

INCREMENTO EN BIOMASA Y SUPERVIVENCIA DE UNA PLANTACIÓN DE *Pinus hartwegii* Lindl. EN ÁREAS QUEMADAS

J. N. Ortíz-Rodríguez; D. A. Rodríguez-Trejo

División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.
Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230.

RESUMEN

En el año 2002 se aplicaron quemaduras prescritas a dos intensidades (alta y baja) y en dos épocas (marzo y mayo) en bosques abiertos de *Pinus hartwegii* Lindl., en el volcán Ajusco, D. F. También se dejó un testigo, para cada época. En julio del mismo año, se plantaron 450 árboles, correspondientes a dos tamaños (grandes y pequeños). El presente estudio consistió en la evaluación de la supervivencia e incremento de esos árboles tres años después de su plantación. Se registró la supervivencia en toda la plantación y se obtuvo una muestra destructiva de 30 plantas para determinar biomasa. La probabilidad de mortalidad se estimó mediante un modelo logístico. Para el análisis de las demás variables se utilizó el análisis de varianza y la comparación de medias con prueba de diferencia mínima significativa. La probabilidad de mortalidad de los árboles testigo no mostró diferencias con respecto al de las quemaduras prescritas en el mes de mayo, pero fue menor que la de los tratamientos del mes de marzo, aduciendo tal respuesta a la competencia más temprana en el mismo, toda vez que las plantaciones no fueron chaponeadas, así como una mayor cobertura y menor presencia de especies nodriza en las áreas quemadas en el mes de marzo. Respecto al incremento, no hubo efecto en los tratamientos. Su valor fue de 8.5 g-año⁻¹ en biomasa total.

PALABRAS CLAVE: reforestación, restauración, quemaduras prescritas, uso del fuego, calidad de planta.

BIOMASS INCREMENT AND SURVIVAL OF A *Pinus hartwegii* PLANTATION ON BURNED AREAS

SUMMARY

In the year 2002 prescribed fire treatments were applied on open *Pinus hartwegii* Lindl., forests in the Ajusco volcano, south of Mexico City, Mexico. The treatments consisted of two fire-intensities: high and low, and two seasons of fire application: March and May, plus an unburned control (one per season). In July of the same year were planted 420 seedlings of two size categories (big and small). In this work were evaluated the survival and biomass increment of such trees three years after plantation establishment. It was recorded the survival in all of the forest plantation and a 30 trees sample was gathered to determine biomass. The mortality probability was estimated with a logistic model. The analysis of variance and the least significant difference test were utilized for the other variables. The probability of mortality of the trees in the control did not show differences with the trees in the May burns, but it was lower than that of the March burns. Such response in the March treatments was adduced to the earlier competition, for the competition in the forest plantation was not eliminated, also to a higher understory cover and to a lesser abundance of nurse shrubs. There was no effect of treatments on tree growth. The total biomass increment was equal to 8.5 g-yr⁻¹.

KEY WORDS: Reforestation, restoration, prescribed burns, use of fire, seedling quality.

INTRODUCCIÓN

El fuego es un factor natural de suma importancia en los ecosistemas forestales. Al emplearse de manera adecuada brinda beneficios al entorno natural y humano. No obstante, de acuerdo con Rzedowski (1978), los incendios forestales han ocasionado profundos cambios en la vegetación forestal en México, modificando la composición

de los estratos e inclusive, ocasionando su destrucción. Lo anterior se relaciona con la alteración de los regímenes de fuego (Shlisky *et al.*, 2007). Durante 2004 hubo 1,653 incendios forestales en el Distrito Federal, ubicándose en primer lugar nacional en cuanto a número de incendios. La superficie afectada fue de 1,651 ha (CONAFOR, 2004).

Puesto que los bosques de *Pinus hartwegii* marcan el

límite altitudinal de la vegetación arbórea en México (Rzedowski, 1978), y son mantenidos por un régimen de fuego (Rodríguez, 1996), es necesario analizar los beneficios potenciales que se derivan del mismo. Técnicas como la quema prescrita, aplicadas antes de realizar una plantación, permiten determinar el efecto del fuego en la supervivencia y crecimiento de los árboles. Así, se puede tener mayor probabilidad de éxito con plantaciones establecidas en áreas incendiadas. Flores y Benavides (1995) y Velázquez *et al.* (1986) afirman que la aplicación de fuego a baja intensidad propicia la regeneración de *Pinus hartwegii*, *P. patula* y *P. michoacana*.

Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del fuego en la supervivencia e incremento de una plantación de tres años, con dos calidades de planta, de *Pinus hartwegii* Lindl. en áreas quemadas a diferentes intensidades y épocas.

Se plantea la hipótesis que las áreas quemadas representan un ambiente tan o más adecuado para la supervivencia y crecimiento iniciales de los árboles que las áreas no quemadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se localiza en el paraje Cerro Panza, en el volcán Ajusco, Distrito Federal; a una altura de 3,550-3,600 m. Presenta una pendiente de 55 % y exposición NO. En la zona de estudio, en el año 2002, se estableció un experimento que consistió en realizar quemas prescritas de alta y baja intensidad en los meses de marzo y mayo, más un testigo no quemado, sobre parcelas de 0.6 a 0.75 ha de superficie. Posteriormente, el 26 de julio de 2002, en cada tratamiento y en el testigo se estableció una plantación de *Pinus hartwegii* con dos tamaños de planta según el diámetro del tallo: grande (8 a 12 mm) y chica (5 a 7 mm), con un total de 15 árboles por parcela para cada calidad de planta y se establecieron tres repeticiones de cada una. Los árboles, 450 en total, fueron plantados en marco real, a una distancia de 3 m entre sí. La planta fue producida en el Vivero San Luis Tlaxialtemalco, del Gobierno de la Ciudad de México, con semilla procedente del Ajusco y en contenedores de 93 cm³. En 2002 se extrajeron 30 muestras

de la plantación para evaluar calidad de planta y quedaron en total 420 en campo, para realizar el presente trabajo. Esta investigación es continuación al trabajo realizado por Ortega y Rodríguez (2007), quienes evaluaron la plantación a seis meses de establecida (Cuadro 1).

Obtención de datos

En la etapa de campo se determinó la supervivencia de 420 árboles distribuidos en los tratamientos con fuego y el testigo. Los árboles plantados no recibieron manejo alguno, como chaponeo, desde su establecimiento. Hacia 2005 se extrajeron al azar 30 plantas para valorarlas en laboratorio, dos por calidad de planta, por cada una de las tres repeticiones de los cinco tratamientos.

En laboratorio se midieron las siguientes variables morfológicas: diámetro al cuello de la raíz, longitud del brote principal y la longitud de la raíz principal. Con la finalidad de realizar un análisis de biomasa, los árboles se seccionaron en cuatro partes: raíz principal, raíces laterales, tallo y ramas y follaje; posteriormente se pusieron en una estufa de secado a 80 °C hasta obtener peso constante; y se calculó la biomasa anhidra de las secciones mencionadas y de las partes aérea, subterránea y la total.

Modelo estadístico

La probabilidad de mortalidad se evaluó con un modelo de regresión logística, según la temporada de aplicación e intensidad del fuego. El modelo usado es el siguiente (Hosmer y Lemeshow, 2000):

$$P = \frac{1}{1 + e^{(-a-bx)}} \quad (1)$$

Donde:

P = probabilidad de mortalidad

e = base de los logaritmos naturales (2.7182)

a, b = parámetros del modelo

x = variable independiente

CUADRO 1. Distribución de la planta usada

Tratamiento	Repeticiones	Clases de calidad de planta	Plantas por repetición	Total de planta por tratamiento
Testigo	3	2	14	84
Quema en marzo a baja intensidad	3	2	14	84
Quema en marzo a alta intensidad	3	2	14	84
Quema en mayo a alta intensidad	3	2	14	84
Quema en mayo a baja intensidad	3	2	14	84
Total				420

Para el análisis estadístico de la biomasa y las variables morfológicas se utilizó un modelo simple lineal, con base en las muestras de las parcelas, con el fin de representar las interacciones entre tratamientos aplicados y las variables morfológicas medidas a tres años. El modelo utilizado fue el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad (2)$$

Donde:

y_{ijk} = variable de respuesta

$i = 1, \dots, 5$

$j = 1, 2$

$k = 1, \dots, 3$

μ = media general

α_i = efecto del i-ésimo nivel del factor tratamiento de quema (con cinco niveles: alta y baja intensidad en marzo; alta y baja intensidad en mayo; testigo).

