

SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO INICIALES Y CONCENTRACIÓN DE NUTRIMENTOS DE *Pinus hartwegii* PLANTADO EN LOCALIDADES QUEMADAS

V. Ortega-Baranda; D. A. Rodríguez-Trejo

División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.
C. P. 56230. Correo-e: dantearturo@yahoo.com

RESUMEN

Este trabajo se desarrolló en el volcán Ajusco, D. F., en áreas con cuatro tratamientos de quemas prescritas (combinaciones de quemas en marzo y mayo a baja y alta intensidad), así como un testigo no quemado, donde se plantaron árboles de dos calidades (planta grande y planta chica) de *Pinus hartwegii* Lindl. Éstos fueron evaluados a seis meses de la plantación en supervivencia, diámetro, biomasa y concentración foliar de nitrógeno, fósforo y potasio. Se halló que las quemas prescritas en marzo a baja intensidad, no afectaron negativamente la supervivencia de los árboles, y representaron ventaja en términos de biomasa. La planta grande presentó mayores concentraciones de potasio al cabo de seis meses, lo que aunado a su mayor porte la hace particularmente apta para ambientes con bajas temperaturas y limitaciones de humedad.

PALABRAS CLAVE: plantaciones, reforestación, incendios, crecimiento, *Pinus hartwegii*.

INITIAL SURVIVAL, GROWTH AND NUTRIENT CONCENTRATION OF *Pinus hartwegii* PLANTED ON BURNED SITES

SUMMARY

This work was conducted at the Ajusco volcano, D.F., Mexico, on areas with four prescribed burning treatments (combinations of March and May burns and high and low fire intensity), plus a non burnt control. On these areas were planted *Pinus hartwegii* seedlings, corresponding to two seedling-qualities: big seedlings and small seedlings. Such seedlings were evaluated after six months, recording survival, diameter, biomass and foliar concentration of nitrogen, phosphorous and potassium. It was found that low intensity March prescribed burns did not affect negatively the tree survival. The trees planted on such treatment had higher biomass. The bigger seedlings had higher potassium foliar concentrations after six months. This last, added to their larger size make them more appropriate for low temperature and moisture limitative environments.

KEY WORDS: forest plantations, reforestation, wildfires, *Pinus hartwegii*, growth.

INTRODUCCIÓN

El fuego es un factor ecológico en diversos ecosistemas forestales, como los pinares, pero los regímenes de fuego alterados ya sea con incendios demasiado frecuentes o con su exclusión temporal que deriva en eventos más intensos y severos, pueden contribuir a la deforestación. En tales escenarios la reforestación, como parte medular de la restauración de ecosistemas forestales, juega un papel preponderante.

Una de las alternativas para reducir el problema de los regímenes de fuego alterados, radica en el uso de quemas prescritas a baja intensidad. Chandler *et al.* (1983) denotan que las quemas prescritas son la aplicación (relativamente) controlada del fuego con combustibles silvestres, en su estado natural o modificado, bajo condiciones ambientales específicas (climáticos, tipo de combustible, etc.) que llevan a confinar el fuego a un área predeterminada (definida y delimitada) y, al mismo tiempo, producir una intensidad calorífica y tasa de propagación requerida para atender

objetivos planeados de manejo de recursos naturales.

Las quemas de baja intensidad mejoran la productividad del suelo, cuando las características de éste lo permitan, no sólo por el aumento de su contenido de nutrientes, también favoreciendo los microorganismos. Las quemas muy intensas, abaten la productividad al afectar adversamente diversas propiedades del suelo, como en el caso del cocimiento de suelos muy arcillosos; en bosques poco densos el viento y el agua pueden erosionar las cenizas y el suelo, produciéndose una salida de nutrientes del área, esto es especialmente importante en las localidades abiertas, con fuertes pendientes (Rodríguez, 1996).

Además de facilitar las labores de plantación mediante la reducción de obstáculos (como arbustos densos) con las quemas prescritas, se trata de obtener el efecto de fertilización por el enriquecimiento con los minerales de las cenizas, producto de la combustión. El fuego ayuda a la transformación de la materia orgánica en nutrientes asimilables (DeBano *et al.*, 1998), y las quemas incrementan la cantidad de nutrientes disponibles en la superficie del suelo (como potasio, calcio, magnesio y fósforo), con la posible excepción del nitrógeno, para que distintos estudios reporten pérdida significativa, pérdida pequeña, o no afectación (Chandler *et al.*, 1983). El nitrógeno disponible dependerá de la calidad del sitio, los tiempos de descomposición de la materia orgánica y la frecuencia de los incendios, entre otros factores ya que los sitios con mayor índice de incendios tienden a reducir su productividad (Walstad *et al.*, 1990).

La pérdida de fósforo, se da en muy pequeña proporción con relación a la pérdida de nitrógeno (Walstad *et al.*, 1990), el fósforo es otro de los elementos fácilmente volatilizables. Una quema puede remover hasta 60 % del mismo (Flores y Benavides, 1993).

DeBano *et al.* (1998) mencionan que el potasio es un elemento muy estable y que difícilmente se volatiliza en los sitios quemados, probablemente este catión no aumenta directamente el crecimiento de la planta pero su composición determina la saturación de las bases, las cuales juegan un papel importante en los regímenes de control del suelo. Asimismo, Walstad *et al.* (1990) señalan que la pérdida de potasio es grande en una quema de alta intensidad por la convección del elemento que es luego depositado en forma de cenizas. Sin embargo, Aguirre (1978) anota aumentos en potasio luego de quemas prescritas en bosques de *Pinus hartwegii*. Cabe recordar que las distintas tendencias referidas por diversos autores se pueden deber a factores como tipo y fertilidad del suelo, así como la época e intensidad del fuego.

Por otra parte, la calidad de planta es un conjunto de indicadores que se evalúan y que juegan un papel importante para el establecimiento, supervivencia y crecimiento de las plantaciones (tanto comerciales como de restauración); sin

embargo, la calidad debe visualizarse de dos formas: la primera, con relación a alcanzar ciertos estándares normalmente morfológicos y fisiológicos en el vivero, y la segunda, consiste en comprobar estadísticamente tales estándares en campo (Fierros *et al.*, 2001).

