

EFFECTOS DE QUEMAS PRESCRITAS SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO EN BOSQUES DE *Pinus tropicalis* Morelet, EN CUBA

L. W. Martínez-Becerra; M. P. Ramos-Rodríguez; I. Castillo-Martínez;
M. Bonilla-Vichot; R. Sotolongo-Sospedra

Departamento Forestal, Facultad de Forestal y Agronomía, Universidad de Pinar del Río, Cuba. C. P. 20100.
Tel. (53) (82) 779661. Fax (53) (82)779353. Correo-e: wmartinez@af.upr.edu.cu

RESUMEN

El experimento se desarrolló en la Empresa Forestal Integral "La Palma", provincia Pinar del Río, Cuba. Su objetivo fue evaluar el efecto de las quemadas prescritas sobre las propiedades del suelo en bosques naturales de *Pinus tropicalis* Morelet. Se ubicaron cuatro parcelas de 1,000 m². Una fue el testigo y en las restantes se aplicó quema. Para la obtención de los datos fueron colocados aleatoriamente cinco puntos de muestreo en cada parcela. Una semana antes, una después y al año de aplicada las quemadas prescritas, se tomaron muestras de suelo a profundidades de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm. Los datos se analizaron a través de pruebas de comparación de medias (ANOVA). Los resultados muestran un ligero aumento (no significativo) para el pH, el P₂O₅ (fósforo cambiante), el Mg y el K (potasio asimilable), al año de efectuadas las quemadas, por otra parte, disminuyeron no significativamente el K₂O (cambiante), la materia orgánica (MO) y el Ca. Al año de efectuada la quema aumenta significativamente el contenido de Na, disminuyendo significativamente la acidez hidrolítica y la capacidad de cambio catiónico a las dos profundidades antes y después de la quema. La relación entre los nutrientes del suelo se encuentra dentro de los rangos típicos de estos suelos pobres.

PALABRAS CLAVE: incendios forestales, fuegos prescritos, nutrientes minerales, manejo del fuego.

THE EFFECTS OF PRESCRIBED BURNS IN SOIL PROPERTIES OF *Pinus tropicalis* MORELET FORESTS IN CUBA

SUMMARY

This study was developed in the Integral Forest Enterprise "La Palma", province Pinar del Río, Cuba. The objective was to evaluate the effect of the prescribed burns in soil properties of *Pinus tropicalis* forests in Cuba. Four parcels of 1,000 m² were located. One was the control and in the remaining it was applied prescribed burn. In each one of these parcels were distribute of aleatory form five sampling points. One week before applying the prescribed burn and one week after the same one, in each point they took soil samples to depths from 0 to 10 cm and of 10 to 20 cm. The data were analyzed through the tests of statistic average (ANOVA). The results show a light rise (but it doesn't have any significance) for de pH, the P₂O₅ (exchanged phosphorus), el Mg⁺ y el K⁺ (assimilable potassium) after a year of burning. By the other hand, there were little decreases in K₂O (exchanged), organic matter and Ca⁺, after a year of burnings, while the content of Na⁺ increases significatively, decreasing significatively the hydrolytic acidity and the capacity of cationic change for to the two depths before and after burning. The relation among soil nutrients are found in the typical parameters of these poor soils.

KEY WORDS: forest fires, prescribed burns, nutrients minerals, fire management.

INTRODUCCIÓN

El fuego introduce efectos negativos o positivos sobre las características químicas y biológicas de los suelos. La magnitud de estos efectos depende fundamentalmente de los valores que muestren las variables del comportamiento del fuego tales como su intensidad lineal, la velocidad de propagación y el calor liberado por unidad de área. Las magnitudes de estas variables dependerán de factores

como el combustible, la topografía y el tiempo atmosférico. De acuerdo con lo anterior puede decirse que fuegos en los cuales se alcancen bajas magnitudes de las variables mencionadas deben producir también, efectos de bajas magnitudes. Esto puede lograrse a través de la aplicación de quemadas prescritas, práctica que no se utiliza en Cuba, principalmente por el temor a los posibles efectos negativos del fuego, pero que sí es muy utilizada en varias partes del mundo con distintos objetivos, destacándose entre ellos

favorecer la regeneración natural de determinadas especies, disminuir el riesgo de incendios forestales entre otros