β_j = efecto del j-ésimo nivel del factor de calidad de planta (con dos niveles: chica y grande).

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto asociado a la interacción del i-ésimo factor de tratamiento de quema y el k-ésimo nivel de calidad de planta.

ϵ_{ijk} = error experimental.

El programa utilizado para el análisis estadístico fue SAS (Statistical Analysis System), v. 8.00 para microcomputadoras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Supervivencia de los árboles plantados

Analizando cada combinación de época de aplicación del fuego e intensidad, incluyendo el testigo, se encontraron diferencias significativas entre las áreas tratadas con fuego y las no quemadas ($P \leq 0.0414$). Los porcentajes de supervivencia encontrados en los tratamientos de mayo y en el testigo son similares, e incluso superiores (en el caso del testigo), a la media porcentual de supervivencia de las plantaciones forestales establecidas en el Distrito Federal cuyo valor es 46.5 % (Anónimo, 2003). De acuerdo con el análisis de regresión logística, la razón de momios (es decir, la probabilidad de ocurrencia, sobre la de no ocurrencia) de que los árboles plantados en las áreas quemadas no sobrevivan es 1.65 veces mayor que los plantados en el testigo. Los valores de p encontrados al analizar la supervivencia, para cada combinación entre los tratamientos y el testigo, se muestran en el Cuadro 2.

Por otro lado, se encontró que existen diferencias significativas en cuanto a la temporada de aplicación del fuego ($P \leq 0.0178$), mas no para la intensidad del mismo ($P \leq 0.2133$). La Figura 1 muestra la supervivencia registrada.

CUADRO 2. Valores de p entre cada comparación de tratamientos.

Comparación	p	Razón de momios
T - Mz A	0.0425	1.9
T - Mz B	0.0047	2.52
T - My A	0.7574	1.10
T - My B	0.2145	1.47
Mz A - Mz B	0.4021	0.75
My A - My B	0.3500	0.74
Mz A - My A	0.0842	0.57
Mz B - My A	0.0112	0.43
Mz A - My B	0.4228	0.77
Mz B - My B	0.1031	0.58

T: testigo; MzA: Quema en marzo a alta intensidad; MzB: Quema en marzo a baja intensidad; MyA: Quema en mayo a alta intensidad; MyB: Quema en mayo a baja intensidad.

Seis meses después de establecida la plantación, la supervivencia registrada por Ortega y Rodríguez (2007) hacia el año 2002, fue: testigo no quemado (93.3 %); quemas en marzo a baja intensidad (87.7 %), alta intensidad (78.8 %); quemas en mayo a alta intensidad (61.1 %), y a baja intensidad (58.8 %); tales valores difieren notablemente de los que se hallaron en la presente investigación (tres años después); en donde los tratamientos de marzo ahora registran la menor supervivencia y el de mayo a alta intensidad, la más alta. El testigo mantuvo la misma tendencia.

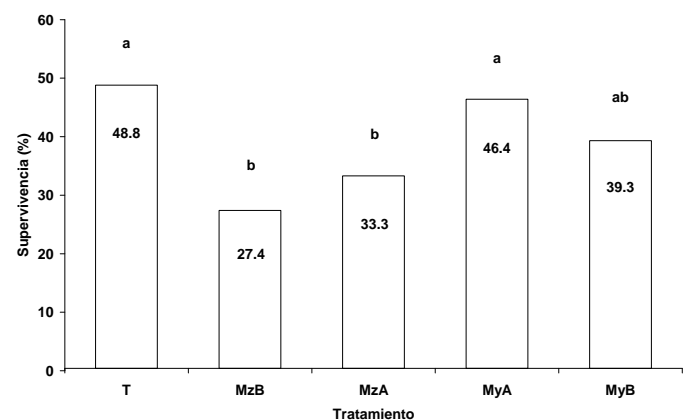


FIGURA 1. Supervivencia de *Pinus hartwegii* Lindl. tres años después de establecida la plantación. Barras con la misma letra no tuvieron diferencias significativas entre sí. T: testigo; MzA: Quema en marzo a alta intensidad; MzB: Quema en marzo a baja intensidad; MyA: Quema en mayo a alta intensidad; MyB: Quema en mayo a baja intensidad.

