

EFECTO DEL FUEGO EN EL CRECIMIENTO EN DIÁMETRO DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh

D. A. Rodríguez-Trejo

División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.
C. P. 56230. Tel. (5-95) 2 15 00, Ext. 5468. Fax (5-95) 4 19 57. Correo-e: dantearturo@yahoo.com

RESUMEN

Este experimento se llevó a cabo en el Eucaliptetum de la Universidad Autónoma Chapingo. Su objetivo fue determinar el efecto del fuego en el crecimiento en diámetro de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, en plantaciones. Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron quema prescrita de baja intensidad y testigo. Los datos se analizaron mediante análisis de covarianza, utilizando Proc Mixed de SAS®. La variable dependiente fue el incremento en diámetro con corteza entre los años 2000 y 2001. La covariable fue el diámetro de los árboles al momento de aplicar los tratamientos. El incremento anual en diámetro fue de 0.30 cm en el control, exhibiendo diferencias estadísticamente significativas ($p=0.0492$) con el tratamiento de quema, con un valor de 0.48 cm).

PALABRAS CLAVE: incendios forestales, quemas prescritas, eucalipto, crecimiento radial, efectos del fuego, manejo del fuego.

THE EFFECT OF FIRE ON DIAMETER GROWTH OF *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh

SUMMARY

This research was conducted at the Eucaliptetum of the Universidad Autónoma Chapingo. The objective was to study the effect of fire on diameter growth of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh in forest plantations. A randomized complete block experimental design was used with three replications. The treatments were low intensity prescribed burn and control. The data were analyzed with analysis of covariance, using Proc Mixed of SAS®. The dependent variable was the annual increment in diameter with bark from 2000 to 2001. The covariate was the initial diameter. The annual increment in diameter was equal to 0.30 cm for the control, which exhibited statistically significant differences ($p=0.0492$) when compared with the prescribed burning treatment, where this variable had a value of 0.48 cm.

KEY WORDS: forest fires, prescribed burns, eucalyptus, radial growth, fire effects, fire management.

INTRODUCCIÓN

Si bien las plantaciones protectoras con eucalipto se establecen poco actualmente, en el pasado fueron muy comunes, dada la plasticidad de varias de sus especies, incluyendo buenas supervivencias en sitios degradados o marginales, la facilidad para producirlas en el vivero y el elevado número de semillas por unidad de peso. Por lo anterior, existen plantaciones con especies como *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh y *Eucalyptus globulus* Labill, con diferentes edades y enclavadas en diversas regiones del país. Como ejemplo están las plantaciones establecidas con la primera especie en el Cerro Xochitepec, D. F. y Sierra de Guadalupe, D. F. y Estado de México, por el gobierno de la ciudad de México, o en diversas partes del Valle de México por el programa Barrera Forestal de Oriente.

Independientemente de la especie utilizada, factores como el cambio de uso del suelo, el sobrepastoreo y los incendios forestales han reducido la extensión de tales bosques artificiales. Evidentemente, el exceso del fuego en frecuencia o en intensidad implica la degradación o pérdida de bosque o plantación, pero muchas especies están adaptadas a ciertos regímenes de fuego. Por ejemplo, en su ambiente natural, diversos eucaliptos crecen más en diámetro incluso luego de reponerse del daño causado por incendios intensos, principalmente debido a que regeneran una copa más eficiente. Tal es el caso de *E. marginata* Donn. Ex Sm. (Attwill y Leeper, 1987).

El objetivo de la presente investigación fue determinar si hay algún efecto de las quemas prescritas de baja intensidad en el incremento anual en diámetro con corteza en una plantación de *Eucalyptus camaldulensis*. Lo ante-

rior sin la afectación parcial (o chamuscado) de la copa, de manera que el efecto mencionado fuese aducible preponderantemente a los aportes extra de nutrientes que las cenizas representan, pero no a la regeneración de follaje más eficiente fotosintéticamente, ni al efecto de poda debido al chamuscado.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El área de estudio se encuentra en terrenos propiedad de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo Estado de México. Se trata de plantaciones con diversas especies de eucaliptos establecidas en 1948 por el Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques de la Universidad Autónoma Chapingo (Becerra y Ramírez, 1981). Tal área es conocida como el Eucaliptetum. Existe una parcela con *Eucalyptus camaldulensis*, establecidos originalmente en el año referido, pero que en diferentes años han sido cortados o dañados, por lo que parte de los individuos considerados en realidad son rebrotes viejos. Lo anterior implica una amplia variación en diámetro y altura. La densidad media del arbolado equivale a 1,473 ha⁻¹.

