

QUEMAS PRESCRITAS: UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA LA REDUCCIÓN DEL MATERIAL COMBUSTIBLE EN PLANTACIONES DE PINO

YOU BURN PRESCRIBED: AN ECOLOGICAL ALTERNATIVE FOR THE REDUCTION OF THE COMBUSTIBLE MATERIAL IN PLANTATIONS OF PINE

M. Sc. ISYOEL URRUTIA-HERNÁNDEZ,¹ M. Sc. BEATRIZ RODRÍGUEZ-ALFARO,¹ M. Sc. YOSVANY FLEITAS-CAMACHO,¹
DR. C. JOSÉ GERMÁN FLORES-GARNICA,² ING. JOSÉ A. HERNÁNDEZ-ABREU³ Y DR. C. WILFREDO MARTÍNEZ-BECERRA⁴

¹ Estación Experimental Forestal Viñales. Km 20 carretera a Viñales, Pinar del Río, Cuba, vinales@forestales.co.cu, teléf.: 79 3123

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México

³ Estación Experimental Forestal Camagüey/Universidad de Pinar del Río, Calle Martí Final 270, Cuba

⁴ Universidad de Pinar del Río. Calle Martí Final 270, Pinar del Río, Cuba

RESUMEN

La puesta en práctica del concepto integral dentro del manejo de recursos forestales ha implicado la búsqueda de alternativas versátiles y económicas para su implementación práctica. Una de estas son las quemadas prescritas, que aunque en Cuba hay muy pocos antecedentes sobre el tema, esta práctica se implementa en varios países, como una herramienta de apoyo a sus planes de manejo integral forestal, por lo que la implementación de las quemadas prescritas en Cuba se le debe prestar atención para conocer sus efectos a mediano y largo plazo. En consecuencia se analiza el efecto de quemadas prescritas y su influencia en los materiales combustibles existentes en bosques de pino, sustentados en la subcuenca hidrográfica I, asociada al río San Diego, en Galalón, obteniéndose que la puesta en práctica de quemadas prescritas permiten reducir la carga del material combustible.

Palabras claves: Quemadas prescritas, material combustible, Pinus.

ABSTRACT

The setting in practice of the integral concept inside the handling of forest resources, it has implied the search of alternative versatile and economic for their practical implementation. One of these they are the you burn prescribed that although in Cuba there are very few antecedents on the topic, this practice is implemented in several countries, like a support tool to its plans of forest integral handling, for that that the implementation of you burn them prescribed in Cuba attention it should be lent to know its effects to medium and I release term. In consequence the effect is analyzed of you burn prescribed and its influence in the existent combustible materials in pine forests, sustained in the subcuenca hidrográfica one, associated to the river San Diego, in Galalón, being obtained that the setting in practice of you burn prescribed they allow to reduce the load of the combustible material.

Key words: Prescribed burning, combustible material, Pinus.

INTRODUCCIÓN

Los bosques son el resultado del equilibrio entre diversos factores ecológicos, uno de los cuales es el fuego, el cual ha jugado un importante papel como regulador en la sucesión vegetal y especialmente en la forestal. La frecuencia y la intensidad de los incendios forestales están determinadas, de for-

ma general, por el clima, la topografía y la acumulación de material combustible.

En la actualidad se acepta que la frecuencia y la severidad de los incendios en la región tropical y en otras partes del mundo están aumentando. Esto en unos países se relaciona con la pobreza, el aumento de la pobla-

ción o el empleo de políticas inadecuadas. En otros, como Estados Unidos [USDA Forest Service, 2000; National Commission on Wildfire Disasters, 1995], es consecuencia de décadas de prevención y supresión exitosa de incendios en ambientes propensos que llevaron a cambios en las cargas de combustibles y en la composición del bosque que ahora alimentan fuegos más intensos. Controlar estos incendios es difícil y costoso.

