

EFFECTOS DE QUEMAS CONTROLADAS EN LA REGENERACIÓN NATURAL DE LA ESPECIE *PINUS TROPICALIS* MORELET

EFFECTS OF CONTROLLED BURNS IN THE NATURAL REGENERATION OF *PINUS TROPICALIS* MORELET

M. SC. BEATRIZ RODRÍGUEZ-ALFARO,¹ DR. C. ISOEL URRUTIA-HERNÁNDEZ,¹ ING. JOSÉ A. HERNÁNDEZ-ABREU,² DR. C. JOSÉ A. BRAVO-IGLESIAS,³ DR. C. JOSÉ G. FLORES-GARNICA,⁴ ING. LORENZA MARTÍNEZ-GONZÁLEZ,¹ TÈC. DIANEYS BEJERANO-CASTILLO,¹ DR. C. LUIS W. MARTÍNEZ-BECERRA⁵ Y DRA C. MARTHA BONILLA-BICHOT⁵

¹Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Estación Experimental Agro-Forestal Viñales. Km 20 Carretera a Viñales, Pinar del Río, Cuba. vinales@forestales.co.cu

²Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Estación Experimental Agro-Forestal Camagüey. Ave. Ignacio Agramonte s/n A.P. 405, Camagüey, Cuba

³Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba

⁴Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México

⁵Universidad de Pinar del Río. Calle Martí Final 270, Pinar del Río, Cuba

RESUMEN

La investigación se realizó en bosques de *Pinus tropicalis* pertenecientes a la Empresa Forestal Integral la Palma, donde se aplicaron quemadas controladas el 10 de junio de 2009 en tres parcelas experimentales de 20 m x 50 m, en que se evaluó el comportamiento del fuego. La quema eliminó todas las especies del sotobosque, pero no causó daños significativos en los pinos del estrato arbóreo. Dos meses después de las quemadas aumentó considerablemente el número total de individuos en el estrato herbáceo. Antes del fuego existían escasos pinos en la regeneración natural, pero a los 18 meses después de las quemadas se incrementó significativamente el número de individuos por hectárea, por lo que se concluye que al aplicar quemadas controladas se favorece la regeneración del *Pinus tropicalis* Morelet, lo que permite garantizar la continuidad de estos ecosistemas que por diversas causas no se regeneran en el medio natural.

Palabras claves: quemadas controladas, *Pinus tropicalis*, regeneración natural.

INTRODUCCIÓN

En general, los incendios forestales son considerados dañinos por la mayoría de las personas; sin embargo, no siempre es así, ya que en realidad son un componente esencial del funcionamiento de los ecosistemas forestales. De esta forma el fuego es considerado un agente de

ABSTRACT

The research was carried out in forests of *P. tropicalis* La Palma Forest Enterprise. On June 10th 2009, controlled burns were applied in experimental plots of 20 x 50 meters and fire, behavior was evaluated. By the use of controlled burns all the species in the bush stratum but it didn't cause significative damages in trees stratum, two months after controlled burn, an increase of total number of individuals in the herbaceous stratum, before fire scarce Pine tree individuals were found in natural regeneration, but 18 months later, individuals average per ha. We can conclude that when applying controlled, burn, natural regeneration of *P. tropicalis* is favored allowing continuity of these ecosystems that are not natural regenerated due to diverse causes.

Key words: controlled burns, *Pinus tropicalis*, natural regeneration.

cambio con diversas funciones, y efectos dentro de los ecosistemas forestales está ligado a las dinámicas que ocurren en varias comunidades vegetales y animales [Flores, 2009a]. La ecología del fuego se concentra en estudiar los orígenes, los ciclos y las etapas de los incendios en el

medio ambiente natural [Bradley *et al.*, 1992, citado por Flores, 2009a].

