraban bajo arbustos no sufrieron ningún daño. Todo esto indica que la apertura del dosel y la presencia de hojarasca pueden influir de manera positiva o negativa en la supervivencia y crecimiento de las plántulas.

A diferencia de lo encontrado en el presente estudio, las principales causas de mortalidad de plántulas en otros trabajos fueron: a) impedimentos físicos (72.2%) en *Pinus hartwegii* del Campo Experimental Forestal Zoquiapan, Puebla-Estado de México (altitud de 3600 m snm., precipitación de 1000 mm, temperatura media de 8 °C) (Velázquez *et al.*, 1986), b) caída de ramas y la desecación progresiva en *Abies religiosa* (2930 y 2970 m snm., suelo andosol, precipitación de 1382 mm, temperatura entre 17 y 6 °C) (Ángeles-Cervantes y López-Mata, 2009) y c) herbivoría (34.4 %) en *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* en Hidalgo (temperatura de 12.7 °C, precipitación de 2047 mm, presencia de neblinas) (Godínez-Ibarra *et al.*, 2007).

La segunda causa de mortalidad en el SSM fue damping off (19.6 %), el cual estuvo relacionado con la concentración de humedad en los meses más lluviosos: agosto (221.5 mm) y septiembre (214.5 mm) (estación meteorológica de Zacualtipán, Hidalgo; CNA, 2012). En contraste al SCM donde la sequía y las bajas temperaturas fueron las principales causas de muerte, las plántulas en el SSM no fueron afectadas ya que la cobertura arbórea les sirvió como protección.

Considerando lo anteriormente expuesto, se aprecia un patrón diverso en las causas posibles de mortalidad de las plántulas, debido a que tanto las especies como las condiciones del ambiente (p.ej. época del año) y características del rodal (p.ej. cobertura del dosel) son diferentes en cada lugar donde se realizaron los trabajos. Es importante mencionar que las aperturas en el dosel beneficiaron la supervivencia de plántulas de *P. patula* en el área del presente estudio.

Finalmente Daniel *et al.*, (1979) y Ortega (1990), mencionan que para que a una repoblación se considere establecida de manera satisfactoria debe tener una densidad de 2,500 individuos ha⁻¹ después de un periodo mínimo de 5 años, en el presente estudio *P. patula* presentó una supervivencia del 53 % en el SCM (994 plántulas ha⁻¹) en contraste con el SSM con 6% (780 plántulas ha⁻¹), aunque son supervivencias menores a lo recomendado, es importante destacar que en el SCM la supervivencia fue mayor.

CAPÍTULO 3. RESERVORIO DE SEMILLAS DE *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. EN LA MOJONERA ZACUALTIPÁN, HIDALGO.

3.1. Resumen

El reservorio de semillas es una fuente importante de propágulos para la incorporación de individuos y tiene un papel clave en el proceso de repoblación. Con el objetivo de cuantificar el número de semillas viables almacenadas en el reservorio del suelo, se extrajeron muestras de 3 cm de profundidad en 40 cuadros de 0.5 m² cada uno para ambos sitios: SSM y SCM. Estos cuadros se situaron a un metro de distancia de cada trampa establecida para la lluvia de semillas. Las muestras se tamizaron para extraer las semillas de *Pinus patula*, las cuales fueron disectadas y clasificadas en llenas, dañadas y vanas; posteriormente, las semillas llenas se colocaron en un recipiente de plástico dentro de una cámara de germinación donde se les mantuvo húmedas y a un intervalo de temperatura de 22° a 25 °C. La cantidad de semillas encontradas en el SSM fue de 21,000 ha⁻¹: 7.1 % llenas, 7.1 % dañadas y 85.7 % vanas; en comparación, el SCM tuvo 12,500 semillas ha⁻¹: 16 % llenas, 4 % dañadas y 80 % vanas. La densidad promedio de semillas por muestra de suelo fue de 1 para el SSM y 0.0625 para el SCM. Mientras que los porcentajes de germinación fueron del 33% para el SSM y del SCM 50% para el SCM.

Palabras clave: muestras de suelo, viabilidad de la semilla, porcentaje de germinación, sitios con y sin manejo.

3.2. Abstract

Seed bank is an important source of propagules for individual recruitment and has a key role within the regeneration process. With the aim to quantify the number of viable seeds found in the soil, samples were taken at 3 cm depth in 40 squares of 0.5 m² each for both sites: SSM and SCM. These squares were situated at one meter from each tramp settled for seed rain. Samples were separated to extract seeds of *Pinus patula*, which in turn were dissected and classified in full, damaged and empty; afterwards, full seeds were deposited in a plastic recipient within a germination chamber where they remain humid at temperatures between 22 and 25 °C. Seed amount in SSM was 21,000 ha⁻¹: 7.1% full, 7.1% damaged and 85.7% empty; in comparison, 12,500 seeds ha⁻¹ were found in SCM: 16% full, 4% damaged and 80% empty. Average density of seeds by soil sample was 1 for SSM and 0.0625 for SCM, while germination percentages were 33% for SSM and 50% for SCM.

Key words: soil samples, seed viability, germination percentage, sites with and without management.

3.3. Introducción

El reservorio de semillas está conformado por las semillas viables que permanecen en el suelo (Harper, 1977; Garwood, 1989) y es considerado una fuente de propágulos que contribuye a la permanencia de las especies, favorece los procesos de sucesión y a la rehabilitación después de que sucedió algún disturbio (Csontos, 2007).

La composición del reservorio de semillas depende del tiempo que éstas permanezcan en el suelo (Marks, 1974), la producción (Howe y Smallwood, 1982) y medios de dispersión de las mismas (Uhl *et al.*, 1981), así como la distribución y abundancia de las especies en el área (Epp, 1987).

Por lo anterior, la composición y dinámica del reservorio de semillas en el suelo del bosque, son piezas fundamentales para pronosticar el curso de la sucesión secundaria cuando se presentan perturbaciones en los bosques (Garwood, 1989).