La acumulación de material combustible sobre el piso de los rodales de pinos a lo largo de los años aumenta drásticamente el riesgo de incendios. Una de las alternativas para disminuir este riesgo o disminuir el potencial de daños es reducirla periódicamente en el interior de los rodales a través de la quema prescrita. A pesar del riesgo y de los problemas que puede causar, el fuego es utilizado de forma controlada y/o prescrita como un instrumento útil y barato en diversas actividades forestales y agrícolas desde hace mucho tiempo en prácticamente todas las regiones del mundo.

Cuando se eliminan los bosques se pierde algo más que árboles. Desaparecen animales, plantas, posibles cultivos, productos farmacéuticos, maderas, fibras, una vegetación que restaura los suelos y controla las inundaciones e incontables productos y espaciamientos. Además de la madera y los productos forestales no madereros, los bosques tropicales son proveedores de importantes beneficios ambientales o servicios, tales como la regulación de la sequía e inundaciones, control de la erosión del suelo, purificación del aire, el agua, así como la disminución de los gases de efecto invernadero (incluyendo el dióxido de carbono en los troncos de los árboles, si la madera extraída de ellos no es quemada), la conservación de los recursos genéticos, la diversidad biológica y la generación de beneficios recreativos y valores estéticos [Panayotou y Arhton, 1997].

La provincia de Pinar del Río es la que muestra en Cuba los valores más elevados de incendios y de áreas afectadas por estos, con la particularidad de que según datos facilitados por el Cuerpo de Guardabosques [CGB, 2008], en diez años (1998 a 2008) el 67,05 % de los incendios ha ocurrido en bosques de pinos compuestos por *Pinus caribaea* Morelet

var. *caribaea* y *Pinus tropicalis* Morelet, a los que corresponde el 91,17 % de las áreas afectadas por estos fenómenos.

Es por ello que el objetivo del presente trabajo es evaluar los efectos de las quemas prescritas utilizadas para la disminución de la carga del material combustible en bosques naturales de *P. tropicalis* y *P. caribaea* mezclados, que permitan mitigar el riesgo de surgimiento y propagación de los incendios forestales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un bosque natural mezclado de *Pinus tropicalis* Morelet, y *Pinus caribaea* var. *caribaea* de la Estación Hidrológica Forestal Experimental Amistad, la cual ocupa un área de 52 ha que posee ocho microcuencas experimentales, y su centro coincide con las coordenadas 22°41' de latitud norte y 82°26' de longitud oeste [Plasencia, 1998], centrando el estudio en la microcuenca número I, con un área de 8,91 ha, donde se implementaron las quemas prescritas y la microcuenca número II como testigo, ocupando un área de 10,3 ha.

Plan de quemas prescritas

Para la planificación de las quemas prescritas se previeron la cuantía y los recursos que se requerían y la obtención del permiso por parte del Cuerpo de Guardabosque, con el visto bueno del Servicio Estatal Forestal. Es muy importante avisar a las autoridades del territorio, así como a las comunidades cercanas al lugar de la quema y al público en general. Según TNC (2005), este documento debe contener la mayor información posible.

Técnicas de quema utilizadas

Para la ejecución de la quema prescrita fueron aplicadas dos técnicas básicas de quema: quema contra el viento o en retroceso y quema a favor del viento o quema frontal.

La quema contra el viento o en retroceso, de acuerdo con lo descrito por Batista (1995), consistió en hacer que el fuego se extendiera en dirección opuesta al viento y en dirección contraria a la pendiente. La quema a favor del viento o quema frontal consistió en hacer que el fuego se propague a favor del viento y de la pendiente.

Las líneas de fuego fueron encendidas por los lados de cada parcela, utilizando una antorcha de goteo a partir de la trocha que delimitaba la parcela. De esta forma, el fuego recorrió el ancho de la parcela.