La calidad del brinzal depende de las características genéticas del germoplasma (propiedades intrínsecas) y de las técnicas utilizadas para su reproducción en el vivero (características extrínsecas), esto se refleja en la capacidad para aclimatarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación (Prieto, *et al.* 1999).

La información sobre el crecimiento de árboles de especies nacionales, plantados tanto en el escenario de áreas incendiadas, como en el de sitios preparados mediante quemas prescritas, es escasa. Por lo anterior, el objetivo general de este trabajo fue: determinar estándares de calidad de planta de *Pinus hartwegii* Lindl. producida en vivero para evaluar su comportamiento en áreas naturales de la especie, quemadas en diferentes épocas e intensidades, así como determinar la concentración foliar de nitrógeno, fósforo y potasio y la influencia del fuego en la misma.

La hipótesis planteada es que en los escenarios con quemas prescritas de baja intensidad aplicadas hasta marzo, no resultan menos favorables para el establecimiento de árboles plantados, que las localidades no incendiadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la Sierra del Ajusco, al sur de la ciudad de México. El proyecto se localiza en el paraje Cerro Panza, cerca del Valle del Tezontle, a 3,600 m. El clima de la Sierra del Ajusco es templado subhúmedo con lluvias en verano (Guzmán, 1999), presenta variedad de pendientes en sus laderas, con numerosas cañadas y pequeños arroyos temporales. Los suelos son litosoles y andosoles, según la clasificación FAO/UNESCO (CETENAL, 1979).

En este estudio se analizaron los efectos del fuego y la calidad de planta en la supervivencia, crecimiento y concentración foliar de nitrógeno, fósforo y potasio en *Pinus hartwegii*. En el caso del fuego se consideraron cinco condiciones, que corresponden a quema prescrita a baja intensidad (por la mañana, en contra de viento y pendiente) e incendio confinado (alta intensidad, por la tarde, a favor de viento y pendiente), ambos tanto a media temporada de incendios (21 marzo de 2002) como ya avanzada la misma (29 de mayo de 2002), además de un testigo no quemado. Así, los tratamientos fueron:

- Quema en marzo a baja intensidad
- Quema en marzo a alta intensidad

- Quema en mayo a baja intensidad
- Quema en mayo a alta intensidad
- Testigo no quemado

Se consideraron dos calidades de planta: planta chica (diámetro=5 a 7 mm) y planta grande (diámetro=8 a 20 mm), así como la medición de otras variables morfológicas que indicaron planta de calidad (y que se explica en el siguiente párrafo). Las quemas prescritas se aplicaron en cuatro áreas con *Pinus hartwegii* de baja densidad (300 a 700 árboles·ha⁻¹) de 2 a 8 m de altura. Se abrieron con antelación brechas cortafuego de 3 m de ancho alrededor de cada una de las parcelas quemadas y se aprovechó una línea negra existente. Para la realización de las quemas prescritas se contó con la autorización de CONAFOR, D. F., el Gobierno de la Ciudad de México, y la Comunidad de San Miguel y Santo Tomás Ajusco, poseedora de los terrenos, además de la participación de brigadas de las dos primeras organizaciones. Cada parcela tuvo una superficie aproximada de 0.75 ha, con exposición noroeste. Los combustibles fueron superficiales, como zacates, hierbas, leñas, arbustos, con una carga media de 12.2 t·ha⁻¹. En el complejo de combustibles prevalecieron los materiales finos (zacate, hojarasca de pino), ocupando 73.5 % de la carga. La pendiente fue de 55 %. El comportamiento del fuego se muestra en el Cuadro 1.

Los brinzales de *Pinus hartwegii* fueron proporcionados por la Comisión de Recursos Naturales (CORENA) del Gobierno de la Ciudad de México, producidos en el vivero de San Luis Tlaxialtemalco, con semilla procedente del Ajusco, sembrada el 17 de agosto de 2001. La planta contaba con 11 meses de edad al momento de realizar las mediciones en vivero. Las características que se tomaron a cada uno de los brinzales seleccionados para este estudio fueron las siguientes: a) el llenado de raíces en las seis costillas que por diseño tiene el contenedor (y que evita que las raíces laterales se enrollen); b) el cepellón debió tener 80 % del llenado de la cavidad por raíces secundarias; c) cada brinzal tuvo que presentar puntos de crecimiento en la parte terminal de las raíces, de otro modo no se hubieran aceptado; d) Presencia de micorrizas.

La plantación se realizó el 26 de julio de 2002, con la técnica de cepa común, las dimensiones de la cepa fueron

de 30 X 30 X 30 cm, con una distancia entre plantas de 3 m y una distancia entre líneas igual a 3 m. Se plantaron 450 árboles en marco real. Cada unidad experimental, por tratamiento con fuego, constó de 15 plantas con tres repeticiones, para cada una de las dos calidades de planta (15X3X2X5= 450).

En los brinzales de *Pinus hartwegii* se realizaron mediciones de diámetro en la base, peso seco de: raíz principal, raíces laterales, tallo-yema, y follaje. A partir de los pesos secos de las partes, se calcularon peso seco de las partes aérea, subterránea y total.

Después de seis meses de establecida la plantación se extrajeron tres brinzales del campo para las dos categorías diamétricas de los cinco tratamientos y de las tres repeticiones, sumando un total de 30 plantas. A esta muestra se le realizó la medición de: diámetro, análisis de biomasa y concentración de nutrientes en el follaje. La supervivencia se determinó en tres líneas con 15 plantas cada una, de cada combinación de tratamientos. Tanto al momento de la plantación como seis meses después, se obtuvo la concentración foliar de nitrógeno, fósforo y potasio. Estas concentraciones fueron determinadas en el Laboratorio Central de la Universidad Autónoma Chapingo.

En el presente trabajo no se estableció un diseño experimental, pues se plantó en las parcelas tratadas con fuego, si bien se contó con repeticiones en cada parcela.

Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de t, a efecto de determinar diferencias entre los tratamientos. Lo anterior mediante el paquete SAS (Statistical Analysis System, 1997, versión 8.0 para microcomputadoras).

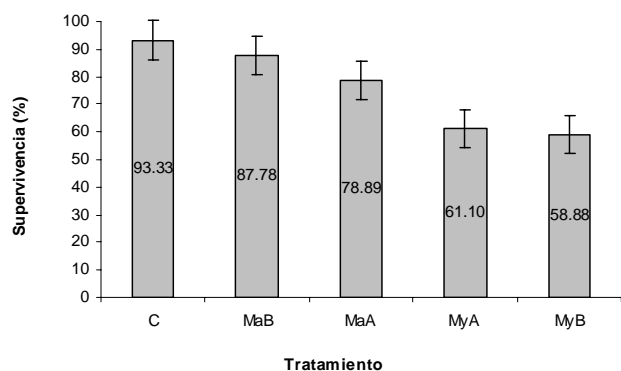
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Supervivencia

Se hallaron diferencias significativas para el tratamiento fuego ($P<0.01$) (Figura 1), pero no para la calidad de planta. La supervivencia del testigo y de la quema prescrita en marzo, fueron mayores que la de los incendios confinados en cualquier época.

CUADRO 1. Características del tiempo atmosférico y comportamiento del fuego al momento de realizar las quemas prescritas e incendios confinados.

Tratamiento	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (km·h ⁻¹)	Dirección dominante del viento	Largo de la llama (m)	Velocidad de propagación (m·min ⁻¹)
MaB	49 - 70	<3.2 - 12.8	este y norte	0.1 - 1.0	< 1 - 1
MaA	30 - 49	<6.4 - 20	norte	0.5 - 6	< 1 - 5
MyB	20 - 25	<2.5 - 4	norte	0.2 - 1.0	< 1 - 1
MyA	12 - 18	<3 - 20	norte	0.25 - 8	< 1 - 80



C: control; MaB: quema prescrita a baja intensidad en el mes de marzo; MaA: incendio confinado (alta intensidad) en el mes de marzo; MyA: incendio confinado (alta intensidad) en el mes de mayo; MyB: quema prescrita a baja intensidad en el mes de mayo.

FIGURA 1. Supervivencia de brinzales por tratamiento a seis meses de establecida la plantación.

La explicación de esta tendencia inicial puede residir en un efecto temporalmente protector ante vientos desecantes y bajas temperaturas, provisto por los abundantes zacates y herbáceas presentes en la zona de estudio. Myers (1992) y Rodríguez y Duryea (2003) definen que el efecto nodriza de arbustos abate las condiciones desecantes y aumentan la supervivencia de *Pinus palustris* de regeneración natural y plantados, respectivamente, en el sureste de los Estados Unidos.

Un efecto semejante pero probablemente sólo inicial puede estarse presentando con *Pinus hartwegii* en el presente trabajo. Sin embargo, los pastos representan una fuerte competencia por luz, agua, y nutrientes para los árboles plantados, y esto con seguridad pronto se reflejará a la supervivencia de la plantación. Whelan (1997) cita que el microclima tiene un impacto significativo para las plantas que se establecen después de una quema, los brinzales son particularmente susceptibles a la baja disponibilidad de humedad (incremento de la evaporación) y a periodos de sequía y a la insolación.

En el caso del presente trabajo, las condiciones más extremas correspondieron a los tratamientos de elevada intensidad. Los sitios con mayor cobertura en el área de estudio es el control y el sitio con quema prescrita a baja intensidad en marzo (Martínez, 2003). Tales tratamientos corresponden a las mejores supervivencias de los *Pinus hartwegii* plantados.

Diámetro

Incremento

Se obtuvieron diferencias significativas con relación a la calidad de planta ($P < 0.05$), la planta grande se mantuvo con mayor diámetro. No se observaron diferencias en los

tratamientos con fuego (Figura 2). Cuevas (1995) quien señala que plantas con diámetros grandes resisten al doblamiento y toleran el daño causado por insectos y animales y exhiben mejor supervivencia; además, la productividad es mayor en plántulas con diámetros más grandes. En diferentes estudios se ha encontrado que los brinzales con mayor diámetro tienen una tasa de supervivencia más alta.

De seguir la tendencia actual, la planta grande alcanzará más pronto el diámetro mínimo que como especie cespitosa requiere para dejar tal estado e iniciar su crecimiento en altura. Tal cifra es de 2 cm en *P. montezumae* según Becerra (1992).

Diferencia de diámetro a través del tiempo

Al comparar los diámetros al final y al inicio del experimento, individualmente en cada tratamiento no se hallaron diferencias en los factores estudiados. En cambio, para los tratamientos con fuego (MaB, MaA, MyA y MyB) hubo diferencias significativas tanto en la calidad de planta como en el tiempo (en todos los casos $P < 0.01$) (Figuras 3 y 4). Acorde con estos resultados, la calidad de planta grande para todos los tratamientos con fuego tuvo un mayor incremento en diámetro al cabo de seis meses de establecida la plantación. Por otra parte, los tratamientos de quema a baja intensidad en los meses de marzo y mayo son los que tienden a presentar un mayor crecimiento. Walstad *et al.* (1990) hacen mención a quemas prescritas realizadas en Oregon, donde después de siete años, se encontró 28 % más de supervivencia, un incremento del 36 % en altura y 68 % en diámetro en *Pseudotsuga menziesii* Mirb. plantados, en contraste con un área no quemada; fue evidente que la cobertura de la vegetación en áreas no quemadas redujo el crecimiento a diferencia de las áreas quemadas.

Biomasa aérea

No se obtuvieron diferencias significativas en lo que respecta a la biomasa de la parte aérea entre los tratamientos considerados.