Diversos factores pueden inhibir la germinación de las semillas almacenadas en el suelo; por ejemplo, tiempo de permanencia en el mismo (Barbour *et al.*, 1999), variables ambientales y vegetacionales del sitio (Bueno y Baruch, 2011), modificaciones en condiciones del sotobosque mediante la alteración de la disponibilidad de agua y nutrientes (Godefroid *et al.*, 2006). Además, las semillas tienen depredadores naturales como son insectos, aves y mamíferos, los cuales atacan a éstas en la superficie del suelo forestal (Dalling *et al.*, 2011), reduciendo su cantidad y pueden convertirse en un factor crítico al limitar la incorporación de individuos (Pacheco, 2011).

Los reservorios de semillas son uno de los principales mecanismos de repoblación en ecosistemas forestales (Cubiña y Aide, 2001) y en el caso de las especies pioneras probablemente es más importante que la lluvia de semillas (Cubiña y Aide, 2001; Dalling, 2002).

3.4. Materiales y métodos

Para conocer el reservorio de semillas de *Pinus patula* en la zona de estudio se extrajeron (en marzo del 2012) 40 muestras de suelo en cada sitio (SSM y SCM), las cuales se obtuvieron a 3 cm de profundidad en una superficie de 0.5 m², situada a un metro de distancia de cada trampa circular (Figura 14). Las muestras de suelo se tamizaron para extraer las semillas de *P. patula* (Figura 15), las cuales se disectaron y clasificaron en llenas, dañadas y vanas. Posteriormente, las semillas llenas se colocaron en un recipiente de plástico en una cámara de germinación a una temperatura de 22° a 25 °C y humedad constante. Se consideró semilla germinada cuando la radícula comenzó a emerger (Figura 16), realizando estas observaciones durante dos meses para asegurar que no habría más germinación. El tiempo necesario para la germinación es de dos a tres semanas, aunque puede variar en función de la temperatura (Anónimo, 1999).

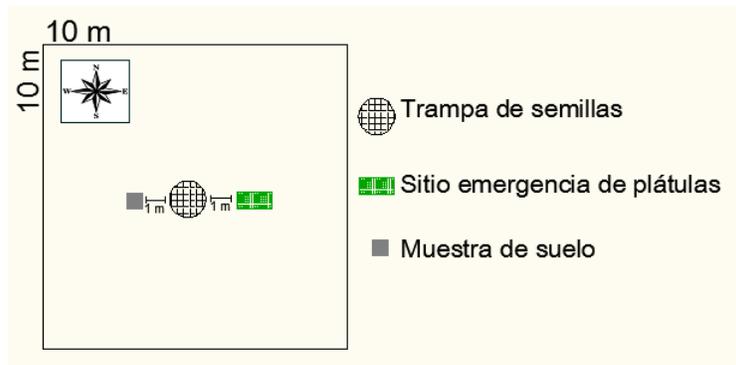


Figura 14. Ubicación de las muestras de suelo en los cuadros de 10 x 10 m.



Figura 15. Extracción de las semillas de las muestras de suelo en los sitios a) SSM y b) SCM del ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo.

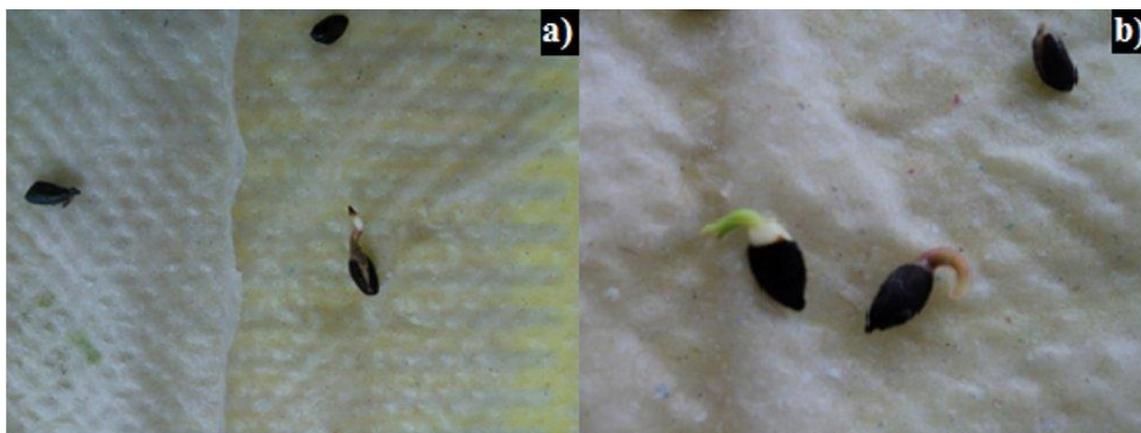


Figura 16. Germinación de semillas de *Pinus patula* en los sitios a) SSM y b) SCM del ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo.

3.4.1 Análisis estadístico

Las semillas encontradas se analizaron mediante un diseño de muestreo simple aleatorio. Con base en el número de semillas obtenidas en las muestras, se calcularon las proporciones de semillas llenas, dañadas y vanas en ambos sitios. Para determinar si existen diferencias significativas en la cantidad de semillas en el reservorio del suelo para ambos sitios (SSM y SCM), se empleó un modelo de regresión Poisson, el cual es el modelo de referencia en estudios de variables de conteo (Salinas-Rodríguez *et al.*, 2009).

3.5. Resultados

La cantidad de semillas fue significativamente mayor ($p \leq 0.01$) en el SSM ($21,000 \text{ ha}^{-1}$): 7.1 % llenas, un 7.1 % dañadas y 85.7 % vanas; en comparación con el SCM ($12,500 \text{ ha}^{-1}$): 16 % llenas, 4 % dañadas y 80 % vanas (Figura 17).