Estimación de la cantidad de material combustible disponible

La estimación de la cantidad de material combustible fue realizada una semana antes de la fecha en que se ejecutó la quema y una semana inmediatamente después de realizada. Se utilizó el método de muestreo de las parcelas de 1 m², y se ubicaron cinco de estas en línea recta al centro de cada parcela de 10 000 m² con una separación de 10 m entre ellas. Con la ecuación 1, a través de un premuestreo, se determinó el tamaño de la muestra para cada una de las clases en que se clasificó el material combustible. Como el número de parcela varió de una clase a otra, se trabajó con el tamaño correspondiente a la clase de mayor variabilidad, lo cual implica el mayor número de parcelas obtenido.

$$N = \left[\frac{CV \times t}{EM \%} \right] \quad (1)$$

donde:

- N: Tamaño de muestra
- CV: Coeficiente de variación
- EM: Error de muestreo
- t: Valor obtenido de la tabla de distribución de t de Student con n⁻¹ para un 95 % de probabilidad

El material combustible disponible se clasificó en misceláneas, material vivo y material leñoso muerto. Se consideraron misceláneas a los materiales no leñosos muertos tales como hojas, hierbas, hojarasca, *humus* y frutos. Como material vivo se consideró a la vegetación verde con diámetro menor de 2,5 cm y altura menor de 1,80 m. El material leñoso muerto se clasificó de acuerdo a Fosberg (1971), citado por Batista (1995), según muestra la *Tabla 1*.

TABLA 1
Clasificación del combustible leñoso muerto según su diámetro

Clases	Categoría (cm)	Tiempo de retardo (h)
Clase 1	0-0,6 cm	1
Clase 2	0,6-2,5 cm	10
Clase 3	2,5-7,6 cm	100
Clase 4	> 7,6 cm	1000

El peso del material combustible por cada una de las clases se determinó utilizando una balanza con precisión de 0,1 g. Posteriormente se tomó una pequeña submuestra de cada clase, la cual fue pesada, identificada, embalada en bolsas plásticas y llevada al Laboratorio de Investigaciones de Química de la Estación Experimental Forestal Viñales; el material fue secado en la estufa a una temperatura de 75 °C (± 5 °C) durante 48 h, determinándose posteriormente el peso seco de acuerdo con la metodología propuesta por Batista (1995).

El mantillo es la capa superior del suelo, formada en gran parte por los materiales recién caídos, semidescompuestos y en descomposición. Para determinar su profundidad se utilizó una regla graduada tomando en cada uno de los bordes de las subparcelas de 1 m², su profundidad en centímetros.

Comportamiento del fuego

El comportamiento del fuego se evaluó en las parcelas de 10 000 m². Algunos de los parámetros utilizados para esto fueron obtenidos directamente en el área de estudio.

La intensidad del fuego se determinó por la ecuación 2.

$$I = H \times w \times r \quad (2)$$

Donde:

- I: Intensidad del fuego (kW x m⁻¹)
- H: Calor de combustión en kJ x kg⁻¹ (16 720 kJ x kg⁻¹) ≈ (4000 kcal x kg⁻¹)
- w: Peso del combustible disponible (kg x m⁻²)
- r: Velocidad de propagación del fuego (m x s⁻¹)

La forma de obtención de la variable w fue analizada en la estimación de la cantidad de material combustible disponible y r se explica más adelante. Como calor de combustión del material combustible (H) se utilizó 16 720 kJ x kg⁻¹, siguiendo a Batista (1995).

El calor liberado por unidad de área se estimó con la ecuación 3 [Rothermel y Deeming, 1980].

$$Ha = I/r \quad (3)$$

Donde:

- Ha: Calor liberado por unidad de área (kJ x m⁻²)

I : Intensidad del fuego ($\text{kW} \times \text{m}^{-1}$)

r : Velocidad de propagación ($\text{m} \times \text{s}^{-1}$)

La longitud de la llama fue estimada por la ecuación 4, la cual fue propuesta por Alexander (1982), citado por Rodríguez (2002).

$$L = 0,0775 \times I^{0,46} \quad (4)$$

Donde:

L : Longitud de la llama (m)

I : Intensidad del fuego ($\text{kW} \times \text{m}^{-1}$)

La velocidad de propagación del fuego se determinó por la ecuación 5.

$$r = d/t \quad (5)$$

Donde:

r : Velocidad de propagación ($\text{m} \times \text{s}^{-1}$)

d : Distancia del avance del fuego (m).