En Cuba existen cuatro especies de pinos, una de estas especies es el Pino Hembra o Pino Blanco (*Pinus tropicalis* Morelet). Betancourt (1987) señala que esta especie está confinada a los sitios ecológicamente extremos, y en lugares donde los suelos son más pobres y secos, forma rodales puros o casi puros, pero en otros más fértiles al pie de las laderas están asociados al *Pinus caribaea* Morelet variedad *caribaea*. Samek (1967) refiriéndose a esta especie plantea que es el más heliófilo de los pinos cubanos, por lo tanto, requiere una gran cantidad de luz para su germinación y desarrollo, lo que indica que su regeneración natural sólo es posible en lugares soleados. Las características anotadas anteriormente unidas al bajo poder germinativo de sus semillas, y su lento crecimiento en los años iniciales después de la plantación, ha traído como resultado que los productores no la seleccionen para sus planes de reforestación. Debido a esto, su área de distribución ha disminuido considerablemente. Ares (1999) menciona que la mayoría de los pinares naturales de la provincia han sido transformados en plantaciones de *P. caribaea* Morelet, variedad *caribaea*. Este autor propone declarar los bosques de *P. tropicalis* Morelet protectores en todos los casos posibles y como productores, pero aplicando el manejo de monte alto irregular, pues en plantaciones los niveles de establecimiento han sido muy bajos, lo que justifica mantener el monte natural mediante regeneración.

Otra situación que debe tenerse en cuenta es que la provincia de Pinar del Río presenta en el país los valores más elevados de incendios y de áreas afectadas por éstos, con la particularidad de que según datos facilitados por el Cuerpo de Guardabosques (CGB) en la provincia, en los años 1993 a 2002 el 69.83 % de los incendios ha ocurrido precisamente en bosques de pinos en los cuales se reporta el 79.42 % de las áreas afectadas por estos fenómenos CGB (2004).

La situación descrita anteriormente es muy preocupante si se considera que la especie mencionada es endémica de Pinar del Río, tiene madera de buenas propiedades físicas y mecánicas, es buena productora de resina y puede desarrollarse en lugares donde otra especie no puede hacerlo.

En correspondencia con todo lo anterior parece ser razonable utilizar quemas prescritas en bosques naturales de *P. tropicalis* Morelet. Esto puede disminuir el riesgo de incendios en los bosques de la especie por la disminución de la carga de material combustible y facilitar su regeneración natural si se aplica antes de la maduración y apertura de los conos. No obstante, primero debe experimentarse suficientemente observando los efectos que esta práctica pueda producir. En este sentido, el objetivo

de la presente investigación fue evaluar el efecto de quemas prescritas sobre las propiedades del suelo en bosques naturales de *Pinus tropicalis* Morelet.

MÉTODOLÓGÍA

Área de estudio

El experimento se ubicó en un bosque natural de *Pinus tropicalis* Morelet, perteneciente a la unidad silvícola de "Caiguanabo", Empresa Forestal Integral "La Palma", Pinar del Río, situada en los 22° 41' de latitud norte y los 83° 27' de longitud oeste, con una elevación media de 100 msnm.

El rodal se caracteriza por presentar una altura media del arbolado de 12 m, un diámetro medio de 18 cm y una cobertura del 100 %. Encontrándose en la etapa de desarrollo de latizal alto.

El clima es Aw (tropical húmedo) según Köppen (1936) citado por Wadsworth (2000) con un periodo húmedo (mayo–octubre) y otro poco lluvioso (noviembre–abril). El suelo (Fundora, 1994 y MINAGRI (Ministerio de la Agricultura), 1984) corresponde al tipo ferralítico cuarcítico amarillento típico, fuertemente desaturado (<40 %), muy profundo (>100 cm), medianamente humificado (2.0-4.0 %), de textura limo arenoso con poca graviliosidad (<2.0 %), presentando una pendiente de 16.1–30 % (alomado) y poco montañoso. Pertenece a la serie Herradura y posee baja capacidad de cambio catiónico, por lo que el contenido de materia orgánica es bajo al igual que su fertilidad natural, siendo el pH ácido.