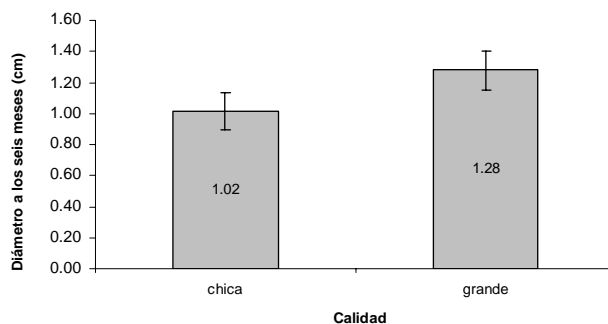


FIGURA 2. Diámetro promedio de la planta por calidad, después de seis meses de establecida la plantación.

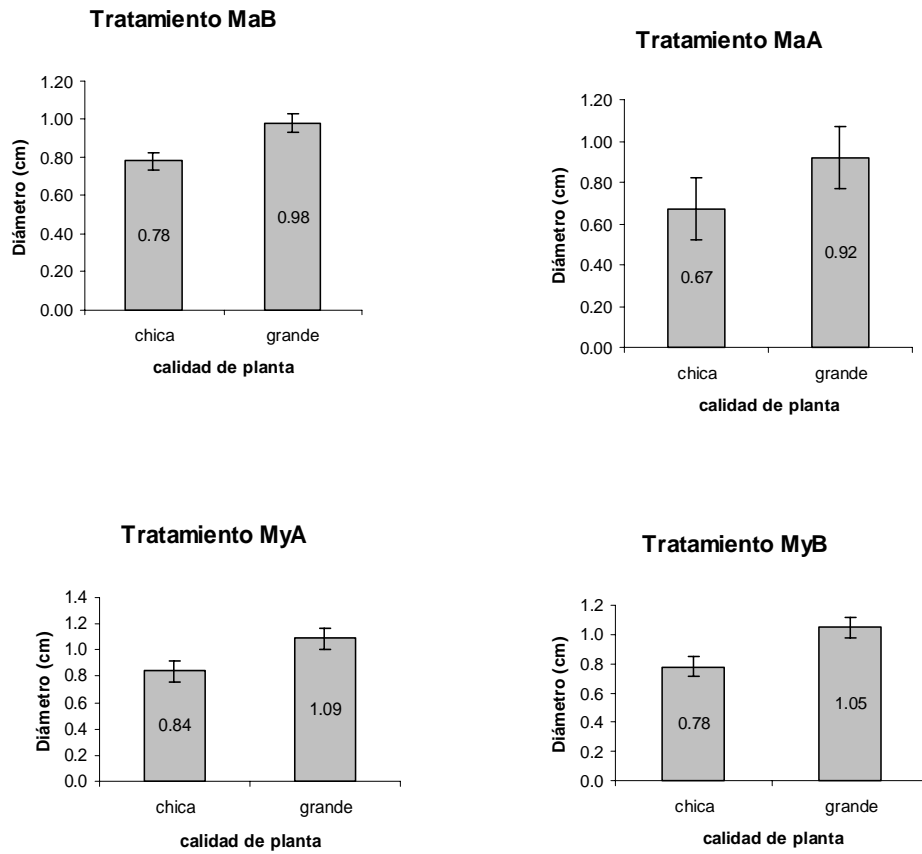


FIGURA 3. Diámetros por calidad de planta para los tratamientos: a) MaB; b) MaA; c) MyA; d) MyB).

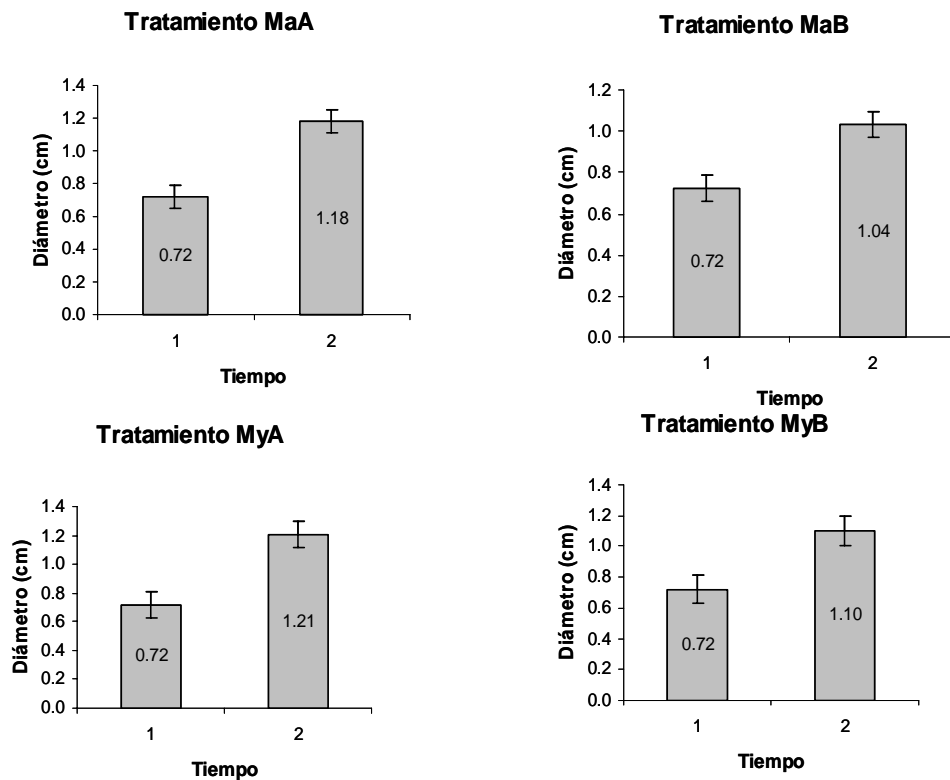


FIGURA 4. Diferencias en diámetro a través del tiempo para los tratamientos: a) MaB; b) MaA; c) MyA; d) MyB).

Diferencia de biomasa de la parte aérea a través del tiempo

No hubo diferencias significativas en el tratamiento MyA para la calidad de planta. Sin embargo, los tratamientos MaB y MyB, si tuvieron diferencias significativas con relación al tiempo ($P<0.05$ en ambos casos) (Figura 5).