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

Los datos meteorológicos y la previsión del tiempo necesarios para realizar la quema fueron obtenidos en la estación hidrológica Amis-

tad, en el propio lugar el día de la quema monitoreando a cada hora las variables meteorológicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Plan de quema prescrita

Para desarrollar el plan de quema y garantizar los objetivos previstos se analizaron varios factores climáticos de la región. Heikkilä *et al.* (1993), citado en Martínez (2006), plantean que las condiciones climatológicas determinan el comportamiento del fuego, destacándose las variables precipitación, viento, temperatura y humedad relativa, las cuales fueron tomadas antes, durante y después de efectuar las quemas previstas en la Estación Hidrológica Amistad, donde se realizó la investigación.

Los datos registrados muestran que el período más lluvioso está comprendido de abril a octubre de 2008, como se puede observar en la *Fig. 1*.

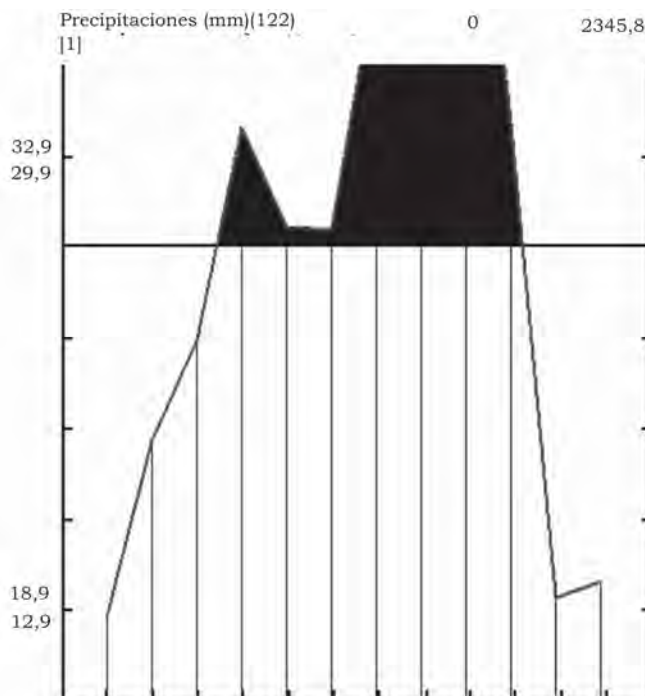


Figura 1. Muestra de los datos de precipitación de la Estación Hidrológica Amistad, Galalón de 2008.

Las quemas prescritas se realizaron en junio y noviembre de 2008, cuando las precipitaciones no fueron tan pronunciadas, las cua-

les favorecieron la efectividad de las quemas prescritas implementadas en el área de estudio, corroborado por Martínez (2006), quien

plantea que no pueden realizarse durante aquellos meses del año cuando no llueve o cuando llueve excesivamente. Deben realizarse durante la época del año que exista una alta probabilidad de que después de una lluvia ligera (menos de 10 mm) sucederá un período corto sin lluvia.

En cuanto a la dirección del viento, Lopetegui *et al.* (1996) plantean que en la provincia de Pinar del Río existe durante todo el año un predominio de los vientos de región este, sobre todo en la vertiente sur y hacia zonas del centro-oeste del territorio. En algunos casos, como ocurre en las alturas pizarrosas de la Sierra de los Órganos, estos vientos penetran con una componente algo más del sudeste. En la vertiente norte la componente predominante es de este-nordeste. El promedio de la velocidad del viento oscila entre 7 km x h⁻¹ en agosto y 12,05 km x h⁻¹ en marzo. Valores similares fueron observados en el área del experimento durante las diferentes mediciones realizadas.

La temperatura es otro factor básico del clima a tener en cuenta, que determina el estado del combustible forestal, siendo su principal efecto su secado [Heikkilä *et al.*, 1993]. De noviembre a marzo la temperatura promedio oscila entre los 20 y 25 °C para la región.