El clima es un C(Wo) Wb(i'o), templado subhúmedo con lluvias en verano y poca variación térmica (García, 1964). Los suelos corresponden a la serie Chapingo. Se trata de migajones arenosos, de origen basáltico-riolítico. Son suelos aluviales jóvenes, planos, bien drenados (Musálem *et al.*, 1978).

Diseño experimental y modelos estadísticos

Se estableció un diseño experimental de bloques completos al azar. El tratamiento fue quema prescrita y los niveles correspondieron a aplicación y no aplicación de la misma. Se establecieron tres bloques, cada uno con los dos tratamientos aplicados. Cada unidad experimental tenía forma cuadrada y 270 m² de superficie, conteniendo de 17 a 31 árboles útiles, más una línea en cada lado (línea de borde), cuyos árboles no fueron considerados en el experimento.

Se realizó un análisis de covarianza utilizando el Procedimiento Mixto (Proc Mixed) en SAS® para microcomputadora, acorde con Littell *et al.* (1999). Las variables estudiadas (variables dependientes) fueron incremento en diámetro con corteza e incremento en número de rebrotes al cabo de un año de aplicado el tratamiento. Las covariables fueron el diámetro con corteza y el número de rebrotes, respectivamente, al momento de aplicar los tratamientos. Los efectos fijos correspondieron al tratamiento, y los efectos aleatorios a los bloques.

Quemas prescritas

Las quemas prescritas se aplicaron el 20 de mayo del 2000 a las 9:00 hr. La carga de combustibles promedio se estimó en 5 t·ha⁻¹. Los combustibles fueron preponderantemente herbáceas dicotiledóneas y gramíneas (con cobertura de 100 % y altura media de 30 cm), así como hojarasca de eucalipto. Las quemas se aplicaron a favor del viento, sobre terreno plano, exhibiendo una velocidad de propagación variable pero no superior a los 5 m·min⁻¹. La longitud de llamas máxima fue igual a 1 m. La intensidad máxima de las quemas fue estimada con el modelo de Alexander (1982) (Ecuación 1), despejando con el uso de logaritmos (Ecuación 2), obteniéndose un valor de 260 kW m. Se trató de quemas prescritas de baja intensidad, donde se consiguió una combustión de 85 % de los combustibles superficiales.

$$L = 0.0775 I^{0.46} \quad (1)$$

$$I = \text{alog} ((\log L - \log 0.0775)/0.46)(2)$$

Donde: L, es la longitud de llama en m; I, la intensidad de Byram en kW m.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los individuos muestreados 94.8 % tuvieron un diámetro normal inicial de hasta 30 cm y 79.1 % de los árboles tuvieron diámetros normales iniciales de entre 10.1 y 30 cm. La distribución de frecuencias diamétricas al momento de instalar el experimento, se muestra en la Figura 1.

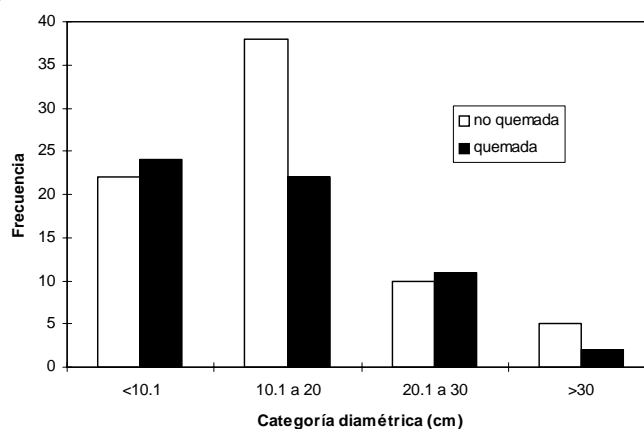


Figura 1. Distribución inicial de frecuencias diamétricas.