Diseño experimental y análisis estadísticos

Se establecieron cuatro parcelas rectangulares de 1,000 m² (20 X 50 m) de superficie. El tratamiento consistió en la aplicación de quema prescrita. En cada una de estas parcelas se establecieron cinco puntos de muestreo distribuidos aleatoriamente en toda el área. Una semana antes de aplicar la quema prescrita y una semana después de la misma, en cada punto se tomaron muestras de suelo a profundidades de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm. El análisis químico se realizó en el Laboratorio Provincial de Suelo del Ministerio de la Agricultura en Pinar del Río, por los siguientes métodos: el pH por el método potenciométrico, la materia orgánica por el método de Tiurin, el Ca y Mg por el método complexiométrico, el Na y K por el método de fometría de llama, y el fósforo por el método de Oniani, que se utiliza para suelos ácidos. Los datos se analizaron a través de análisis de varianza.

Quemas prescritas

Las quemas prescritas se realizaron el 9 de enero de 2001, después de un periodo sin lluvias de cinco días. Los

trabajos se comenzaron a las 14:30 horas. Se aplicó quema contra el viento y contra la pendiente, a favor del viento y de la pendiente y contra el viento y a favor de la pendiente. La carga de combustibles promedio, utilizando el método de la parcela de un m² propuesto, se estimó en 12.5 t·ha⁻¹. Los combustibles fueron principalmente gramíneas y dicotiledóneas herbáceas, con cobertura del 100 % y altura media de 1.40 m, así como hojarasca, acículas y otros materiales en descomposición. La intensidad lineal fue estimada con el modelo de Byram (1959) (Ecuación 1), observándose un valor medio de 544.33 kW·m⁻¹. La velocidad de propagación osciló entre 0.006 y 0.052 m·s⁻¹. El calor desprendido por unidad de área (Ecuación 2) tuvo una magnitud promedio de 20,500.56 kJ·m⁻². La altura de la llama (Ecuación 3) mostró valores entre 0.74 y 2.12 m.

$$I = H \cdot w \cdot r \quad (1)$$

$$H_a = w \cdot r \quad (2)$$

$$L = 0.0775 \cdot I^{0.2} \quad (3)$$

Donde: H, es el poder calorífico por unidad de masa del combustible, estimado en 16 720 kJ·kg⁻¹; w, la carga de material combustible consumido en kg·m⁻²; y r, la velocidad de propagación del fuego en m·s⁻¹. Se consiguió una combustión del 87.8 % de los combustibles superficiales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra el resultado del análisis de varianza realizado para las características químicas y biológicas consideradas. Sólo se encontró diferencia significativa para los resultados del sodio, la acidez hidrolítica y la capacidad de intercambio catiónico.

El pH entre las áreas quemadas y sin quemar no fue significativo. Resultados similares han encontrado Batista (1995); De Ronde, *et al.* (1990) y Soares (1990). Estos autores plantean que el efecto del fuego en el pH decrece con la profundidad del suelo manteniéndose casi en los mismos niveles un año después de realizar la quema.

Cuando la materia orgánica del suelo es quemada, las sustancias netas contenidas son liberadas en forma de óxidos o carbonatos que generalmente presentan reacción

alcalina. De ese modo, cuando las cenizas son depositadas en el suelo, la tendencia es a disminuir la acidez. Soares (1985) describe experimentos de quema controlada donde la acidez fue reducida en dos a tres unidades de pH, volviendo a la normalidad cinco años después de la quema.