El fuego causa disímiles efectos en los ecosistemas forestales, principalmente en elementos como el suelo, la vegetación, la fauna, además de la atmósfera. Estos efectos pueden ser beneficiosos o perjudiciales, dependiendo del tipo de ecosistema, el comportamiento del fuego y la frecuencia con que este ocurra.

De no ser por el fuego muchas de las superficies terrestres cubiertas hoy de praderas serían montes, muchos bosques de coníferas estarían poblados de especies boscosas y no pocos de los sectores más altos y mejores del tipo mediterráneo serían ya bosques [Rodríguez, 2010].

La regeneración natural no ocurre en lugares muy sombreados o donde el suelo está cubierto por abundante hojarasca. Es por ello que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de quemaduras controladas en la regeneración natural de la especie *Pinus tropicalis* Morelet.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un bosque natural de *Pinus tropicalis* Morelet de la Empresa Forestal Integral La Palma, con un área de 4 ha.

Caracterización de la vegetación

En cuanto a la vegetación, la especie dominante es *P. tropicalis* Morelet, pudiéndose clasificar en la etapa de desarrollo de latizal alto con una altura promedio de 13 m y un diámetro de 16 cm, de las que es bueno destacar la altura del fuste limpio que presentan los árboles, aspecto a tener en cuenta a la hora de aplicar el fuego controlado para no afectar la parte aérea de la planta y que no influya en su crecimiento, y le permita sobrevivir al efecto del fuego superficial de baja intensidad. Florísticamente por estrato, el bosque se caracteriza por un estrato arbóreo compuesto por *P. tropicalis*, un estrato arbustivo compuesto por *Byrsonima crassifolia* (L.) HBK; *Tetrazigia coriácea* (Mill.) Cog.; *Roigella correifolia* (Griseb.) Borhidi & Fernández, L.; *Clusia rosea* Jacq., *Xylopia aromatica* (Lam.) Mait, *Matayba apetala* (Maca.) Radlk; y *Andira inermis* Sw. HBK, así como un estrato herbáceo compuesto por *Sorghastrum stipoides* HBK Nash, *Odontosoria wrightiana* Maxon, *Andropogon bicornis* Lin. y *Cyathea arborea* Smith. Se encuentran además lianas y epífitas.

Muestreo y toma de datos

Durante el desarrollo del experimento se evaluó el comportamiento del fuego y sus efectos sobre el material combustible disponible. En el caso del comportamiento del fuego consistió en la ubicación de tres parcelas rectangulares de 1000 m² cada una, quemadas con la técnica de quema en retroceso, con dimensiones de 20 m x 50 m en el área experimental. Para aplicar las quemaduras controladas se tuvieron en cuenta trabajos realizados en España, Centroamérica, Estados Unidos, Cuba y otras regiones. Como la investigación se realizó fundamentalmente para favorecer la regeneración natural de *P. tropicalis*, se hizo necesario tener en cuenta la época en que las semillas son liberadas para aplicar las quemaduras y disminuir la cantidad de material combustible, logrando así que estas lleguen al suelo y puedan germinar, además de las condiciones meteorológicas.

Según Betancourt (1987), los conos maduran por lo regular a finales de julio, por lo que se debe pensar en aplicar las quemaduras antes de este mes.

El estudio de la regeneración natural de *P. tropicalis* se realizó en cinco parcelas de 10 m x 10 m, determinado por la intensidad de muestreo por categoría de regeneración no establecida, según la metodología de muestreo de regeneración natural determinada por Ortiz y Quirós (2002), donde se determinó la cantidad de individuos de la especie en cada una de ellas antes de aplicadas las quemaduras, y 150 días después de aplicado el fuego. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de la mediana basada en la inferencia de dos muestras, específicamente la prueba de Irwin-Fisher, utilizando el paquete estadístico Infostat Software versión 2008.

Se determinó el grado de afectación causado por el fuego, según se indica a continuación:

Afectación ligera: cuando el fuego toca superficialmente el fuste desde la base hasta la mitad de la copa, sin penetrar en los tejidos vivos.