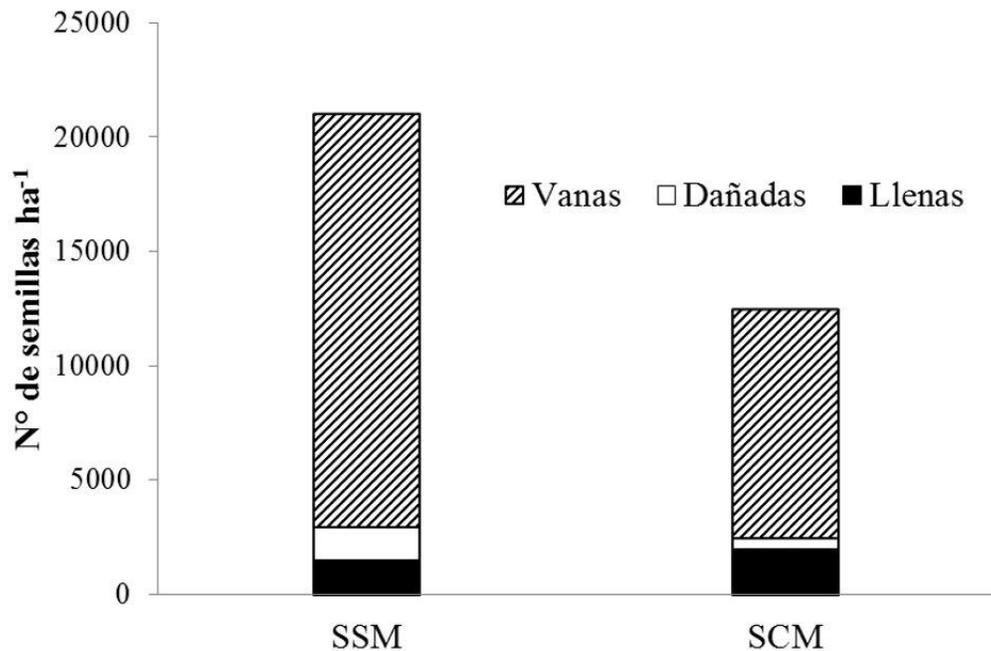


Figura 17. Número y condición de semillas de *Pinus patula* en los sitios sin (SSM) y con (SCM) manejo del ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo.

Por lo anterior, se rechaza la hipótesis nula (H_0) inicialmente planteada. La densidad total de semillas total por muestra de suelo (0.5 m^2) fue de 1 para el SSM y de 0.0625 para el SCM. El porcentaje de germinación para semillas llenas fue de 33% en el SSM y 50% para el SCM.

3.6. Discusión

Debido a que no existe información publicada de esta especie para otros lugares, se presentan algunos estudios en el género *Pinus*. La cantidad total en el reservorio de semillas en el suelo fue menor en *P. patula* (21,000 ha⁻¹ SSM, 12,500 ha⁻¹ SCM) que lo reportado por Flores y Pérez (1990) en *P. montezumae* (600,000 semillas ha⁻¹) de San Juan Tetla, Puebla (3,000 a 3,600 m snm, precipitación de 1,169 mm) antes de la temporada de dispersión de semillas; sin embargo, Carrillo-Anzures *et al.*, (2009) mencionan para este mismo lugar que las semillas de plantas herbáceas fueron dominantes y no se encontraron semillas de *P. montezumae* ni de *P. ayacahuite* en las muestras de suelo. En comparación, Li *et al.*, (2012) indican para *P. koraiensis* en bosque de China (precipitación de 710 mm, temperatura de -0.4 ° C, suelos profundos con buen drenaje y contenido de materia orgánica) desde 46,000 hasta 112,000 semillas ha⁻¹.

No obstante que el SSM tuvo una mayor cantidad de semillas por hectárea, el número de semillas llenas fue mayor en el SCM, lo cual es importante para el éxito en la incorporación de plántulas de esta especie. Es importante mencionar que cuando se aplica el método de árboles padres en la zona de estudio, la extracción de la madera ocasiona una remoción del suelo, aunado a esto, otra de las actividades que se realizan es el apile y quema de desperdicios, ambas actividades pueden afectar la cantidad de semillas en el reservorio del suelo por efecto de fuego o remoción de las mismas, estas podrían ser las posibles causas por las cuales en el SCM se registró una menor cantidad de semillas en comparación con el SSM.

La mayoría de los trabajos realizados acerca del reservorio de semillas en el suelo únicamente registran el número de semillas encontradas, pero no toman en cuenta la condición de la semilla (llena, dañada, vana) (Ramírez-Marcial *et al.*, 1992; Higo *et al.*, 1995; Arriaga y Mercado, 2004), por lo tanto, y con base en los resultados obtenidos del presente estudio, se sugiere clasificar las semillas encontradas en el reservorio del suelo con el propósito de comprender mejor, en general, el ciclo biológico de las especies, y en particular, la dinámica de su repoblación natural.

CAPITULO 4. CONCLUSIONES GENERALES

La cantidad dispersada de semillas y la emergencia de plántulas de *P. patula* fueron mayores en el sitio sin manejo (SSM); sin embargo, la supervivencia de estas últimas fue mayor en el sitio con manejo (SCM), indicando que las condiciones generadas por el método silvícola de árboles padres fueron mejores para el desarrollo de las plántulas de esta especie durante al menos 11 meses de observación.

De igual manera, el número total de semillas en el reservorio del suelo fue mayor en el SSM pero no así la cantidad de semillas llenas, la cual fue mayor en el SCM; las semillas llenas son importantes para el proceso de repoblación natural debido a que, si encuentran las condiciones ambientales propicias, tendrán mayores posibilidades de germinar y contribuir a la incorporación de plántulas.

La cantidad de semillas recolectada en las trampas fue tres (SCM) y cuatro (SSM) veces mayor que la encontrada en el reservorio del suelo, lo cual señala a la lluvia de semillas como el origen más importante en la incorporación de plántulas de *P. patula* en el área de estudio.

Con base en los resultados obtenidos del presente estudio, se sugiere eliminar primero el dosel de manera gradual para brindar protección en la etapa de emergencia de las plántulas y realizar después una corta de liberación para favorecer su crecimiento; aunque las especies de pino pueden crecer bajo radiación solar directa, es necesario conocer para *P. patula* cual tamaño de los claros es más adecuado para el mejor desarrollo de sus plántulas.