Autores como Elliott y Vose (1995); y Rodríguez (2000), mencionan que los factores limitativos (competencia, humedad, temperatura, nutrimentos, etc.) que afectan a los brinzales, varían su importancia, unos con respecto a otros, año con año. En este caso se puede suponer que las diferentes condiciones de competencia han sido el factor de cambio más relevante en todos los tratamientos a lo largo de los años, mas no se descarta que las condiciones de baja temperatura y otras, hayan ocasionado una modificación en las tendencias de la supervivencia.

Supervivencia en el testigo

La supervivencia registrada a tres años en el sitio no quemado (testigo) puede deberse principalmente al efecto protector de los estratos arbustivo y herbáceo presentes en el lugar al momento de la plantación y durante el tiempo transcurrido hasta ahora. Los componentes de estos estratos posiblemente proporcionaron protección contra viento y bajas temperaturas, condiciones necesarias para el establecimiento de los brinzales (Whelan, 1997). Cabe resaltar que después de un año de monitorear el sotobosque de la misma área testigo, lo que corresponde a un año de edad de la plantación, Martínez y Rodríguez (2008) reportan valores de densidad y cobertura superiores a los de los tratamientos con quema; pero en cuanto al estrato arbustivo *Lupinus mexicanus* y *Penstemon gentianoides*, especies consideradas como nodrizas para *Pinus hartwegii* registran valores de importancia superiores al 50 %; y una densidad y cobertura de 0.14 m⁻² y 23.2 cm²·m⁻², respectivamente. En cuanto a herbáceas, *Festuca tolucensis* registró más del 60 % del valor de importancia (Martínez y Rodríguez, 2008), sin embargo, a pesar de que los zacates son considerados grandes competidores de *P. hartwegii*, aparentemente entre ellos pudieron quedar micrositios favorables para el establecimiento de los brinzales.

Es posible que al no haberse aplicado fuego, las especies ya establecidas no se encontraban bajo ninguna condición notable de estrés que pudiese incrementar los niveles de competencia subterránea (por agua y nutrimentos), para recuperar biomasa aérea, entre éstas y los pinos; tal situación, aunada a lo ya mencionado, pudo favorecer la supervivencia de árboles en el sitio.

Supervivencia en los tratamientos de quema en mayo a baja y alta intensidad

Se debe considerar que la plantación se realizó en julio de 2002, una vez establecido el periodo de lluvias, por tanto queda un breve espacio de mes y medio entre la aplicación del fuego y la plantación, tiempo insuficiente para que la vegetación del sotobosque se recuperara, lo cual a la postre favoreció a los brinzales plantados en estos tratamientos, pues no se encontraron en desventaja competitiva, pudiendo aprovechar de manera más eficiente la humedad y la radiación solar necesarias para su

crecimiento. Sin embargo, Ortega y Rodríguez (2007) refieren una menor supervivencia inicial de los árboles plantados en los tratamientos de mayo, lo que se puede relacionar con la falta de cubierta protectora con especies del sotobosque que atenúen el efecto de vientos desecantes y temperaturas bajas.

Martínez y Rodríguez (2008), mencionan que las áreas quemadas a baja intensidad requieren por lo menos de tres meses para que la diversidad vegetal del sotobosque se recupere; así mismo registró un año después de la aplicación del fuego, para los estratos herbáceo y arbustivo en el mismo tratamiento, valores de densidad promedio (28 m⁻²) que, en contraste con la densidad registrada en los tratamientos de quema en marzo (41 m⁻²), resultan inferiores; tal situación pudo representar una menor condición de competencia, situación que se puede asemejar con los valores promedio de cobertura de hierbas y arbustos en los tratamientos de mayo (4,183.1 cm²·m⁻²), que fueron inferiores a los de marzo (5,940.1 cm²·m⁻²). En el estrato arbustivo los principales representantes fueron *Penstemon gentianoides* y *Lupinus mexicanus*, cuyos valores de importancia fueron 46 y 21 % respectivamente, con lo cual es probable que hayan existido mayor número de micrositios en los tratamientos de mayo a alta intensidad y por lo tanto mayor supervivencia de *P. hartwegii* a tres años de establecida la plantación. De manera semejante, también para la región del Ajusco, Bonfil *et al.* (2000), reportan una mayor supervivencia de plántulas de un año de *Quercus* sp. como resultado de la presencia de plantas nodriza (*Buddleia cordata* H.B.K.).