Biomasa subterránea

En lo que respecta al tratamiento fuego, no tuvo diferencias estadísticamente significativas, de la misma forma para la calidad de planta. De nueva cuenta, la planta grande aumentó su biomasa. Los tratamientos MaB y MyA tuvieron diferencias significativas ($P<0.01$) con respecto al factor tiempo (Figura 6).

Biomasa total

La biomasa total no mostró diferencias estadísticamente significativas en el tratamiento con fuego al paso de seis

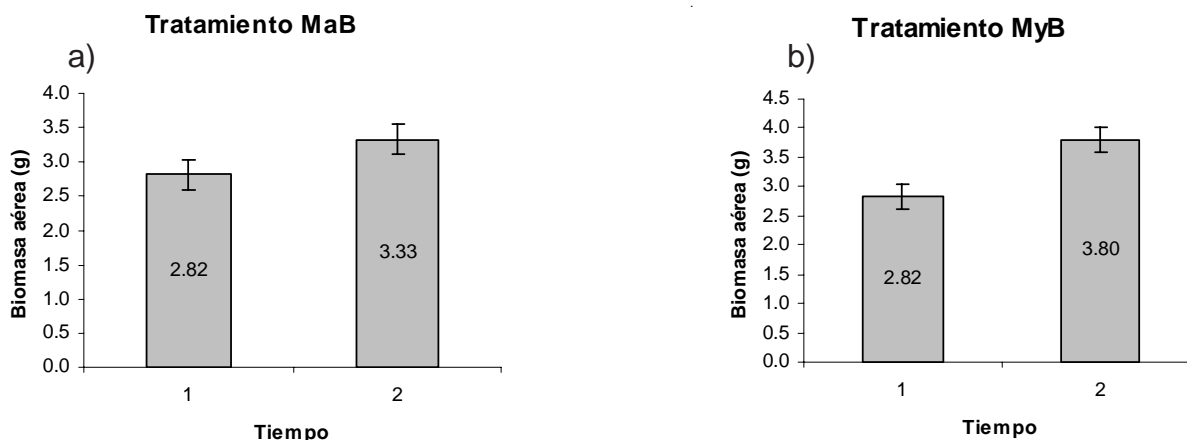
meses de establecida la plantación, ni la calidad de planta. Al comparar la biomasa total a través del tiempo, se tuvieron diferencias significativas ($P<0.01$) debidas al tiempo para los tratamientos: MaB, MyB, MyA (Figura 7). Así mismo, se tuvieron diferencias significativas en la calidad de planta al paso del tiempo para los tratamientos MyB ($P<0.05$) y MyA ($P<0.05$) (Figura 8).

Los resultados anteriores dejan ver diferentes patrones de aumento de biomasa aérea, subterránea o total en diferentes escenarios posfuego, destacando el de quema prescrita a baja intensidad en marzo, que repercute en aumento tanto en biomasa aérea como subterránea y total.

Concentración foliar de nutrimentos

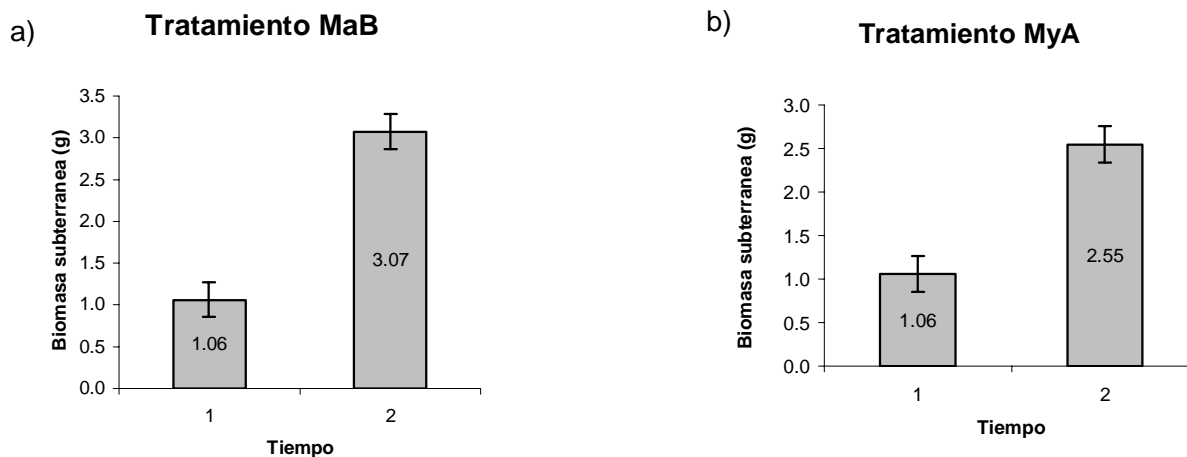
Diferencias de nitrógeno entre tratamientos

No se hallaron diferencias en la concentración foliar de nitrógeno entre tratamientos, que tuvieron valores medios de 0.89 % (testigo), 0.86 % (quema en marzo a baja