Debido a que los factores que afectan la repoblación de una área determinada son muchos, se recomienda medir por periodos de tiempo más amplios (p.ej. tres a cinco años) no solo las variables presentadas en este trabajo, sino también humedad y temperatura del suelo, altura de las plántulas; así como distancia de las trampas a los árboles y distribución de éstos en clases diamétricas y/o de edad, lo cual puede relacionarse con la cantidad y calidad de sus semillas que incide a su vez en el número apropiado de árboles padre que se dejarán en el área de interés.

CAPÍTULO 5. LITERATURA CITADA

Aide, T. M., J. K. Zimmerman, L. Herrera, M. Rosario and M. Serrano. 1995. Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 77: 77-86.

Alcántara, A. O. y I. Luna V. 2001. Análisis florístico de dos áreas con bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo, México: Eloxochitlán y Tlahuelompa. *Acta Botánica Mexicana* 54: 51-87.

Alejano, R. 2003. La regeneración de pinares mediterráneos naturales con especial referencia a *Pinus nigra* ssp. *salzmannii*. Actas de la III reunión sobre la regeneración natural y IV reunión sobre ordenación de montes. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, número 15.

Allison, P. 1995. *Survival Analysis Using the SAS System: A Practical Guide*. Cary, North Carolina, SAS Institute Inc. 304 p.

Álvarez-Aquino, C. and G. Williams-Linera. 2002. Seedling bank dynamics of *Fagus grandifolia* var. *mexicana* before and after a mast year in a Mexican cloud forest. *Journal of Vegetation Science* 13: 179-184.

Aguilar, A. J. A. y R. Razo Z. 1995. Programa de manejo forestal persistente del ejido La Mojonera, Municipio de Zacualtipán, Hidalgo. Inédito. Zacualtipán, Hidalgo. 40 p.

Aguirre, S. C. A. 2007. Almacenamiento de carbono en bosques manejados de *Pinus patula*: estimación mediante percepción remota. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados, Montecillo Texcoco, Edo. de México 98 p.

Ángeles-Cervantes, E. y L. López-Mata. 2009. Supervivencia de una cohorte de plántulas de *Abies religiosa* bajo diferentes condiciones postincendio. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 84: 25-33.

Ángeles, P. G. 1995. Efecto de la vegetación competidora en el desarrollo inicial de *Pinus patula*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo Texcoco, Edo. de México. 114 p.

Ángeles, G., A. Velázquez, J. Vargas, y J. Velásquez. 1997. El control de malezas y la disponibilidad de la luz durante el establecimiento de un rodal natural de *Pinus patula*, en México. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 6: 133-145.

Ángeles, P. G. and M. Sakimoto. 1999. Emergence disappearance processes of *Abies firma* in a natural *Abies-Tsuga* forest, Wakayama. Forest Research Kyoto 71:27-33.

Anónimo. 1999. Fichas técnicas de especies forestales estratégicas. No. 8. *Pinus patula* Lamb. Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal 3: 35-38.

Arias, H. 2000. Dispersión de semillas de dos especies arbóreas comerciales diseminadas por vertebrados en bosques fragmentados de Sarapiquí. Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 69 p.

Arriaga, L. and C. Mercado. 2004. Seed bank dynamics and tree-fall gaps in a northwestern Mexican *Quercus-Pinus* forest. Journal of Vegetation Science 15: 661-668.

Arribalzaga, E. B. 2007. Interpretación de las curvas de supervivencia. Revista Chilena de Cirugía 59: 75-84.

Augspurger, C. K. 1986. Morphology and dispersal potential of wind-dispersed diaspores of neotropical trees. American Journal of Botany 73: 353-363.

Barbour, M., J. Burk, W. Pitts, F. Gilliam, and M. Schwartz. 1999. Terrestrial Plant Ecology. Benjamin/Cummings. Menlo Park, California, USA. 688 p.

Beckage, B. and J. S. Clark. 2003. Seedling survival and growth of three southern Appalachian forest tree species: the role of spatial heterogeneity. Ecology 84: 1849-1861.

Berkowits, A. R., C. D. Canham, and V. R. Kelly. 1995. Competition of tree seedling growth and survival in early successional communities. *Ecology* 76: 1156-1168.

Bueno, A. and Z. Baruch. 2011. Soil seed bank and the effect of needle litter layer on seedling emergence in a tropical pine plantation. *Revista de Biología Tropical* 59: 1071-1079.

Buenrostro, G. J. L. 2002. Respuesta de la regeneración natural a intervenciones de árboles padres en el estado de Jalisco. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 39 p.

Bramlett, D. L. 1993. Diagnosing low seed and cone yields from controlled pollinations of southern pines. *Research plant physiologist*. USDA. Forest Service. Macon, Georgia. 35- 42 p

Cabrellii, D. A., S. Rebottaro, y C. E. Winckler. 1997. Dinámica de poblaciones jóvenes de regeneración natural de *Pinus elliotti* Engelm., en el subtrópico húmedo de Argentina. In: memorias del XI Congreso Mundial Forestal, 13-22 de octubre Natalia Turquía Volumen 3 tema 12.

Cadena, M. O. I. 2006. Almacenes de Carbono en el mantillo en bosques manejados de *Pinus patula* Schiede & Deppe, en el ejido de La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Córdoba, Veracruz. 53 p.

Carrillo-Anzures, F., G. Vera-Castillo, O. S. Magaña-Torres, J. M. Guldin, and R. P. Guries. 2009. Seed stored in the forest floor in a natural stand of *Pinus montezumae* Lamb. *Ciencia Forestal en México* 34: 41-60.

Castelán-Lorenzo, M. y B. Arteaga-Martínez. 2009. Establecimiento de regeneración de *Pinus patula* Schl. et Cham, en cortas bajo el método de árboles padres. *Revista Chapingo. Serie de Ciencias Forestales y el Ambiente* 15: 49-57.

CNA. Comisión Nacional del Agua. 2012. Información de Temperaturas, Precipitación y Climatología. México D.F.

Collins, S. L. and R. E. Good. 1987. The seedlings regeneration niche: habitat structure of tree seedling in an oak pine forest. *Oikos* 48:89-98.