Afectación grave: cuando el fuego carboniza parte del fuste y más del 50 % de la copa es afectada, sin llegar a la yema terminal.

Afectación completa: cuando el fuego carboniza totalmente al árbol.

Comportamiento del fuego

Para determinar la intensidad del fuego se utilizó la ecuación 1 [Byram, 1959, citado por Brown y Davis, 1973].

$$I = H \cdot w \cdot r \quad [1]$$

donde:

I : Intensidad del fuego en $\text{kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

H : Calor de combustión en $\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$
($\pm 4\,000 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$)

w : Peso del combustible disponible en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$

r : Velocidad de propagación del fuego en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

El calor liberado por unidad de área se determinó con la ecuación 2 [Rothermel y Deeming, 1980].

$$Ha = \frac{I}{r} \quad [2]$$

donde:

Ha : Calor liberado por unidad de área, en $\text{kcal} \cdot \text{m}^{-2}$

I : Intensidad del fuego, en $\text{kcal} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

r : Velocidad de propagación en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

La longitud de las llamas fue estimada y observada directamente durante las quemas por la altura de carbonización de la corteza.

La velocidad de propagación del fuego se determinó según lo planteado por Ramos (2010), ubicando varios puntos y calculando el tiempo que el fuego demoró en llegar, expresando el

resultado en metros por segundo y utilizando la ecuación 3. Se clasificó según Bottello y Cabral (1990), quienes plantean que es lenta cuando es menor de $0,033 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, media cuando está entre $0,033$ y $0,166 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, alta entre $0,166$ y $1,166 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, y extrema cuando es mayor de $1,166 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$r = \frac{d}{t} \quad [3]$$

donde:

r : Velocidad de propagación del fuego en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

d : Distancia del avance del fuego en metros (m).

t : Tiempo de demora del avance del fuego en segundos (s).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento del fuego

El comportamiento del fuego fue influenciado por el viento y la disponibilidad del material combustible en las áreas experimentales, donde se efectuaron las quemas. El fuego se propagó fundamentalmente por las misceláneas y las ráfagas de viento, influyendo estas últimas en la longitud de las llamas, en algunos momentos durante las quemas, donde la velocidad de propagación fue de $0,0153 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, alcanzando las llamas longitudes de hasta $0,76 \text{ m}$, como se observa en la *Tabla 1*.

TABLA 1

Comportamiento de los parámetros del comportamiento del fuego

Parámetros	$I(\text{kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$	$r \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$Ha(\text{kcal} \cdot \text{m}^{-2})$	$L \text{ (m)}$
	127,37	0,0153	8324,84	0,76

La velocidad de propagación se mantuvo en los rangos descritos por Wade y Lunsford (1989), los cuales afirman que las quemas contra el viento avanzan con velocidades entre $0,0056$ y $0,0167 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, logrando así menor intensidad del fuego y longitud de las llamas.

Evaluación de los efectos de las quemas controladas sobre la regeneración de *Pinus tropicalis* Morelet

Tal como indica De las Heras *et al.* (2005), el fuego como elemento natural es un factor positivo entre los que definen la estación, y ha contribuido, desde siempre, a la repartición y

selección de las especies, a la composición de las formaciones vegetales y a la estabilidad, alternancia o sucesión de sus etapas, hasta tal punto que en muchos casos es necesario para multiplicaciones de ciertas especies y la regeneración de sus formaciones.

Una semana antes de aplicar las quemas el estrato arbóreo estaba representado por la especie *P. tropicalis*, el estrato arbustivo principalmente por *Byrsonima crassifolia*, *Tetrazigia coriacea* y géneros de la familia Rubiaceae. En el estrato herbáceo prevalecen las especies *Sorghastrum stipoides* y *Odontosoria wrightiana*, y además se observa la presencia de *Davilla rugosa*.