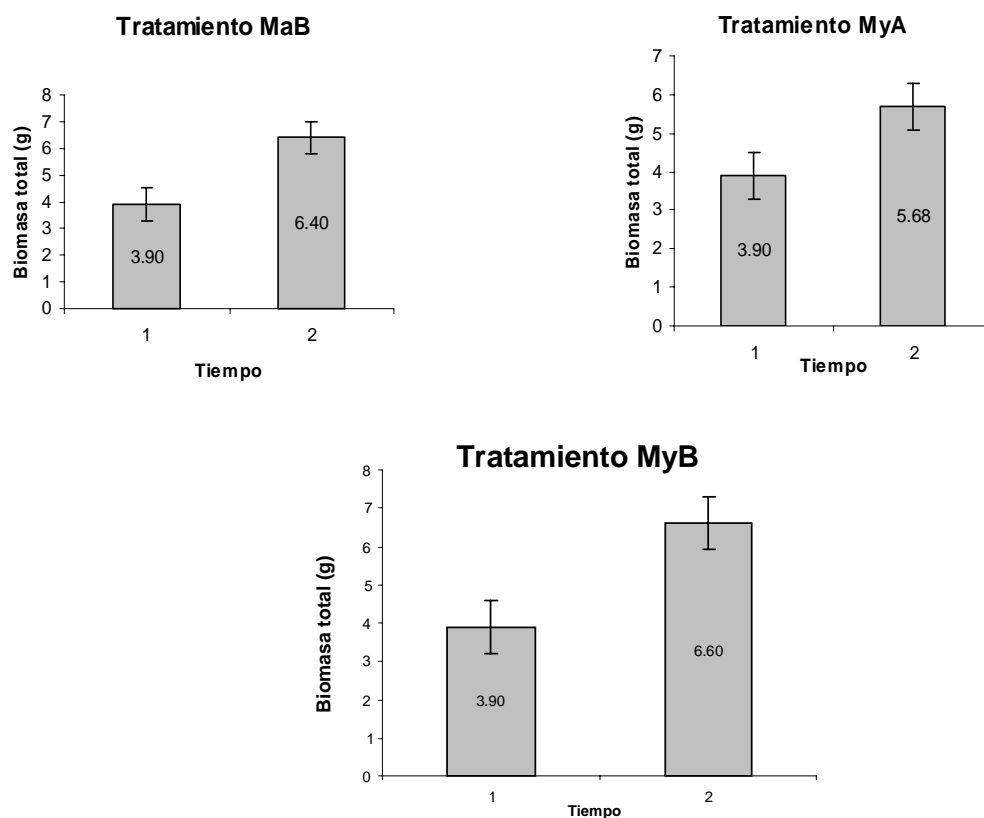
Tiempo: 1=Antes de la plantación; 2=Seis meses después de la plantación.

FIGURA 5. Diferencias en biomasa aérea a través del tiempo, para los tratamientos: a) MaB y b) MyB.



Tiempo: 1=Antes de la plantación; 2=Seis meses después de la plantación.

FIGURA 6. Diferencias estadísticamente significativas, biomasa subterránea a través del tiempo para los tratamientos: a) MaB; b) MyA.



Tiempo: 1=Antes de la plantación; 2=Seis meses después de la plantación.

FIGURA 7. Diferencias estadísticamente significativas en biomasa total a través del tiempo para los tratamientos: a) MaB; b) MyA c) MyB.

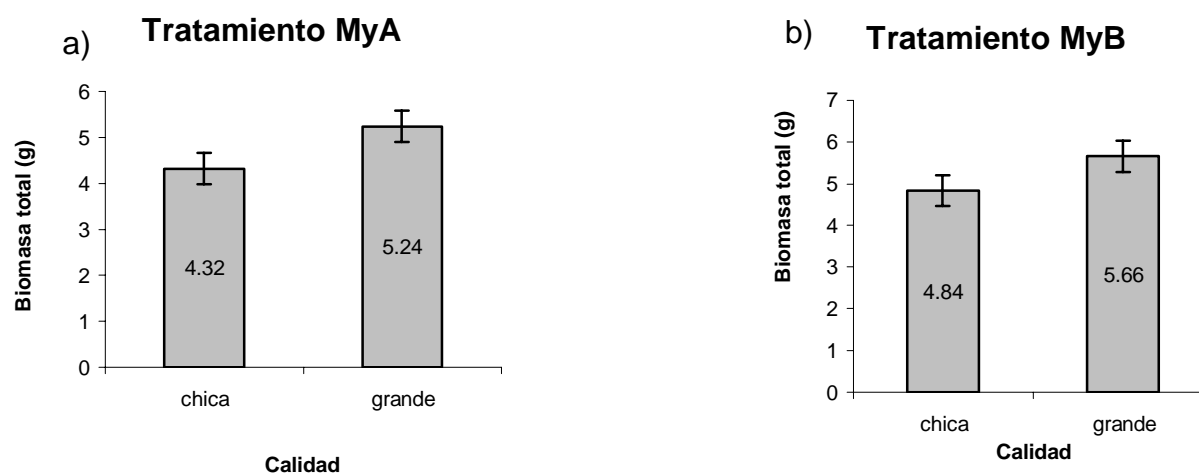


FIGURA 8. Diferencias en biomasa total a través del tiempo por calidad de planta en los tratamientos: a) MyA; b) MyB.

intensidad), 1.23 % (quema en marzo, alta intensidad), 1.04 % (quema en mayo, alta intensidad), y 1.04 % (quema en mayo, baja intensidad). Tampoco se encontraron diferencias entre las calidades de planta analizadas, con 0.94 % para la planta chica y 0.98 % para la grande.

Si bien el nitrógeno es el elemento que se volatiliza primero, Orme y Teege (1976), citados por Chandler *et al.* (1983) refieren que en el norte de Idaho la disponibilidad del

nitrógeno va a depender de la estación del año en que se realice la quema; hallaron que al realizarse quemas de baja intensidad al inicio de la primavera incrementaron las concentraciones de nitrato y amonio en 3 y 1.5 veces respectivamente. En quemas severas el nitrato puede aumentar 20 veces en el periodo y el amonio a tres veces

En el norte de Carolina, Christensen (1977), encontró que sólo 1 % del nitrógeno es adicionado por las cenizas en

el bosque de pino. La ceniza puede actuar como un reservorio gradual de minerales y liberarse de formas variables, pero este reservorio está sujeto a los efectos de la lixiviación. También encontraron en *Pseudotsuga menziesii* que después de seis meses de haber realizado la quema hubo un incremento en nitrógeno amoniacal, pero el nitrógeno nítrico fue bajo durante el primer año de estudio.

Diferencias de nitrógeno a través del tiempo

No se hallaron diferencias para esta variable. Aguirre (1978) encontró que al realizar quemas prescritas en la estación experimental Zoquiapan sobre *Pinus hartwegii*, la pérdida de nitrógeno fue insignificante, y que puede ser subsanada por precipitación y fijación bacteriana.