Coté, M., J. Ferron, and R. Gagnon. 2003. Impact of seed and seedling predation by small rodents on early regeneration establishment of black spruce. *Canadian Journal of Forest Research* 33:2362–2371.

Cubiña, A. and T. M. Aide. 2001. The effect of distance from forest edge on seed rain and soil seed bank in a tropical pasture. *Biotropica* 33: 260-267.

Chacón, S. J. M., A. Velázquez M. y M. A. Musálem. 1998. Comportamiento de la repoblación natural de *Pinus arizonica* Engelm. bajo diferentes coberturas. *Madera y Bosques* 4: 39-44.

Csontos, P. 2007. Seed banks: ecological definitions and sampling considerations. *Community Ecology* 8: 75-85.

Dalling, J. W. 2002. Ecología de semillas. In Guariguata, M. R; Kattan, G. H. (Eds) *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. 1era Ed. Libro Universitario Regional (EULAC-GTZ). Cartago, Costa Rica. 344-375 p.

Dalling, J. W. and S. P. Hubbell. 2002. Seed size, growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment success for pioneer species. *Journal of Ecology* 90: 557-568.

Dalling, J. W., A. S. Davis, B. J. Schutte, and A. E. Arnold. 2011. Seed survival in soil: interacting effects of predation, dormancy and the soil microbial community. *Journal of Ecology* 99: 89–95.

Daniel, T. W., J. A. Helms, and F. S. Baker. 1979. Principles of silviculture. McGraw Hill. New York. 500 p.

De Souza, M. M., F. C. Maia, y M. A. Pérez. 2006. Banco de semillas en el suelo. *Agriscientia* 23: 33-44.

De Mattia, E. A. and B. J. Rathcke. 2006. Effects of small rodent and large mammal exclusion on seedling recruitment in Costa Rica. *Biotropica* 38:196–202.

Dvorak, W. S., G. R. Hodge, J. E. Kietzka, F. Malan, L. F. Osorio, and T. K. Stanger. 2000. *Pinus patula*. In: Conservation and Testing of Tropical and Subtropical Forest Tree Species by the CAMCORE Cooperative, College of Natural Resources, NCSU. Raleigh, NC. USA, 148-173 p.

Eguiluz, P. T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Bosques. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 623 p.

EMM. Enciclopedia de los municipios de México. 2012. Estado de Hidalgo: Zacualtipán de los Ángeles [En línea]. Disponible en <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM13hidalgo/> (revisado el 15 de diciembre de 2012).

Epp, G. A. 1987. The seed bank of *Eupatorium odoratum* along a sucesional gradient in a tropical rain forest in Ghana. *Tropical Ecology* 3: 139-149.

Estrada, M. C. 1997. Evaluación de la regeneración natural en bosques de pino de la UCODEFO N° 4 de Durango, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León. 100 p.

Facelli, J. and S. Pickett. 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *Botanical Review* 57: 1-25.

Facelli, J. M. 1994. Multiple indirect effects of plant litter affect the establishment of woody seedlings in old fields. *Ecology* 75: 1727-1735.

Fiedler, C. E., W. W. Mccaughey, and W. C. Schmidt. 1985. Natural regeneration in intermountain Spruce-Fir forest: a gradual process. Department of Agricultura. Forest Service. Intermountain Research Station. Research paper INT-343. Ogden, UT: U.S. 12 p.

Fox, G. P. 1993. Failure-time analysis: Emergence, flowering, survivorship, and other waiting times. In: Scheiner S.M. y J. Gurevitch. (eds). *Design and Analysis of Ecological Experiments*, Chapman Hall. New York. 253-289 p.

Flores, A. E. y J. L. Pérez B. 1990. Evaluación del banco de semillas en un rodal de *Pinus montezumae* Lamb. In: Memoria de la Reunión de los 10 años de investigación forestal en la Región Central de México. SARH- INIFAP-CIRCE. Metepec, Edo. de México, México. 11 p.

Fujimori, T. 2001. Ecological and silvicultural strategies for sustainable forest management. Elsevier Science B. V. Ámsterdam, The Netherlands. 398 p.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 4a edición. México, D. F. 217 p.

Garwood, N. 1989. Tropical soil seed banks: a review: In Allesio, M., T. Parker, and R. Simpson. (eds). *Ecology of soil seed banks*. United States of America: Academic Press. 149-204 p.

Gillespie, A. J. R. 2004. *Pinus patula* Schiede & Deppe. *Pino patula*, ocote. International Institute of Tropical Forestry (IITF). United States Department of Agriculture (USDA), Forest Service [En línea]. Disponible en <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Pinuspatula.pdf>. (revisado el 15 de diciembre, 2012)

Godefroid, S., S. Phartyal, and N. Koedam. 2006. Depth distribution and composition of seed banks under different tree layers in a managed temperate forest ecosystem. *Acta Oecologica* 29: 283-292.

Godínez-Ibarra, O., G. Ángeles-Pérez, L. López-Mata, E. García-Moya, J. I. Valdez- Hernández, y A. Trinidad-Santos. 2007. Lluvia de semillas y emergencia de plántulas de *Fagus grandifolia* Subsp. *mexicana* en la Mojonera, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 117-128.

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 Schltdl. & Cham. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33: 297-304.

Grubb, P. J. 1977. The maintenance of species richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological Review* 2: 107-145.

Guzmán-Grajales, S. M. and L. R. Walker. 1991. Differential seedling responses to litter after Hurricane Hugo in the Luquillo experimental forest, Puerto Rico. *Biotropica*, 23: 407–414.

Hamrick, J. L. and J. M. Lee. 1987. Effect of soil surface topography and litter cover on the germination, survival, and growth of musk thistle (*Carduus nutans*). *American Journal of Botany* 74: 451–457.

Harold, W. y Jr. Hocker .1984. Introducción a la biología forestal. Primera edición en español. ACT Editor S. A. México. 446 p.

Harper, J. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London, New York. 891 p.

Hawley, R. C. y D. M. Smith 1982. Silvicultura práctica. Segunda edición. Editorial Omega, Barcelona, España. 544 p.