Al aplicar el fuego se afecta aproximadamente el 95 % de la vegetación de los estratos herbáceos y arbustivos, los cuales no son capaces de soportar el fuego, a diferencia del estrato arbóreo, donde predomina el *P. tropicalis*, que posee mecanismos para sobrevivir al efecto del fuego.

La regeneración en el estrato herbáceo aparece a partir del mes de aplicadas las quemas, y varias especies ocupan el estrato arbustivo. A los tres meses ya se aprecia una recuperación del sitio quemado. Es válido resaltar que los individuos de *P. tropicalis* no sufrieron daños considerables, solo chamuscados en la corteza, pero sin consecuencias considerables.

Se encontró con poca cuantía individuos del *P. tropicalis* en los estratos herbáceo y arbustivo, por lo que es de esperar que si no se aplican medidas la tendencia es a la desaparición de los bosques naturales de la especie.

Esto puede estar dado, entre otros elementos, al igual que en otras regiones del mundo, al éxito de la protección contra incendios que ha llevado al aumento de la carga de combustible. En esta región, según datos facilitados por el Cuerpo de Guardabosques de La Palma, hace más de diez años que no ocurren incendios forestales en estas áreas; además, no se realiza ningún tratamiento silvicultural. En la ausencia de incendios, las especies longevas y aquellas que se pueden regenerar y crecer bajo árboles adultos se volverán dominantes. Si se quiere mantener un paisaje donde dominan las especies de pino, se deben utilizar, por lo general, algunas medidas de control como el fuego para detener el avance de la sucesión [Flores y Cabrera, 2009].

Esta disminución de la vegetación favorece el establecimiento de la regeneración de *P. tropicalis*, ya que al disminuirle la competencia, la especie tiene mayor probabilidad de establecerse. Por ejemplo, la quema controlada es usada para reducir la invasión de especies latifoliadas de bajo valor comercial en rodales de *Pinus* spp. en el sur de Estados Unidos [Ramos, 2010].

Transcurrido dos meses, se observó una regeneración de *Pinus tropicalis*, *Andropogon bicornis*, *Clidemia hirta*, *Roigella correifolia*, *Byrsonima crassifolia* y *Matayba apetala*. Al respecto, Magurran (1988) refiere en que la luz es especialmente limitante para la regeneración y abundancia de especies en el estrato herbáceo de una plantación de coníferas en Irlanda.

Estudios de Cochrane *et al.* (1999), Gerwing (2002), Barlow *et al.* (2003), Ivanauskas *et al.* 2003 [citado por Martínez, 2006] destacan la incidencia e importancia del fuego en la dinámica del bosque en los trópicos.

La evolución del impacto del fuego sobre la regeneración natural es un proceso dinámico debido a que las condiciones que se definen después del fuego no son las mismas después de un período de varios meses. Respecto a la época en que se efectuaron las quemas, se determinó que favorecieron en gran medida a la regeneración natural de la especie de pino en estudio; sin embargo, se observó que en los espacios abiertos y soleados la presencia de regeneración natural de *Pinus tropicalis* se incrementó significativamente como se puede observar en la *Tabla 2* al paso de 150 días después del fuego, considerada como un éxito, contribuyendo a preservar el origen de la especie endémica de Cuba de *Pinus tropicalis*, que en determinadas condiciones de los pinares naturales no se logra mediante la reforestación por diversas causas. Esto demuestra que en el área donde se aplicaron las quemas se presenta un incremento significativo de la regeneración natural entre el área quemada y no quemada. Esto indica que existe una diferencia en una proporción de 1:44, entre las parcelas quemadas y las no manejadas con el fuego.

En correspondencia con lo expresado por Sánchez y Dieterich (1983), refieren que algunos ecosistemas requieren del fuego para su continuidad, mientras que otros solo han desarrollado adaptaciones para poder sobrevivir; asimismo existen especies y comunidades que renacen después de un incendio forestal, y otras en cambio son reducidas o eliminadas por el fuego.