Otro factor es la humedad relativa, un indicador del porcentaje de saturación del aire a una temperatura determinada. Por ello, si la humedad relativa es alta, esto significa que hay un alto contenido de humedad en el aire, lo que aumenta el contenido de humedad del combustible [Heikkilä *et al.*, 1993]. Los valores promedio determinados en el momento de la quema oscilaron para la región entre un 73 y un 81,2 %, factor que influye en el momento de planificar la quema, ya que el contenido de humedad de los combustibles finos y muertos reaccionan inmediatamente a los cambios de la humedad relativa del ambiente.

Analizando las variables meteorológicas, se consideró el momento de la aplicación de la quema en el período de diciembre a febrero, ya que a partir de este mes comienza la etapa de riesgo de incendios forestales, momento

el cual las variables no poseen un comportamiento deseado para la aplicación de la quema, lo cual se corrobora con lo planteado por Brown y Davis (1973), que recomiendan las quemas en el hemisferio norte, entre diciembre y marzo, en condiciones de uno a tres días sin lluvias y con vientos de dirección norte entre 4,8 y 16 km x h⁻¹, como los mejores.

Prescripción

Para la elaboración del plan de quemas prescritas se tuvieron en cuenta trabajos realizados en Centroamérica, sur de Estados Unidos y Brasil entre otros, además de considerar las regulaciones de la Ley Forestal de Cuba.

En la unidad de quema se consideraron los tipos de vegetación, localización, tamaño y topografía. Se realizaron las trochas corta fuego para evitar el escape de la quema. Se determinó que los combustibles son como se describieron en el plan de quema de preparación del sitio de quema, las variables meteorológicas se monitorearon antes, durante y después de efectuada la quema, lo cual garantizó su efectividad.

La logística realizada para la quema en bosques naturales mezclados de *P. tropicalis* y *P. caribaea* coinciden con lo planteado por Nájera (2000) y TNC (2005), citado por Martínez (2006). En el momento de realizar un plan de quema prescrita, antes de efectuar la quema se explicó el plan de quema a todos los participantes, se comprobó el pronóstico del tiempo con los instrumentos manuales en el área, se comprobó la humedad de los combustibles y se realizó una quema de prueba para observar el comportamiento del fuego.

Al terminar las labores se comprobó que el fuego ha sido liquidado completamente y no quedaron puntos calientes en el área como posibles lugares donde se pueda reiniciar; quedó además vigilancia en la zona, y al otro día por la mañana se continuaron los trabajos de vigilancia y liquidación; en horas de la tarde se concluyeron todas las actividades después de comprobar que ya no existía ningún tipo de riesgo en la zona de estudio.

Entre los parámetros más importantes a la hora de realizar una prescripción se encuen-

tra la intensidad del fuego, la velocidad de propagación y la longitud de las llamas.

Técnica de quema utilizada

Las técnicas de quema utilizadas en el área experimentadas para la ejecución de las quemas prescritas establecidas en el área de estudio fueron la quema en retroceso para la parcela 1 y en avance o frontal para la parcela 2.

Para el uso del fuego se empleó una antorcha de goteo y fueron ubicados alrededor del perímetro los especialistas de la brigada profesional de prevención y combate a los incendios forestales del CGB de la Zona el Abra, perteneciente al municipio de La Palma.

Las quemas fueron efectuadas el 25 de junio y el 7 de noviembre de 2008, después de un período sin lluvia de cinco días, comenzando los trabajos a las tres y media y terminándolos alrededor de las seis y cuarenta de la tarde.

Los valores de la humedad relativa y la temperatura del aire durante las quemas prescritas en el área oscilaron para la primera quema, entre un 75 y un 84 %, y de 26 a 27,3 °C. Para la segunda quema los valores oscilaron de 72 a 73,5 %, y de 27 a 28 °C, respectivamente. Estos parámetros están dentro del rango admisible para realizar una quema prescrita según Batista *et al.* (2000).

Estimación de la cantidad de material combustible disponible antes y después de la quema

La acumulación del material combustible sobre el piso de los rodales de pino, a lo largo de los años, aumenta drásticamente el riesgo de incendios. Una de las alternativas para disminuir este riesgo o disminuir el potencial de daños de los incendios es reducir periódicamente la cantidad de material combustible, influyendo este en la evolución de los incendios forestales.