El diámetro inicial medio en los controles fue igual a 14.2 cm. Tal variable fue igual a 13.4 cm en las unidades experimentales donde se aplicó el tratamiento quema prescrita. Un año después, el diámetro medio en las parcelas testigo fue de 14.4 cm, mientras que el diámetro medio en las parcelas quemadas fue igual a 13.9 cm.

En el análisis de covarianza, el incremento en diámetro en las parcelas quemadas (0.48 cm), fue mayor que en las parcelas no quemadas (0.30 cm) ($p=0.0492$) (Figura 2).

No hubo diferencias estadísticamente significativas para la variable incremento en número de rebrotes en parcelas no quemadas (media igual a 2.89), con respecto a las quemadas (media igual a 6.76) ($p=0.2502$).

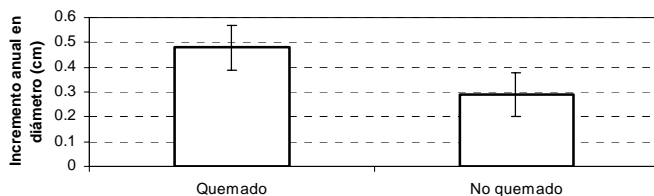


Figura 2. Comparación del incremento anual en diámetro normal entre tratamientos. La barra de error representa error estándar.

Para entender los efectos del fuego en el crecimiento de los árboles, es necesario dividirlos en dos grupos. El primero se relaciona con las características del arbolado, en especial con sus adaptaciones al factor fuego y con los daños que pueda sufrir el árbol en tronco, raíces y copa. El segundo grupo tiene que ver con las modificaciones que el fuego implica tanto en el ambiente físico como en el biótico.

Respecto al primer grupo, el cambium vascular se muere cuando es sometido a un pulso de calor lo suficientemente elevado y durante el tiempo necesario (Dickinson y Johnson, 2001). Si bien se acepta que la corteza de varios eucaliptos es especialmente inflamable para favorecer incendios de copa, a mayor grosor de corteza (relacionada a su vez con mayores diámetros), se protege mejor al cambium vascular, como Gill y Ashton (1968) refieren sucede con *Eucalyptus obliqua* L'Hérit, *E. cypellocarpa* L. Johnson y *E. radiata* Sieb. ex DC, y acorde con Glasby *et al.* (1988), con *E. oreades* R. T. Bak.

Los eucaliptos exhiben otras adaptaciones al fuego, al punto que Mount (1969) refiere que sin fuego no habría bosque de eucalipto en Australia. Tal es el caso de *E. regnans* F. Muell, al que los incendios intensos pueden favorecer su crecimiento y regeneración sexual. Acorde con el mismo autor, sin fuego se deteriora el estado fitosanitario.

Diversas especies, como la que nos ocupa, exhiben un rápido crecimiento juvenil (para superar pronto el tamaño mínimo afectable por las llamas). Además, exhibe adaptaciones para recuperarse del daño luego del paso del fuego, mediante su lignotubérculo cuando juvenil, o

mediante rebrotes epicórmicos, y posee semillas ligeras y abundantes para ser dispersadas con ayuda del viento y recolonizar áreas quemadas. Otras especies de eucalipto cuentan con frutos relativamente resistentes a las llamas (Attiwill y Leeper, 1987; Cremer *et al.*, 1978) o bien con frutos serotinos (Turnbull y Pryor, 1978; Gill, 1981; Jacobs, 1981; Miller, 2000).

Kellas *et al.* (1984), hallaron en árboles dominantes y codominantes de *E. obliqua* L'Hérit, que el área basal aumentó luego de tres y cuatro años, en rodales que sufrieron un chamuscado de copa mayor a 50 %. Waldrop y Van Lear (1984) citan que en *Eucalyptus* el chamuscado de copa aumenta el crecimiento en diámetro porque se regenera una copa más joven y eficiente.