Supervivencia en los tratamientos de quema en marzo a baja y alta intensidad

Posiblemente la razón por la cual se encontró menor supervivencia, a tres años, con respecto al tratamiento de mayo a alta intensidad y el testigo es porque existió un lapso mayor entre la aplicación del fuego (marzo) y la plantación de los árboles (julio), aproximadamente cuatro meses, tiempo suficiente para que la vegetación se haya recuperado bastante como para presentar mayor competencia por los recursos disponibles. Según Rodríguez (1996), en bosques de *P. hartwegii* que se han incendiado, inmediatamente después del disturbio los zacates como *Muhlenbergia macroura* rebrotan vigorosamente a partir de rizomas. Lo anterior denota que la vegetación del sotobosque al ser sometida a algún disturbio reacciona de tal manera que a las plantas de *P. hartwegii* les resultó casi imposible competir con el rápido crecimiento y propagación de estas especies, mermando su supervivencia.

Para estos tratamientos la presencia de una mayor cobertura en etapas iniciales de la plantación (seis meses), significó mayor supervivencia de los brinzales de *P. hartwegii* (Ortega y Rodríguez, 2007); sin embargo, dicha situación resultó contraproducente al paso del tiempo debido al incremento de la competencia. El tratamiento de quema en

marzo a alta intensidad presentó los máximos valores de densidad a los tres, seis, nueve y 12 meses, lo cual pudo contribuir a una menor supervivencia de los árboles eventualmente. En contraste, es necesario destacar la menor presencia de especies potencialmente nodrizas, como las ya mencionadas.

Causas de mortalidad

En general las condiciones del sitio, tanto topográficas como meteorológicas, implican restricciones para el establecimiento de cualquier plantación, lo que puede incrementar la mortalidad. Tampoco se debe olvidar que factores como la procedencia de la semilla y la calidad de planta obtenida en vivero pueden repercutir en el éxito o fracaso obtenido en las reforestaciones. Por ejemplo, Anónimo (2003) reporta como principales causas de mortalidad, en las plantaciones establecidas en el Distrito Federal, la inadecuada técnica de plantación y, en segundo término, la competencia con el estrato herbáceo.

Se considera que para la zona del Ajusco el periodo de heladas y las condiciones de sequía fueron los tipos de estrés que más afectaron la supervivencia de *Pinus montezumae*. Así mismo, Musálem (1984) sostiene que la supervivencia de las plantas más jóvenes se merma en un periodo crítico que inicia en octubre y termina a finales de mayo, ya que en este lapso existen condiciones de bajas temperaturas (heladas), alta radiación solar y sequía; Burdett (1990) menciona que el estrés hídrico es la característica más común que afecta la supervivencia de los árboles plantados recientemente.

Inicialmente, a seis meses de establecida la plantación, Ortega y Rodríguez (2007) destacan el efecto protector del sotobosque para propiciar protección y originar mayor supervivencia en las áreas quemadas en marzo, en comparación con las quemadas en mayo a alta intensidad, pues en estas últimas el sotobosque era más joven (las plantaciones fueron establecidas en julio).

Aunque se considera que, en general, las bajas temperaturas del área de estudio afectaron la supervivencia, en el presente trabajo se hallaron distintos factores limitativos que operan en diferentes momentos sobre la supervivencia

de los árboles en las condiciones de estudio, además de un cambio en las tendencias de mortalidad halladas a seis meses de la reforestación.

La intensidad e importancia de diferentes factores limitativos es distinta a través de las estaciones y los años. Por ejemplo, Elliott y Vose (1995) anotan que plántulas de *Pinus strobus* L. tuvieron al nitrógeno como el recurso más limitativo para el crecimiento un año, pero al siguiente la luz fue el factor limitativo más relevante.