Herrera, C. M., P. Jordano, L. López-Soria, and J. A. Amat. 1994. Recruitment of a mast-fruiting, bird-dispersed tree: bridging frugivore activity and seedling establishment. *Ecological Monographs* 64: 315-344.

Higo, M., A. Shinohara, and S. Kodama. 1995 The regeneration behavior of major component species in the secondary forest dominated by *Pinus densiflora* and *Quercus serrata* in central Japan. *Forest Ecology and Management* 76: 1-10.

Howe, F. H. and J. Smallwood. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 201-228.

Horvitz, C. C. and D. W. Schemske. 1994. Effects of dispersers, gaps and predators on dormancy and seedling emergence in a tropical herb. *Ecology* 75: 1949-1958.

Hulme, P. E. 2002. Seed-eaters: Seed dispersal, destruction and demography. In: D. J. Lye, W. R. Silva, and M. Galetti (eds) *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*. CBA International, Wallingford. 257–273 p.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1988. *Atlas Nacional del Medio Físico*. INEGI. México. 224 p.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2013. *Clima, Hidalgo*. Disponible en <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/hgo/territorio/clima.aspx?tema=me&e=13> (revisado el 10 de abril de 2013).

Ishengoma, R. C., P. R. Gillah, and S. Iddi. 1995. Basic density tracheid length and strength properties of juvenile and mature wood of *Pinus patula* grown in Tanzania”. *South African Forestry Journal* 172: 19-23.

Jordano, P., F. Pulido, J. Arroyo, J. L. García-Castaño, y P. García-Fayos. 2004. Procesos de limitación demográfica. En: Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 229-248 p.

Kang, H. 1999. Variations in the seed production of *Pinus densiflora* trees. Korean Journal of Biological Sciences 3: 29–39.

Karlsson, C. and G. Orlander. 2000. Soil scarification shortly before a rich seed fall improves seedling establishment in seed tree stands of *Pinus sylvestris*. Scandinavian Journal of Forest Research 15: 256-266.

Kerr, G., P. Gosling, G. Morgan, V. Stokes, V. Cunningham, and M. Parratt. 2008. Seed production and seedling survival in a 50-year-old stand of Corsican pine (*Pinus nigra* subsp. *laricio*) in Southern Britain. Forestry 81: 525-554.

Keyes, C. R. and D. A. Maguire. 2007. Seed rain of ponderosa pine beneath partial overstories. New Forests 34: 107–114.

Keyes, C. R., D. A. Maguire, and J. C. Tappeiner. 2009. Recruitment of ponderosa pine seedlings in the Cascade Range. Forest Ecology and Management 257: 495–501.

Koskela, J., J. Kuusipalo, and W. Sirikul. 1995. Natural regeneration dynamics of *Pinus merkusii* in northern Thailand. Forest Ecology and Management 77: 169-179.

Lee, C. S., J. H. Kim, H. Yi, and Y. H. You. 2004. Seedling establishment and regeneration of Korean red pine (*Pinus densiflora* S. et Z.) forests in Korea in relation to soil moisture. Forest Ecology and Management 199: 423–432.

Leyva, L. J. C. 2010. Evaluación de la regeneración natural en rodales mezclados de pinos en San Pedro el Alto, Zimatlán Oaxaca. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados, Montecillo Texcoco, Edo. de México. 83p.

Li, Y. B., P. Mou, T. M. Wang, and J. Ge. 2012. Evaluation of regeneration potential of *Pinus koraiensis* in mixed pine-hardwood forests in the Xiao Xing'an Mountains, China. *Journal of Forestry Research* 23: 543-551.

Mari, E. K. A. y M. E. Galassi. 2010. ¿Factores ambientales o herbivoría controlan la emergencia de plántulas en un bosque fluvial del río Paraná. *Interciencia* 35: 605-612.

Marks, G. L. 1974. The role of pin cherry (*Prunus pensylvanica* L.) in the maintenance of stability in northern hardwood ecosystems. *Ecological Monographs* 44: 73-88.

Martínez-Ramos, M. and A. Soto-Castro. 1993. Seed rain and advanced regeneration in a tropical forest. *Plant Ecology* 108: 299-318.

Martínez-Morales, M. A. 1998. Efectos de la fragmentación del bosque mesófilo de montaña en el este de México. CONABIO. Reporte final. Convenio número FB595/R137/98. 16 p.

Mendizábal-Hernández, L. del C., H. Cruz-Jiménez, R. J. Márquez, y A. Y. Jácome. 2009. Potencial productivo de un huerto semillero de *Pinus patula* Schl. et Cham., en potrero de García, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 2: 21-26.

Moles, A. T. and M. Westoby. 2004. What do seedlings die from, and what are the implications for evolution of seed size? *Oikos* 106: 193-199.

Monroy, C. R. 1995. *Pinus patula* Schl. et Cham., en México. Folleto técnico num. 29. División Forestal. INIFAP. 145 p.

Murcia, C. 1996. Forest fragmentation and the pollination of neotropical plants. In Schelhas, J. R. Greenberg (eds). *Forest patches in tropical landscapes*. Island Press, Washington, D. C. 19-36 p.

Musálem, M. 1984. Effect of environmental factors on regeneration of *Pinus montezumae* Lamb., in temperate forest of México. Ph. D. Dissertation, Yale University, Connecticut, USA. 262 p.

Musálem, S. M. A. y A. M. Fierros. 1996. Curso de silvicultura de bosques naturales. Departamento de Ecología y Silvicultura. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 158 p.

Oliver, C. D. and B. C. Larson. 1990. Forest stand dynamics. McGraw-Hill, New York. 467 p.

Ortega, P. N. 1990. Evaluación de áreas de regeneración natural de pino en la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 56 p.

Pacheco, A. E. 2011. Depredación de conos de *Pinus patula* Schl. et Cham, por la ardilla gris *Sciurus aureogaster* en el área forestal de Santiago Comaltepec, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de la Sierra Juárez, Oaxaca, México. 39 p.