Robbins y Myers (1992) señalan que existen dos puntos de vista sobre el efecto de la estación de quema en los nutrientes del suelo. Uno sostiene que la pérdida por lixiviación podría ser grande en los sitios quemados a la entrada del invierno, ya que por la dormancia de la vegetación ésta no puede tomar eficazmente los nutrientes. La segunda es que la pérdida podría disminuir durante la parte temprana de la estación de crecimiento, cuando las plantas están fisiológicamente activas y acumulan los nutrientes para el nuevo crecimiento.

Robbins y Myers (1992) sugieren que la variación en la pérdida de nutrientes puede ser debida a diferencias en la estación de quema y responsable de distintos efectos en la productividad de los ecosistemas.

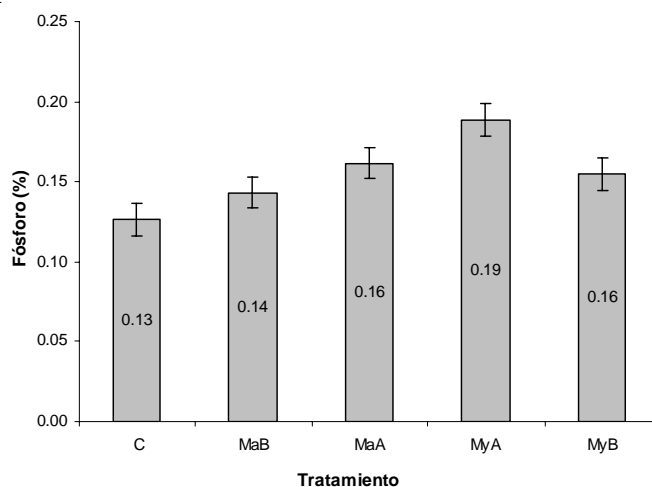
Diferencias de fósforo entre tratamientos

Existen diferencias significativas entre tratamientos con fuego ($P < 0.01$), por otro lado no las hay entre calidades de planta. La concentración de fósforo fue mayor en el incendio confinado de mayo, en comparación con el testigo y la quema prescrita de marzo. No hubo diferencias entre los demás tratamientos (Figura 9). Destaca que las quemas prescritas a baja intensidad en marzo no arrojan un balance negativo con respecto al testigo.

Diferencia de fósforo a través del tiempo

No se observaron. A semejanza del presente estudio en el caso de quemas a alta intensidad, Wagle y Kitchen (1972) mencionan que el fósforo se incrementó 32 % después de una quema en masas de *Pinus ponderosa*. Esto explica que la alta intensidad de algunas quemas prescritas puede acelerar el proceso de descomposición de materiales con fósforo para que éste pueda ser absorbido por las plantas.

Las pérdidas de fósforo que se presentaron en los brinzales del presente trabajo pueden deberse a la variación



C=control; MaB=quema prescrita a baja intensidad en el mes de marzo; MaA=incendio confinado (alta intensidad) en el mes de marzo; MyA=incendio confinado (alta intensidad) en el mes de mayo; MyB=quema prescrita a baja intensidad en el mes de mayo

FIGURA 9. Concentración de fósforo por tratamiento, a seis meses de establecida la plantación.

que existe en las concentraciones de nutrientes por acción de las estaciones del año, como anteriormente se ha comentado para el nitrógeno; sin embargo, Aguirre (1978) menciona que las pérdidas de nutrientes que se presentan por lixiviación, llegan en algunos casos a ser consideradas como serias, sobre todo para el fósforo, potasio y magnesio y dependen fundamentalmente de la naturaleza de los suelos y del comportamiento de la precipitación.

Diferencias de potasio entre tratamientos

Se tuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$), para la calidad de planta (Figura 10); mas no para el tratamiento con fuego. La calidad de planta grande mostró una mayor concentración de potasio con relación a la calidad de planta chica, lo que aunado a su mayor porte le prepara mejor ante un ambiente con bajas temperaturas y limitaciones de humedad relacionadas con el congelamiento del agua, en particular durante el invierno. Lo anterior dado el rol que acorde con Mengel y Kirkby (1987) juega el potasio en la apertura y cierre estomáticos y a la entrada de agua que se da junto con la absorción activa de dicho catión.

Al igual que con los otros nutrientes se apreció una reducción en la concentración de potasio en el control y del resto de tratamientos. La principal tendencia observada fue que al inicio la planta chica tuvo una mayor concentración de potasio, pero seis meses después fue superada por la planta grande. Sin embargo, en ningún caso parece haber niveles menores al control, por lo que el fuego aplicado a las intensidades y en las épocas estudiadas parece no afectar la concentración de este nutriente. No obstante cabe señalar que en los sitios quemados a mayor intensidad, particularmente en mayo, se observó cualitativamente una mayor erosión, que implica también salida de nutrientes.

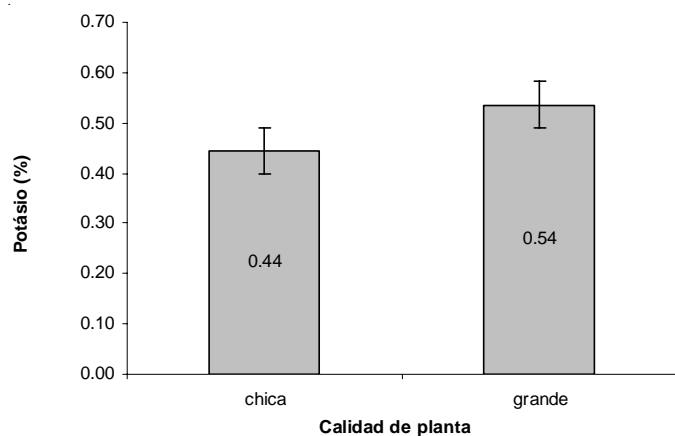


FIGURA 10. Porcentaje de potasio por calidad de planta, a seis meses de establecida la plantación.