A los tres años de la plantación, las áreas tratadas con fuego en mayo a alta intensidad mostraron la mayor supervivencia, lo que se puede deber a menor competencia relacionada con un sotobosque más joven, menor cobertura y mayor cuantía de especies arbustivas nodriza, con respecto a las áreas tratadas con fuego en marzo. El testigo no tuvo diferencias en supervivencia con las áreas quemadas en mayo, probablemente a causa de un efecto protector del sotobosque alrededor de la cepa, mismo que aparentemente perduró a través del tiempo.

Variables morfológicas

Tres años después de haber sido plantadas, las muestras extraídas no exhibieron diferencias significativas para diámetro al cuello de la raíz ($P=0.2553$), altura del brote principal ($P=0.9667$), ni para longitud de la raíz principal ($P=0.8734$), entre los tratamientos (Cuadro 3). Los valores de peso anhidro de cada sección de la planta se muestran en el Cuadro 4.

Incremento en biomasa a través del tiempo

Existen diferencias significativas de todas las mediciones de peso anhidro con relación al tiempo ($P=0.0001$), mas no se encuentran diferencias con relación a la calidad de planta ni a la interacción entre ambos. Los valores respectivos de p se muestran en el Cuadro 5.

El peso seco antes de la plantación y tres años después se muestra en el Cuadro 6. Los valores promedio de incremento anual en biomasa, para cada sección de la planta, se presentan en el Cuadro 7.

CUADRO 3. Valores promedio, por tratamiento, de las variables morfológicas.

Tratamiento	Diámetro al cuello de la raíz (mm)	Longitud del brote principal (cm)	Longitud de la raíz principal (cm)
Testigo	20.3	13.3	21.1
Quema en marzo a baja intensidad	17.7	16.0	24.4
Quema en marzo a alta intensidad	21.2	15.2	25.8
Quema en mayo a alta intensidad	14.9	16.1	21.3
Quema en mayo a baja intensidad	18.2	15.8	21.8

CUADRO 4. Valores promedio de peso anhidro, por tratamiento.

Tratamiento	Follaje	Tallo y ramas	Raíz principal	Raíces laterales	Total
Testigo	6.99	7.00	5.52	7.89	27.39
Quema en marzo a baja intensidad	12.63	7.61	5.11	5.37	30.73
Quema en marzo a alta intensidad	11.78	7.39	5.99	8.41	33.57
Quema en mayo a alta intensidad	8.33	6.73	3.51	4.40	22.96
Quema en mayo a baja intensidad	9.41	10.27	5.18	6.94	31.79

CUADRO 5. Valores de p para el crecimiento en biomasa.

Fuente	Po-F	Po-TR	Po-RP	Po-RL	Po-A	Po-S	Po-T
Calidad	0.3086	0.2384	0.5286	0.5232	0.2588	0.5098	0.3150
Tiempo	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Calidad*Tiempo	0.3062	0.2250	0.4480	0.3657	0.2513	0.3787	0.2702

Po=peso anhidro; F=follaje; TR=tallo y ramas; RP=raíz principal; RL=raíces laterales; A=aéreo; S=subterráneo; T=total.

CUADRO 6. Valores promedio de peso anhidro al momento de la plantación y tres años después.

Sección	Peso anhidro 0 años (g)	Peso anhidro 3 años (g)
Follaje	2.63	9.82
Tallo y ramas	0.19	7.8
Raíz principal	0.31	5.06
Raíces laterales	0.75	6.59
Parte aérea	2.82	17.62
Parte subterránea	1.06	11.66
Total	3.89	29.28

CUADRO 7. Incremento medio anual en biomasa para cada sección de la planta.

Sección	Incremento medioanual (g)
Follaje	2.40
Tallo y ramas	2.54
Raíz principal	1.58
Raíces laterales	1.95
Parte aérea	4.93
Parte subterránea	3.53
Total	8.47

CONCLUSIONES

Tres años después de establecida la plantación de *Pinus hartwegii* Lindl., la supervivencia de los árboles fue superior en las áreas no quemadas (testigo) y en el tratamiento de mayo a alta intensidad, en comparación con la registrada en los tratamientos de marzo.