De acuerdo con Wells *et al.*, (1979) la acidez en las camadas superficiales del suelo es reducida por la quema, como un resultado de la liberación de los cationes básicos por la combustión de la materia orgánica y los minerales. El pH en el suelo es elevado temporalmente dependiendo de la cantidad de cenizas liberadas, del pH original, de la composición de las cenizas y de la humedad local. Por su parte Benítez (2003) encontró en parcelas quemadas de *Pinus caribaea* Morelet, valores de pH cercano a la neutralidad (6.6).

En el caso del fósforo, ocurrió un incremento no significativo después de un año en las parcelas quemadas, lo contrario del K₂O, que decreció. Benítez (2003) refiere incrementos en la disponibilidad de fósforo, potasio, calcio y magnesio de valores relativamente altos en plantaciones de *P. caribaea*.

Los valores medios de la cantidad de materia orgánica (MO), al pasar un año fueron significativamente inferiores en las parcelas quemadas.

Los diversos cationes del suelo se encuentran de forma deficiente, tanto en el 2002 como al año de realizar la quema, el Ca, Mg y K no experimentaron alteraciones significativas después de la quema, no ocurriendo lo mismo con el Na, que sí varió significativamente después del año de quemado (Cuadro 2). De Bano (1989) afirma que grandes cantidades de algunos nutrientes, tales como N, S y P pueden ser volatilizados durante un incendio. Cationes, tales como Ca, Mg, K y Na, no son volatilizados, sin embargo, pequeñas cantidades podrán ser transferidas del sitio por el humus.

Soares (1990) analizó los efectos de la quema controlada en poblaciones de *Pinus caribaea* y *Pinus oocarpa*. Los resultados indicaron que la concentración del N en la hojarasca fue reducida entre un 44 y 39.2 % y el P de 45 y 41,6 %, respectivamente. Los otros elementos

CUADRO 2. Comparación de los valores medios de las propiedades químicas y biológicas de los suelos quemados y sin quemar en el año 2002 y el 2003 a diferentes profundidades

	2002		2002		2003	
	Sq 0-10	Sq 10-20	Q 0-10	Q 10-20	Q 0-10	Q 10-20
Na ⁺ (mg·100 g ⁻¹ de suelo)	0.026 c	0.032 c	0.020 c	0.082 b	0.080 b	0.117 a
T (mg·100 g ⁻¹ de suelo)	5.09 a	5.07 a	5.20 a	5.37 a	3.32 b	2.89 b
T-S (mg·100 g ⁻¹ de suelo)	4.06 ab	4.064 ab	4.422 a	3.915 b	2.407 c	2.15 c

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí por la prueba de Duncan P>0,05
Leyenda: Sq- antes de quemar; Q- Después de quemado

CUADRO 1. Análisis de varianza (ANOVA) para las diferentes características químicas y biológicas del suelo antes y después de la quema prescrita a diferentes profundidades.

Características		Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F	Sig.
pH	Inter-grupos	3.010E-03	1	3.010E-03	.747	.395
	Intra-grupos	.113	28	4.032E-03		
	Total	.116	29			
P ₂ O ₅	Inter-grupos	.616	1	.616	4.019	.055
	Intra-grupos	4.292	28	.153		
	Total	4.909	29			
K ₂ O	Inter-grupos	1.786	1	1.786	1.064	.311
	Intra-grupos	47.012	28	1.679		
	Total	48.798	29			
MO	Inter-grupos	1.455	1	1.455	2.202	.149
	Intra-grupos	18.501	28	.661		
	Total	19.956	29			
Ca	Inter-grupos	.128	1	.128	1.043	.316
	Intra-grupos	3.439	28	.123		
	Total	3.567	29			
Mg	Inter-grupos	8.821E-03	1	8.821E-03	.467	.500
	Intra-grupos	.529	28	1.888E-02		
	Total	.538	29			
Na	Inter-grupos	1.411E-02	1	1.411E-02	10.179	.003*
	Intra-grupos	3.880E-02	28	1.386E-03		
	Total	5.291E-02	29			
K	Inter-grupos	8.251E-04	1	8.251E-04	.683	.415
	Intra-grupos	3.381E-02	28	1.207E-03		
	Total	3.463E-02	29			
S	Inter-grupos	1.358E-02	1	1.358E-02	.072	.790
	Intra-grupos	5.276	28	.188		
	Total	5.290	29			
T	Inter-grupos	5.202	1	5.202	5.233	.030*
	Intra-grupos	27.834	28	.994		
	Total	33.036	29			
T-S	Inter-grupos	4.684	1	4.684	6.375	.018*
	Intra-grupos	20.575	28	.735		
	Total	25.260	29			