TABLA 2

Análisis de la mediana para dos muestras antes y después aplicadas las quemas en el comportamiento de la regeneración natural de la especie *P. tropicalis*

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2 n(1) n(2)	Med	P(X1>Med)	P(X2>Med)	p(2 colas)
Grupo	Individuos	Antes	Después	5 5 15,50	0,00	1,00	0,0040**

*** $P < 0,001$

** $P < 0,01$

* $P < 0,05$

NS- $P > 0,05$

Xelhuantzi *et al.* (2010) plantean que la presencia del fuego en los bosques constituye un factor limitante para las especies que son susceptibles a los incendios; sin embargo, para aquellas especies que requieren del fuego es una alternativa que garantiza su continuidad. Según Petrovna (2009), en los ecosistemas boscosos los incendios forestales son un elemento esencial para los procesos de sucesión biológica y mantenimiento de la estabilidad ecológica.

En correspondencia con Martínez (2006), al aplicar quemas prescritas en bosques de *P. tropicalis* observó que después del fuego los estratos herbáceo y arbustivo fueron eliminados completamente; pero a los dos meses después se observaron varias especies endémicas que no se habían encontrado antes del fuego; además, se registró una mayor cantidad de especies, y que el fuego no provocó daños apreciables a los pinos del estrato arbóreo.

Las especies afectadas completamente son latifoliadas, lo que muestra que la especie *P. tropicalis* es más resistente al fuego. Esto está dado por su corteza gruesa, que no permite que el fuego llegue a la madera; además, la elevada altura del fuste limpio que posee impide que el fuego cause daños considerables en las copas. Coincidiendo con estos resultados, Martínez (2006) observó que ningún árbol de *P. tropicalis* murió como consecuencia de las quemas prescritas, y solamente el 18 % de estos se afectó de manera parcial, fundamentalmente en la muerte de las acículas de las ramas más cercanas al suelo producto del calor, y observó carbonización de la corteza en la base del fuste. Por su parte, Flores (2009b) observó que el área sin quemar tuvo un promedio del 96,64 % de su arbolado con color verde. En cambio, las parcelas quemadas tuvieron una media general del 64,71 %.

CONCLUSIONES

- Las quemas controladas en bosques de *P. tropicalis* reducen la cantidad de material combustible, lo que crea las condiciones para el establecimiento de la regeneración natural de la especie, y disminuye el riesgo de ocurrencia y propagación de los incendios forestales.

- Con una adecuada planificación de las quemas, teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas, la topografía y el material combustible, se logra que los parámetros del comportamiento del fuego se mantengan en los rangos adecuados para tales fines en bosques de *P. tropicalis* y permite que se cumplan los objetivos planificados.
- El fuego no causó daños a la especie *P. tropicalis*, eliminó la vegetación del estrato herbáceo y parte del arbustivo, lo cual favoreció una disminución de la competencia y un aumento de la iluminación en el interior del ecosistema, favoreciendo la regeneración natural de la especie, lo cual demuestra su eficacia como herramienta para manejar la regeneración natural de la especie.