Basado en la clasificación del material combustible, se determinó que para el área de estudio las misceláneas fueron las de mayor representatividad; esto se debe a la gran acumulación de las acículas y hojas de varias especies forestales que demoran tiempo en

descomponerse, formando una capa gruesa, donde el fuego se puede propagar con facilidad. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Martínez (2006) en estudios similares.

Por otra parte, Batista (1995) y Grodzki (2000) en quemas prescritas experimentales consideran que la mayor cantidad de material combustible corresponde a las misceláneas. Este resultado influye, según Bittencourt (1990), en la rapidez de la quema, ya que es un material muy fino y tiene la propiedad de ganar o perder humedad en poco tiempo de acuerdo con las condiciones meteorológicas.

Coincidiendo con Soares (1985), corresponde al material combustible disponible aproximadamente el 70-85 % de la cantidad total de combustible con diámetro inferior a 2,5 cm.

En las áreas experimentales los combustibles más representativos fueron principalmente gramíneas y dicotiledóneas herbáceas, con una altura media de 1,30 m, así como hojarasca, acículas y otros materiales en descomposición, corroborado por investigaciones experimentales realizadas por Martínez (2006) en condiciones similares. Se determinó que el material combustible verde representa el 23,5 % de los materiales combustibles existentes en el área de estudio elemento importante que incide en el comportamiento vertical del fuego, contribuyendo a que el fuego pueda carbonizar la yema terminal de los árboles, como se puede observar en la *Fig. 2*.



Figura 2. Área experimental antes de aplicar la quema prescrita.

En la *Tabla 2* se presentan los valores obtenidos para el peso seco del material combustible disponible antes de la quema, en cada una de las parcelas, de acuerdo con la clasificac-

ción utilizada. Las muestras del material combustible seco colectado antes de la quema alcanzan para las parcelas 1 y 2 de los totales 2,08kg/m² y 2,28kg/m², respectivamente.

TABLA 2
Peso seco (g x m⁻²) del material combustible disponible antes de la quema por parcela y clases de combustible

	Material combustible		
	g/m ⁻²		
Clases	Parcela 1	Parcela 2	Media
Verde	295	186	240
Misceláneas	1468,45	1648,57	1558,51
Clase I	106,43	128,34	117,38
Clase II	211,35	321,49	266,42
Total	2081,23	2284,4	2182,81

El material combustible disponible se clasificó en misceláneas, material vivo y material leñoso muerto. Se consideraron misceláneas a los materiales no leñosos muertos tales como hojas, hierbas, hojarasca, *humus* y frutos. Como material vivo se consideró a la vegetación verde con diámetro menor de 2,5 cm y altura menor de 1,80 m. El material leñoso muerto se clasificó de acuerdo con Fosberg (1971), citado por Batista (1995), según muestra la *Tabla 3*.

Estos resultados son similares a los obtenidos por autores tales como Martínez (2006), Groski (2000), Batista (1995) y Vega *et al.* (2000), quienes reportan reducciones del mantillo de un 92,7 % en áreas naturales de *Mimosa scabrella* Benth. (bracatinga), un 30 % en plantaciones de *Pinus taeda* y una reducción de la hojarasca de más del doble en pinares de Galicia, España, en la primera aplicación del fuego prescrito, respectivamente. Esto se debió al menor contenido de humedad del mantillo; no obstante, la exposición del suelo mineral fue muy reducida, ya que al mes de haber realizado las quemas comenzó la regeneración de las especies que componen el estrato herbáceo.



Figura 3. Área experimental después de aplicada la quema prescrita.

Se determinó la espesura del mantillo en centímetros antes y después de la quema en cada una de las parcelas, donde se obtuvo una reducción que alcanzó un valor promedio del 74,1 para la parcela 1 y 71,7 % para la parcela 2, con una profundidad media después de la quema prescrita de 3,23 cm.