*Diferencia significativa $P < 0,05$; S= suma de las bases, T= capacidad de cambio catiónico y (T- S)= acidez hidrolítica

analizados (K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, y B) aumentaron sus concentraciones después de la quema, excepto el Ca en el rodal de *P. caribaea*. Todos los elementos disponibles (mineralizados) aumentaron significativamente en la camada superior del suelo, después del fuego, retornando a los niveles anteriores después de siete meses.

Maags (1988) evaluó algunos efectos de quema controlada en plantaciones de *Pinus elliotii* en el sudeste de Queensland, Australia. Los resultados demostraron que una única quema controlada redujo hasta el 52 % de la

biomasa total. La biomasa y las cantidades de N, P, Na y Mg fueron significativamente menores en el piso del bosque quemado hasta 1.5–2.5 años después de la quema, más las diferencias declinaron rápidamente, y después de tres años ningún efecto de la quema fue evidente.

Existe información sobre el efecto de quemas prescritas de baja intensidad en algunas propiedades químicas de suelos de *Pinus hartwegii*, erosión y escorrentía, que ha sido obtenida por Aguirre (1978) y Aguirre y Rey (1980) citados por Rodríguez (2002) quienes

refieren para suelos andosoles mólicos, de textura franco arenosa, ricos en materia orgánica, ácidos (pH = 5.5) a neutros (pH = 7), ricos en nitrógeno y fértiles, que el fuego a baja intensidad no provocó cambios significativos en pH, pero que sí se registró una pequeña pérdida de nitrógeno por volatilización. El fósforo aumentó del intervalo trazas a 5.04 ppm (parte por millón), hasta 1.57 a 7.42 ppm; el Ca aumentó del intervalo 1,755 a 3,406 ppm, hasta 2,145 a 3,900 ppm; también refieren aumentos en K, Mg y un ligero incremento en Na.

CUADRO 3. Análisis de las relaciones entre los nutrientes del suelo en los años 2002 y 2003

2002	Ca/T	Mg/T	Ca/Mg	K/Mg	K/Ca	Ca/(K+Mg)
Sq 0-10 cm	0.140	0.050	2.807	0.461	0.164	1.921
Sq 10-20cm	0.147	0.048	3.04	0.36	0.118	2.235
Q 0 - 10 cm	0.103	0.024	4.153	0.769	0.156	2.347
Q 10-20 cm	0.169	0.065	2.6	0.371	0.142	1.895
2003						
Q 0 - 10 cm	0.111	0.093	1.193	0.516	0.432	0.787
Q 10-20 cm	0.117	0.058	2	0.647	0.323	1.214

Leyenda: Sq- antes de quemar; Q- Después de quemado

Las relaciones entre Ca/T, y Mg/T, se encuentran entre los rangos admisibles, según MINAGRI (Ministerio de la Agricultura 1985), donde los suelos son relativamente pobres. Para la relación Ca/Mg los límites admisibles están entre 2:1 y 6:1. La relación K/Mg más adecuada está entre 0,6 y 0,1, comportándose dentro de estos valores (Cuadro 3).

La relación K/Ca, según MINAGRI (1985) debe ser menor que 0.3, encontrándose los valores dentro del rango. En cuanto a la relación Ca/K+Mg debe mantenerse entre 2 y 6 comportándose los valores de las muestras dentro de ese rango.