En la presente investigación, muy pocos árboles exhibieron chamuscado de copa, y el nivel de afectación fue muy bajo, por lo que este fenómeno no influyó en la variable estudiada. Tampoco sufrieron daños en el tronco que pudiesen reducir el crecimiento.

El fuego provoca cambios en el ambiente que favorecen el crecimiento de los árboles al producir una mayor disponibilidad de nutrientes, ya que las cenizas son minerales; además se produce un aumento en la temperatura media del suelo, dado el color negro de las cenizas y, por ende, un mayor periodo de temperaturas altas en el suelo; un probable inicio temprano de la temporada de crecimiento; la remoción de la vegetación competidora (Whelan, 1997) y en algunos casos la aparición de abundantes leguminosas en el sotobosque, como se ha determinado en *E. marginata* (Attiwill y Leeper, 1987).

En el presente experimento se considera que la acumulación de cenizas en las unidades experimentales quemadas fue el principal factor que contribuyó al mayor crecimiento en diámetro. Dado que el terreno es plano, no se tuvo erosión hídrica que removiera cenizas del sitio, si bien pudo haber pérdida menor de éstas por erosión eólica. Asimismo, se considera que no hubo un aumento significativo de temperaturas en el suelo debido a la sombra de los eucaliptos.

Aunque por el tamaño del arbolado no se considera que haya habido un efecto significativo de potencial vegetación competidora herbácea (no había arbustos en las parcelas), su reducción pudo haber aumentado la humedad aprovechable, factor relevante para el crecimiento en diámetro de *E. camaldulensis* en el Eucaliptetum, según refieren Becerra y Ramírez (1981). Ni en las unidades experimentales de control ni en las quemadas aparecieron especies fijadoras de nitrógeno que pudieran contribuir a un mayor crecimiento de los árboles.

CONCLUSIONES

El incremento anual en diámetro de *Eucalyptus camaldulensis* en unidades experimentales donde se aplicaron quemas prescritas de baja intensidad, con longitudes de llama de hasta 1 m, fue superior al de los testigos. Se concluye que las quemas prescritas de baja intensidad favorecen el incremento anual en diámetro de masas artificiales adultas de la especie estudiada. Este efecto se relaciona con los cambios en el ambiente que se producen como consecuencia del fuego, en particular con el aporte de cenizas. No se produjo chamuscado de copa entre el arbolado, por lo que los efectos de tal chamuscado en el crecimiento de los eucaliptos tendrían que ser investigados en otro trabajo.

El fuego a la intensidad con que se practicaron las quemas no estimuló una mayor emisión de rebrotes en los eucaliptos. Sin embargo, es posible que una quema prescrita o un incendio de mayor intensidad que afecten más a las copas sí causen una mayor emisión, por la afectación de partes de la copa donde se sintetizan inhibidores, lo que sería tema para otro trabajo.

Los incendios forestales que ocurran con una intensidad semejante a la de las quemas prescritas aplicadas en este trabajo, favorecerán también el crecimiento en diámetro de árboles de la especie estudiada y con dimensiones similares.

Se sugiere aplicar quemas prescritas de baja intensidad (longitudes de llama no superiores a 1 m) para reducir peligro de incendio y para estimular el crecimiento en diámetro de *Eucalyptus camaldulensis*, pero en terrenos planos o con pendiente somera para no favorecer la erosión. Asimismo, está por definirse cada cuantos años tendría que aplicarse esta práctica, es decir su intervalo de frecuencias, si bien como tratamiento único o poco frecuente se obtendrán beneficios en incremento en diámetro. Un exceso de quemas (por ejemplo, cada año o cada pocos años), puede reducir significativamente la cobertura vegetal, favorecer la erosión y afectar negativamente la productividad de los eucaliptos.

Desde luego, otro tratamiento alternativo podría ser una fertilización equivalente al aporte nutrimental de las cenizas. Sin embargo, también aumentaría la biomasa de las plantas asociadas, y con ello la competencia potencial y el peligro de incendio de mayor intensidad.