Paiz, G. M. R. 1994. Factores que afectan la regeneración natural de *Pinus oocarpa* Schiede en un bosque seco de la Brea, Guatemala. Tesis de maestría, Centro Agronómico tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 96 p.

Pakeman, R. J. and J. L. Small. 2005. The role of the seed bank, seed rain and the timing of disturbance in gap regeneration. *Journal of Vegetation Science* 16: 121-130.

Penhalver, E. F. and W. Matovani. 1997. Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 20: 205-220.

Pérez-Fernández, M. A. and J. M. Gómez-Gutiérrez. 2000. Cycles of dormancy and germination in seeds of six leguminous Mediterranean shrubs. *Journal of Mediterranean Ecology* 1: 227-236.

Perry, J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Inc. Portland, Oregon. 231 p.

Pratt, D. W., R. A. Black, and B. A. Zamora. 1984. Buried viable seed in a ponderosa pine community. *Canadian Journal of Botany* 62: 44-52.

Prieto, R. J. A. y J. Martínez A. 1993. Análisis de conos y semillas en dos áreas semilleras de *Pinus cooperi*. SARH, INIFAP, Centro de Investigación Regional del Norte Centro. Campo experimental “Valle de Guadiana”. Folleto científico N° 1, Durango, México. 18 p.

Price, D. T., N. E. Zimmermann, P. J. Van Der Meer, M. J. Lexer, P. Leadley, I. T. M. Jorritsma, J. Schaber, D. F. Clark, P. Lasch, S. McNulty, J. WU, and B. Smith. 2001. Regeneration in gap models: priority issues for studying forest responses to climate change. *Climatic Change* 51: 475-508.

Ramírez-Marcial, N., M. González-Espinoza, y P. F. Quintana-Ascencio. 1992. Banco y lluvia de semillas en comunidades sucesionales de bosque de Pino-Encino de los Altos de Chiapas, México. *Acta Botánica Mexicana* 20: 59-75.

Rey, P. J. and J. M. Alcántara. 2000. Recruitment dynamics of a fleshy fruited plant (*Olea europea*): connecting patterns of seed dispersal to seedling establishment. *Journal of Ecology* 88: 622-633.

Rojo, A. y Montero G. 1996. El pino silvestre en la Sierra de Guadarrama. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España. 293 p.

Sacchi, C. F. and P. W. Price. 1992. The relative roles of abiotic and biotic factors in seedling demography of arroyo willow (*Salix lasiolepis*: Salicaceae). *American Journal of Botany* 79: 395-405.

Salinas-Rodríguez, A., B. Manrique-Espinoza, and S. G. Sosa-Rubí. 2009. Análisis estadístico para datos de conteo: aplicaciones para el uso de los servicios de salud. *Salud pública de México* 51: 397-406.

SARH. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1994. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. Inventario Forestal. Periódico del estado de Hidalgo. Capítulo II. Marco Estatal 42 p.

Seiwa, K. and K. Kikuzawa. 1996. Importance of seed size for the establishment of seedlings of five deciduous broad-leaved tree species. *Vegetatio* 123: 51–64.

Siepielski, A. M. and C. W. Benkman. 2008. Seed predation and selection exerted by a seed predator influence subalpine tree densities. *Ecology* 89: 2960-2966.

Smith, D. M. 1986. The practice of silviculture. 8a edición. John Wiley and Sons. New York. 544 p.

Smith, D. M., B. C. Larson, M. J. Kelty, and P. M. S. Ashton. 1997. The practice of silviculture: applied forest ecology. John Wiley and Sons, New York. USA. 537 p.

Shibata, M. and T. Nakashizuka. 1995. Seed and seedling demography of four co-occurring *Carpinus* species in a temperate deciduous forest. *Ecology* 76:1099-1108.

Shimada, T. and T. Saitoh. 2003. Negative effects of acorns on the wood mouse *Apodemus speciosus*. *Population Ecology* 45: 7–17

Spurr, S. H. y B. V. Barnes. 1982. Ecología forestal. A.G.R. México, D.F. 690 p.

Stanger, T., B. Dvorak, and G. Hodge. 2002. Variation and genetic control of basic wood density in *Pinus patula* grown in South Africa [En línea]. Disponible en http://www.tapps.co.za/archive/APPW2002/Title/Variation_and_genetic_control/_variation_and_genetic_control_.html (revisado el 10 enero, 2013).

Stiles, E. W. 2000. Animals as seed dispersers. In: Fenner, M. (eds) Seeds: the ecology of regeneration in plant communities. CAB International, Wallingford, 111–124 p.

Svenning, J. C. 2000. Small Canopy gaps influence plant distributions in the rain forest understory. *Biotropica* 32: 252-261.

Uhl, C., K. Clark, H. Clark, and P. Murphy. 1981. Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro region of the Amazon Basin. *Journal of Ecology* 69: 631-649.

Válio, I. F. M. and F. M. Scarpa. 2001. Germination of seeds of tropical pioneer species under controlled and natural conditions. *Brazilian Journal of Botany* 24: 79-84.

Vander Wall, S. B. 2008. On the relative contributions of wind vs. animals to seed dispersal of four Sierra Nevada Pines. *Ecology* 89:1837–1849.

Vela, G. L. y R. Hernández S. 1968. Influencia de la luz solar directa sobre el crecimiento de las plantas en vivero de *Pinus patula* Schl. et Cham. y *Pinus montezumae* Lamb. Boletín Técnico N° 24, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México, D.F. 15 p.

Vela, G. L. 1980. Contribución a la ecología de *Pinus patula* Schl. et Cham. Tesis profesional Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional México. D. F. 171 p.

Velasco-García, M. V., J. López-Upton, G. Ángeles-Pérez, J. Vargas-Hernández, y V. Guerra-de la Cruz. 2007. Dispersión de semillas de *Pseudotsuga menziesii* en poblaciones del centro de México. *Agrociencia* 41: 121-131.

Velázquez, M. A. 1984. Estudio de algunos factores que influyen en la regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl., en Zoquiapan, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 123 p.