CONCLUSIONES

El fuego con los valores de intensidad lineal, calor desprendido por unidad de área, velocidad de propagación y longitud de las llamas con que se practicaron las quemas no provocó cambios de significación sobre el pH, los cationes de Ca, Mg y K, no ocurriendo lo mismo con los cationes de Na, que aumentaron sus valores significativamente. La acidez hidrolítica y la capacidad de cambio catiónico disminuyeron significativamente en el suelo. Esto sugiere la posibilidad de utilizar este método en los bosques naturales de *Pinus tropicalis* Morelet para disminuir el riesgo de incendios.

LITERATURA CITADA

- ARES, A. E. 1999. Tablas dasométricas. Propuestas de categoría y valoración de alternativas de manejo para los pinares naturales de la EFI La Palma. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Dr. en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río Hermanos Saiz Montes de Oca.
- BATISTA, A. C. 1995. Avaliação da queima controlada em povoamentos de *Pinus taeda* L. no norte do Paraná. Tese apresentada como requisito parcial à obtencao do grau de Doutor em Ciências Florestais. Curitiba. 108p.
- BENITEZ, H. 2003. Regeneración natural de *Pinus caribaea* var. *caribaea* mediante talas rasas en fajas alternas. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas. Programa doctoral conjunto. "Desarrollo sostenible de bosques tropicales: manejo forestal y turístico". Universidad de Alicante y Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río. Cuba.
- BETANCOURT, A. 1987. Silvicultura especial de los árboles maderables tropicales. Editorial científico técnico. Ciudad de la Habana. p. 427.
- BYRAM, G. M. 1959. Combustion of forest fuels. In: Davis, K. P. Forest Fire – Control and use. New York: Mc Graw Hill, p.77-84.
- DE BANO, L. F. 1989. Effects of fire on chaparral soils in Arizona and California and postfire management implications. Symposium on Fire and Watershed Management. Sacramento, U.S.D.A. Forest Service, Berkeley, p. 55-62
- DE RONDE, C.; GOLDAMMER, J. G.; WADE, D. D.; SOARES, R. V. 1990. Prescribed fire in industrial plantations. In: Goldammer, J. G. Fire in the Tropical Biota-Ecosystem and global Challenges. Berlin: Springer-Verlag, p.216-272, (Ecological Studies, Vol. 84).
- FUNDORA, O. 1994. Edafología, Editorial Pueblo y Educación, La Habana.
- MAAGS, J. 1988. Organic matter and nutrients in the forest floor of a *Pinus ellioti* plantation and some effects of prescribed burning and superphosphate addition. Forest Ecology and Management. Amsterdam. V23. p 105-109.
- MINAGRI, 1984. Suelos de la provincia de Pinar del Río. Editorial Científico-técnico. Ciudad de la Habana.
- MINAGRI, 1985. Manual de interpretación de los índices físicos-químicos y morfológicos de los suelos cubanos. Editorial científico técnico. Ciudad de la Habana.136 p.
- RODRÍGUEZ, D. A. 2002. Ecología del fuego en el ecosistema de *Pinus hartwegii* lindl. Trabajo presentado en el SINFOR II. Universidad de Pinar del Río. Cuba.
- SAMEK, S. 1967. Elementos de silvicultura de los pinares. Inst. Biol. Acad. de Ciencias de Cuba. La Habana. 102 pp.
- SOARES, R. V. 1985. Incêndios Florestais – controle e uso do fogo. Curitiba: FUPEF, 213p.
- SOARES, R. V. 1990. Effects of a pine plantation prescribed burning on soil chemical properties in the savanna region of Minas Gerais state, Brasil. In. International Conference on Forest Fire Research. Coimbra. Universidade de Coimbra. p C.06-C.09.
- WADSWORTH, F. H. 2000. Producción Forestal para América Tropical. Manual de Agricultura. Departamento de Agricultura de los EE.UU. USDA. Washington. 397 p.
- WELLS, C. G.; CAMPBELL R. E.; DE BANO, L. F.; LEWIS, C. E.; FREDRIKSEN, R. L.; FRANKLIN, E. C.; FROELCH, R. C.; DUNN, P. H. 1979. Effects of fire on soil. General Technical Report WO-7. Forest Service. U.S. Department of Agriculture. U.S.A. 34 pp.