AGRADECIMIENTOS

Al maestro Reyes Bonilla Beas, por sus valiosas sugerencias que mejoraron el presente trabajo; al Sr. Gerardo Mendoza por su invaluable ayuda en la obtención de datos de campo; al M.S. Abel Aguilera A., al M.C. Javier Santillán P. y al grupo de 7^o año de Restauración Forestal

(generación 1995-2002, DICIFO, UACH), por su valioso apoyo para la conducción de las quemas prescritas.

LITERATURA CITADA

- ATTIWILL, P. M.; LEEPER, G. W. 1987. Fire and forests. *In*: Soils and nutrient cycles. Melbourne University Press. Melbourne. pp. 184-194.
- ALEXANDER, M. E. 1982. Calculating and interpreting forest fire intensities. *Canadian Journal of Botany* 60: 349-357.
- BECERRA L., F.; RAMÍREZ M., H. 1981. Algunos factores climáticos y su influencia en el incremento en diámetro de nueve especies forestales en Chapingo, México. *Revista Chapingo* 31-32: 3-7.
- CREMER, K. W.; CROMER, R. N.; FLORENCE, R. G. 1978. Stand establishment. *In*: HILLIS, W. E.; BROWN, A. G., eds. *Eucalyptus for wood production*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Australia. pp. 81-135.
- DICKINSON, M. B.; JOHNSON, E. A. 2001. Fire effects on trees. *In*: JOHNSON, E. A.; MIYANISHI, K., eds. *Forest fires: fire behavior and ecological effects*. A. P. San Diego. pp. 477-525.
- GARCÍA DE M., E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. S.E. México, D. F. 71 p.
- GILL, A. M.; ASHTON, D. H. 1968. The role of bark type in relative tolerance to fire of three central Victorian eucalypts. *Australian Journal of Botany* 16: 491-498.
- GILL, A. M. 1981. Adaptive responses of Australian vascular plant species to fire. *In*: GILL, A. M.; GROVES, R. H.; NOBLE, I. R., eds. *Fire and the Australian biota*. Australia Academy of Science. Canberra. pp. 243-272.
- GLASBY, P.; SELKIRK, P. M.; ADAMSON, D.; DOWING, A. J.; SELKIRK, D. R. 1988. Blue mountains ash (*Eucalyptus oreades* R. T. Baker) in the Western Blue Mountains. *Proc. Linnean Soc. New South Wales* 110: 141-158.
- JACOBS, M. R. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. FAO. Roma. 723 p.
- KELLAS, J. D.; INCOLL, W. D.; SQUIRE, R. O. 1984. Reduction in basal area increment of *Eucalyptus obliqua* following crown scorch. *Australian Forestry* 47(3): 179-183 p.
- LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D. 1999. SAS system for mixed models. SAS Institute. Cary, N.C. 633 p.
- MILLER, M. 2000. Fire autoecology. *In*: BROWN, J. K.; SMITH, J. K., eds. *Wildland fire in ecosystems. Effects of fire on flora*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42. Vol 2. USDA, FS. Rocky Mountain Research Station. Fort Collins. pp. 9-34.
- MOUNT, A. B. 1969. Eucalypt ecology as related to fire. *Proceedings Tall Timbers Fire Ecology Conference* 9. Tallahassee, Florida. pp. 75-108.
- MUSALEM S.; M. A.; BONILLA B., R.; FIERROS G., A. M. 1978. El Arboretum de la Escuela Nacional de Agricultura-INIF. *In*: Memoria I Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. Pub. Esp. 13. pp. 122-141.
- TURNBULL, J. W.; PRYOR, L. D. 1978. Choice of species and seed sources. *In*: HILLIS, W. E.; BROWN, A. G., eds. *Eucalyptus for wood production*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Australia. pp. 6-65.
- WALDROP, T. A.; VAN LEAR, D. H. 1984. Effect of crown scorch on survival and growth of young loblolly pine. *Southern Journal of Applied Forestry* 8(1): 35-40.
- WHELAN, R. J. 1997. The ecology of fire. Cambridge University Press. Cambridge, U. K. 346 p.