Velázquez, M. A., M. A. Musálem, M. R. Keyes, y G. L. Zárate. 1986. Influencia del tratamiento al suelo y la condición de la apertura del dosel en el establecimiento inicial de la regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl. *Agrociencia* 64: 147-170.

Velázquez-Martínez, A., G. Ángeles-Pérez, T. Llanderal-Ocampo, A. R. Román-Jiménez, y V. Reyes-Hernández. 2004. Monografía de *Pinus patula*. Comisión Nacional Forestal, México. 124 p.

Vose, J. M. and A. S. White. 1987. Processes of understory seedling recruitment 1 year after prescribed fire in an Arizona *ponderosa Pine* community. *Canadian Journal of Botany* 65: 2280-2290.

Williams, C. E., M. V. Lipscomb, J. W. Carter, and E. T. Nilsen. 1990. Influence of leaf litter and soil moisture regime on early establishment of *Pinus pungens*. *American Midland Naturalist* 124: 142–152.

Wormald, P. J. 1975. *Pinus patula*. Tropical Forestry Paper N° 7. Tropical Forestry Institute. Commonwealth Forestry Institute. Oxford, England 172 p.

Xiong, S. and C. Nilsson. 1999 .The effects of plant litter on vegetation: A meta-analysis. *Journal of Ecology* 87: 984-994.

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 Botánica Mexicana* 36: 1-13.

Zimmerman, J. K., J. B. Pascarella, y T. M. Aide. 2000. Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico. *Restoration Ecology* 8: 350-360.

CAPITULO 6. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de datos para lluvia de semillas (a), emergencia de plántulas (b) y reservorio de semillas en el suelo (c) aplicando el modelo de regresión Poisson con en el programa “R”.

a)

Coeficientes					
	Estimador	Error estándar	Valor z	Pr(> z)	
Intercepto	0.6678	0.1132	5.898	3.68E-09	***
Tratsin	0.8636	0.135	6.397	1.58E-10	***
Códigos de significancia: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1					

b)

Coeficientes					
	Estimador	Error estándar	Valor z	Pr(> z)	
Intercepto	-0.9808	0.2582	-3.799	0.0001	***
Tratsin	1.9363	0.2762	7.011	2.4E-12	***
Códigos de significancia: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1					

c)

Coeficientes					
	Estimador	Error estándar	Valor z	Pr(> z)	
Intercepto	-0.47	0.2	-2.35	0.0188	*
Tratsin	0.5188	0.2526	2.054	0.04	*
Códigos de significancia: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1					

Anexo 2. Análisis de los datos para emergencia y mortalidad de plántulas con el procedimiento LIFETEST (SAS 9.0).

Estrato 1: TRAT = SCM															
Estimadores de supervivencia de la tabla de vida															
Intervalo		Numero de fallados	Numero de censurados	Tamaño efectivo de la muestra	Probabilidad condicional de fallo	Error estándar de la probabilidad condicional	Supervivencia	Fallo	Error estándar de la supervivencia	Supervivencia residual de la mediana	Error estándar de la mediana	Evaluado en el punto medio del intervalo			
Inferior	Superior											PDF	Error estándar del PDF	Riesgo	Error estándar del riesgo
0	5	4	0	15	0.2667	0.1142	1	0	0	.	.	0.0533	0.0228	0.06154	0.030403
5	10	0	0	11	0	0	0.7333	0.2667	0.1142	.	.	0	.	0	.
10	15	2	0	11	0.1818	0.1163	0.7333	0.2667	0.1142	.	.	0.0267	0.0176	0.04	0.028142
15	20	1	0	9	0.1111	0.1048	0.6	0.4	0.1265	.	.	0.0133	0.0129	0.02353	0.023489
20	25	0	0	8	0	0	0.5333	0.4667	0.1288	.	.	0	.	0	.
25	30	0	0	8	0	0	0.5333	0.4667	0.1288	.	.	0	.	0	.
30	35	0	1	7.5	0	0	0.5333	0.4667	0.1288	.	.	0	.	0	.
35	40	0	4	5	0	0	0.5333	0.4667	0.1288	.	.	0	.	0	.
40	45	0	0	3	0	0	0.5333	0.4667	0.1288	.	.	0	.	0	.
45	.	0	3	1.5	0	0	0.5333	0.4667	0.1288

Estrato 2: TRAT = SSM															
Estimadores de supervivencia de la tabla de vida															
Intervalo		Numero de fallados	Numero de censurados	Tamaño efectivo de la muestra	Probabilidad condicional de fallo	Error estándar de la probabilidad condicional	Supervivencia	Fallo	Error estándar de la supervivencia	Supervivencia residual de la mediana	Error estándar de la mediana	Evaluado en el punto medio del intervalo			
Inferior	Superior											PDF	Error estándar del PDF	Riesgo	Error estándar del riesgo
0	5	61	6	99	0.6162	0.0489	1	0	0	4.0574	0.4078	0.1232	0.00978	0.1781	0.020418
5	10	26	1	34.5	0.7536	0.0734	0.3838	0.6162	0.0489	3.3173	0.5648	0.0579	0.00927	0.24186	0.03778
10	15	3	0	8	0.375	0.1712	0.0946	0.9054	0.0306	10	7.0711	0.0071	0.00397	0.09231	0.051855
15	20	1	0	5	0.2	0.1789	0.0591	0.9409	0.0251	7.5	1.8634	0.0024	0.00234	0.04444	0.044169
20	25	3	0	4	0.75	0.2165	0.0473	0.9527	0.0227	3.3333	1.6667	0.0071	0.00397	0.24	0.110851
25	30	1	0	1	1	0	0.0118	0.9882	0.0117	.	.	0.0024	0.00234	0.4	0

Resumen del número de valores censurados y no censurados					
Estrato	TRAT	Total	Fallados	Censurados	Porcentaje censurados
1	SCM	15	7	8	53.33
2	SSM	102	95	7	6.86
total		117	102	15	12.82

Test	Chi-cuadrado	DF	Pr>Chi-cuadrado
Log-Rank	25.0558	1	<.0001
Wilcoxon	9.7132	1	0.0018
-2Log(LR)	74.6601	1	<.0001