La ausencia de fuego propició, probablemente y a pesar de la competencia interespecífica, la protección ante las condiciones restrictivas del sitio, como vientos desecantes y temperaturas bajas. A su vez, las quemadas de mayo a alta intensidad aparentemente implicaron competencia para los árboles pero también protección ante factores restrictivos como exposición a vientos helados, observándose en estos sitios una supervivencia semejante a la de las áreas no quemadas.

De lo anterior se desprende destacar la importancia del manejo de las plantaciones, en especial a través de prácticas como el chaponeo, para reducir la competencia interespecífica y aumentar la supervivencia de los árboles. Lo anterior independientemente de si se trata de restaurar un área bajo un régimen de fuego alterado o bien al reforestar un área previa preparación del sitio mediante el uso de quemadas prescritas. En el presente estudio, el incremento tanto de las variables morfológicas como en biomasa, no mostró diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO, 2003. Evaluación externa del Programa Nacional de Reforestación en Distrito Federal. UAM. En: www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/evaluaciones/documentos_evaluacion.htm. Fecha de consulta: 23/05/05.
- BONFILS., C.; H. RODRÍGUEZ V.; PEÑAM R. 2000. Evaluación del efecto de las plantas nodrizas en el establecimiento de una plantación de *Quercus* L. Revista Ciencia Forestal en México. 25(88): 59-73.
- BURDETT, A. N. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. Canadian Journal Forest Research 20: 415-427.
- CONAFORT (COMISIÓN NACIONAL FORESTAL). 2004. Incendios forestales, Resultados 2004. CONAFOR, SEMARNAT. México.
- ELLIOTT, K. J.; VOSE, J. M. 1995 Evaluation of the competitive environment for white pine (*Pinus strobus* L.) seedlings planted on

- prescribed burn sites in the southern Appalachians. *Forest Science* 41(3): 513-530.
- FLORES G., J. G.; BENAVIDES S., J. 1995. Efectos de las quemas prescritas sobre algunas características del suelo en un rodal de pino. *Ciencia Forestal en México* 20(77): 113-128.
- HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S. 2000. *Applied logistic regression*. Wiley. New York. 392 p.
- MARTÍNEZ H., H. C.; RODRÍGUEZ T., D. A. 2008. Species Diversity after prescribed burns at different intensities and seasons in a high altitude *Pinus hartwegii* forest. *Interciencia* 33: 337-344.
- MUSÁLEM S., M. A. 1984. Effect of environmental factor on regeneration of *Pinus montezumae* Lamb., in a temperate forest of Mexico. Ph. D. Dissertation. Yale University. Conn. 244 p.
- ORTEGAB., V.; RODRÍGUEZ T., D. A. 2007. Supervivencia y crecimiento iniciales y concentración de nutrimentos de *Pinus hartwegii* plantado en localidades quemadas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13(2): 115-124.
- RODRÍGUEZ T., D. A. 1996. *Incendios Forestales*. Mundi-Prensa. México, D. F. 640 p.
- RODRÍGUEZ T., D. A. 2000. Reforestation technology to restore Longleaf pine forests. Ph. D. Dissertation. University of Florida. 144 p.
- RZEDOWSKI, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México. 432 p.
- SHLISKY, A.; WAUGH, J.; GONZÁLEZ, P.; GONZÁLEZ, M.; MANTA, M.; SANTOSO, H.; ALVARADO, E.; NURUDDIN, A. A.; RODRÍGUEZ TREJO, D. A.; SWATY, R.; SCHMIDT, D.; KAUFMANN, M.; MYERS, R.; ALENCAR, A.; KEARNS, F.; JOHNSON, D.; SMITH, J.; ZOLLNER, D.; FULKS, W. 2007. Fire ecosystems and people: Treats, and strategies for global biodiversity conservation. G.F.I. Technical Report 2007-2. The Nature Conservancy. Arlington, Virginia. 20 p.
- VELÁZQUEZ M., A.; MUSÁLEM S., M. Á.; KEYES, M. R.; ZARATE, G. P. 1986. Influencia del tratamiento al suelo y la condición de apertura del dosel en el establecimiento inicial de la regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl. *Revista Agrociencia* 64: 147-170.
- WHELAN, R. J. 1997. *The Ecology of Fire*. Cambridge University Press. Cambridge. 343 p.