CONCLUSIONES

Después de seis meses de establecida la plantación, la supervivencia se vio disminuida en los tratamientos de mayo, indistintamente de la intensidad de la quema. Se tuvo una supervivencia mayor tanto en el control como en la quema prescrita del mes de marzo, lo cual revela la dificultad que representa reforestar en un área incendiada.

La planta de mayor diámetro (≥ 8 mm) puede alcanzar más pronto el diámetro mínimo para dejar el estado cespitoso e iniciar el crecimiento en altura. En general, la planta grande tendió a crecer más que la chica.

La concentración de potasio fue mayor en la planta grande, al término del periodo de evaluación, lo que aunado al mayor tamaño de estas plantas, les puede representar mayor calidad para ambientes fríos y con limitaciones de humedad relacionados con las bajas temperaturas, como el del área de estudio.

En el testigo, la concentración foliar de los nutrientes estudiados se redujo hacia el invierno, en comparación con los niveles iniciales (verano), los que denotan reducciones cuando la planta está relativamente inactiva. La concentración de nutrientes es afectada por la época del año.

No se hallaron concentraciones menores a las del testigo para ninguno de los tres nutrientes evaluados.

Es necesario destacar que la investigación obtuvo datos preliminares con relación a las respuestas que tienen los brinzales de *Pinus hartwegii* en áreas quemadas; sin embargo, el continuar con la obtención de datos después de una o varias etapas de crecimiento aumentará la información sobre la supervivencia y el crecimiento de *Pinus hartwegii*.

AGRADECIMIENTOS

A la comunidad de San Miguel y Santo Tomás Ajusco, por autorizar la conducción del experimento en sus tierras. A CONACYT, proyecto de instalación I35626-B y a la Universidad Autónoma Chapingo, por su apoyo al Proyecto Ajusco, sobre ecología y manejo integral del fuego, al cual el presente trabajo pertenece. A CONAFOR y al Gobierno de la Ciudad de México, por su autorización y apoyo operativo para realizar las quemas prescritas experimentales y al Gobierno de la Ciudad de México por donar la planta para realizar el estudio.

LITERATURA CITADA

- AGUIRRE B., C. 1978. Efecto del fuego en algunas características y propiedades de suelos forestales. Tesis Profesional. Departamento de Bosques, Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 270 p.
- BECERRA L., F. 1992. Consideraciones sobre el estado cespitoso y la emisión de brotes en *Pinus montezumae* Lamb. Resumen Seminario. Programa Forestal, C. P. Montecillo, México. 1 p.
- CETENAL (CENTRO DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL). 1979. Carta edafológica. Esc. 1:50,000.
- CHANDLER, G.; CHENEY, P.; THOMAS, P.; TRABAUD, L. 1983. Fire in Forestry Vol. 1. Forest fire behavior and effects. John Wiley & Sons. New York. 450 p.
- CHRISTENSEN N., L. 1977. Fire and soil-plant nutrient relations in a pine-wiregrass savanna on the coastal plain of North Carolina. *Oecologia* 31: 27-44.
- CUEVAS R., A. R. 1995. Viveros forestales. Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias. Publicación especial Núm. 3. Coyoacán, Méx. 24 p.
- DEBANO, L. F.; NEARY, D. G.; FFOLLIOTT, P. F. 1998. Fire's effects on ecosystems. John Wiley & Sons. New York. 333 p.
- FIERROS G., A. M., RODRÍGUEZ T., D. A., LEYVA, A. L., VARGAS C., R., SOSAC., V. 2001. Ejecución de proyectos de plantaciones. En: SOSAC., V., FIERROS G., A. M. Manual. Notas Curso de Especialización en Plantaciones Forestales Comerciales. CONFORA. México, D. F. pp. 71-246.
- FLORES G., G.; BENAVIDES S, J. de D. 1993. Las quemas prescritas una alternativa en el manejo integral forestal. Folleto técnico Núm. 3. SARH, INIFAP. Guadalajara Jalisco.
- GUZMÁN G., G. 1999. Evaluación de riesgo de degradación en el Ajusco. Tesis de Licenciatura. Depto. de Agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México 78 p.
- MARTÍNEZ H., C. 2003. Sinecología del fuego en el sotobosque de *Pinus hartwegii*. Tesis M. C. Programa forestal. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. 190 p.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. 1987. Principles of plant nutrition. 4th ed. International Potash Institute. Bern. 687 p.
- MYERS R., L. 1992. Sub and high pine. In: MYERS R. L.; EWEI, J. J. (eds.). Ecosystems of Florida. University of Central Florida Press. Orlando, Florida. pp. 150-193.
- ORME M., L.; TEEGE T., A. 1976. Emergence and survival of redstem (*Ceanothus sanguineus*) following prescribed burning. Proc. Tall Timbers Fire Ecol. Conf. 14: 391-420.
- PRIETO R., J.; VERA C., G.; MERLÍN B., E. 1999. Factores que influyen en la calidad de brinzalez y criterios para su evaluación en el vivero. INIFAP, SAGAR. Durango, Dgo. México. Folleto

técnico Núm. 12. 23 p

- ROBBINS E., L.; MYERS R. L. 1992. Seasonal effects of prescribed burning in Florida: A review. Tall Timbers Research. Miscellaneous publication Núm. 8. Tallahassee, Florida. 96 p.
- RODRÍGUEZ. T., D. A. 1996. Incendios Forestales. Mundi Prensa, UACH, INIFAP. México, D. F. 630 p.
- RODRÍGUEZ. T., D. A.; DURYE A M., L. 2003. Indicadores de calidad de planta en *Pinus palustris* Mill. Agrociencia. 37: 1-9.
- WAGLE R., F.; KITCHEN J., H. 1972. Influence of fire on soil nutrients in a ponderosa pine type. Ecol. 53: 119-125.
- WALSTAD, D. J.; RADOSEVICH, S. R.; SANDBERG, D. V. 1990. Natural and Prescribed fire in Pacific Northwest Forest. Oregon State University Pres Corvallis, Oregon. 317 p.
- WHELAN J., R. 1997. The Ecology of Fire. Cambridge studies in ecology. Australia. 346 p.