BIBLIOGRAFÍA

- BETANCOURT, A. 1987. *Silvicultura especial de los árboles maderables tropicales*. Ciudad de La Habana. Editorial Científico-Técnica. 427 pp.
- BOTTELLO, H.; CABRAL, M.T. 1990. Efeitos ecológicos dos incendios e do fogo controlado sobre o estrato arbóreo. Universidade de Trás-Os-Montes en Alto Douro. pp. 77-83.
- BROWN, A.A.;-DAVIS, K.P. 1973. *Forest Fire – Control and use*. New York. Mc Graw Hill. 686 pp.
- DE LAS HERAS, J., GUERRA, J., HERRANZ, M. 1995. «Influencia de la orientación y de la vegetación briofítica en la evolución de algunos parámetros edáficos 3-5 años después del fuego». *Ecología* (ES) 9:109-119.
- FLORES, J. 2009a. Ecología del fuego y su impacto en los ecosistemas forestales. In: Flores, J. Impacto ambiental de incendios forestales. (ed). Mundi Prensa México, S. A. de C. V. pp. 13- 22.
- FLORES, J. 2009b. Evaluación post-incendio del arbolado en un bosque templado. In: Flores, J. Impacto ambiental de incendios forestales. (ed). Mundi Prensa México, S. A. de C. V. pp. 127-138.
- FLORES, J.; CABRERA, R. 2009. Alteraciones del paisaje debido a los incendios forestales. Flores, J. In: Impacto ambiental de incendios forestales. (ed). Mundi Prensa México, S. A. de C. V. pp. 293-301.
- InfoStat (2008). InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. Los derechos de autor de este manual, corresponden a: Mónica G. Balzarini, Laura A. Gonzalez, Elena M. Tablada, Fernando Casanoves, Julio A. Di Rienzo, Carlos W. Robledo.
- MAGURRAN, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement Croon Helm and London. pp. 20-24.
- MARTÍNEZ. B. 2006. Uso de quemas prescritas en bosques naturales de *Pinus tropicalis* Morelet en Pinar del Río. 94 h. Tesis (en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río. Cuba.

- ORTIZ, E.; QUIRÓZ, D. 2002. Definición de tipos de Inventarios Forestales en Inventarios Forestales para Bosques en América Central. pp. 1-24.
- PETROVNA, G. 2009. Incendios forestales y salud humana. In: Flores, J. Impacto ambiental de incendios forestales. (ed). Mundi Prensa México, S. A. de C. V. pp. 305-313.
- RAMOS, M. 2010. *Manejo del fuego*. La Habana. Editorial Félix Varela. Cuba. 230 pp.
- RODRÍGUEZ, F. ET AL. 2010. Estudio y análisis de la vulnerabilidad de las áreas urbano - forestal desde el punto de vista socioeconómico y el impacto de los incendios forestales. Una aplicación a la provincia de Valparaíso, Chile. Universidad de Córdoba. 74 pp.
- ROTHERMEL, R.C.; DEEMING, J.E. 1980. Measuring and interpreting fire behavior for correlation with fire effects. General Technical Report, Ogden, U.S.D.A. Forest Service, INT-93, 4 pp.
- SÁNCHEZ, C.J.; DIETERICH, J.H. 1983. Efecto de quemadas controladas en *Pinus durangensis* en Madera, Chihuahua. Nota Técnica N.9 PR-05. Centro de Investigaciones del Norte. INIF. SARH. Chihuahua. 9 pp.
- WADE, D.D.; LUNSFORD, J.D. 1989. A guide for prescribed fire in southern forests. Technical Publication, Atlanta, U.S.D.A. Forest Service, R8- TP11. 56 pp.
- XELHUANTZI, J.; FLORES, J., CHÁVEZ, A. 2010. Manual de efectos de primer orden de incendios forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. Folleto Técnico Número 8. 66 pp.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Beatriz Rodríguez Alfaro

Máster en Ciencia Forestal, investigadora agregada de la Estación Experimental Agro-Forestal de Viñales, su labor investigativa ha estado dirigida en las temáticas de Protección y Manejo del Fuego. Ha impartido docencia en la enseñanza de nivel medio en las temáticas de Dendrología y Protección del Bosque. Obtuvo Premio Organismo 2010 y 2013. Ha participado en eventos nacionales e internacionales.

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

Patentes

- Uso de bioestimulantes en la resinosis inducida.

Otras ofertas

- Turismo científico.
- Posturas forestales y frutales.
- Literatura científica y materiales informativos.
- Semillas forestales.
- Aceite trementina, colofonia.