Comportamiento del fuego

El comportamiento del fuego se determinó fundamentalmente por el viento y la disponibilidad del material combustible en las áreas experimentales donde se efectuaron las quemas prescritas. En la parcela 1 con la aplicación de la quema en retroceso, el fuego se propagó fundamentalmente por las misceláneas, la longitud de las llamas alcanzaron valores medios de 0,76 m de altura, la cual no introdujo efectos en el arbolado. Estudios de Flores y Benavides (1994) alcanzaron valores de altura de la llama de 0,5 m para quemas en retroceso, y hasta 5 m para quemas en avance para bosques de pinos en Jalisco.

La velocidad de propagación del fuego determinada fue de 0,0143 m x s⁻¹. Según Wade y

Lunsford (1989), afirman que las quemas contra el viento avanzan con velocidades entre 0,0056 y 0,0167 m x s⁻¹, con lo cual coinciden los resultados.

TABLA 4
Parámetros del comportamiento del fuego de la parcela 1

Parcela 1	I kW x m ⁻¹	r m x s ⁻¹	Ha kJ x m ⁻²	L x m
Retroceso	706,4	0,0143	34 797,9	0,76

Los valores correspondientes al comportamiento del fuego se observan en la *Tabla 4*. Wade (1986), citado por De Ronde *et al.* (1990), describen niveles de intensidades asociados con el comportamiento del fuego para auxiliar los planes de quemas prescritas en poblaciones de *Pinus elliotii* en el sur de Estados Unidos. Según estos autores, existen dos niveles: el límite de óptima variación, que estaría entre 17 y 60 kcal x m⁻¹ x s⁻¹, y el máximo de intensidad de quema que no debe sobrepasar las 165 kcal x m⁻¹ x s⁻¹. Realizando un análisis de los resultados con estos valores podemos determinar que la intensidad del fuego está entre los límites comprendidos.

De acuerdo con Brown & Davis (1973), los incendios pequeños difícilmente exceden niveles de intensidad de 2000 kW x m⁻¹, mientras que en los incendios de gran magnitud pueden traspasar valores de 60 000 kW x m⁻¹.

Martínez (2006) realizó experimentos con quemas prescritas en condiciones similares y obtuvo variación en la intensidad del fuego desde 128,4 kW x m⁻¹ hasta 1340,4 kW x m⁻¹ en correspondencia a la disponibilidad del material combustible y las condiciones ambientales de estas áreas de quema. Kauffman y Martín (1989), citado por Martínez (2006), obtuvieron valores de intensidades muy va-

riables, desde 3,32 kcal x m⁻¹ x s⁻¹ hasta 36,33 kcal⁻¹ x s⁻¹, en bosques mixtos de coníferas. Burrows *et al.* (1989), en quemas experimentales en plantaciones de *Pinus radiata* en Australia, obtuvieron intensidades de fuego entre 4,78 y 144 kcal x m⁻¹ x s⁻¹, mientras que Batista (1995) logró intensidades de fuego para plantaciones de *Pinus taeda* entre 2,88 y 25, 22 kcal x m⁻¹ x s⁻¹.

Los valores de alto calor liberado obtenidos para las parcelas objeto de estudio están determinados por el porcentaje elevado de material combustible disponible y la velocidad del viento, los cuales contribuyeron en gran medida a que en la parcela 2, con la aplicación de quemas a favor del viento, los valores de intensidad del fuego fueran más elevados, considerando que la disponibilidad de los materiales combustibles y las variables meteorológicas alcanzaran los mayores valores para la quema en avance donde la velocidad de propagación fue de 0,0514 m/s, alcanzando alturas de llamas de 2,15 m, como se muestra en la *Tabla 5*, a diferencia de la quema en retroceso que muestra los valores más bajos. Según Flores *et al.* (2006), en estudios en la reserva de la biosfera, Sierra de Manantlán determinó valores de velocidades de propagación del fuego de 0,30 m/min con alturas de llamas que oscilaron desde 0,25 a 3,5m.

TABLA 5
Parámetros del comportamiento del fuego de la parcela 2

Parcela 2	I kW x m ⁻¹	r x m x s ⁻¹	Ha x kJ x m ⁻²	L x m
Avance	1963,23	0,0514	38 195,14	2,15

Por otra parte, Batista (1995), citado por Martínez (2006), obtuvo valores similares a los obtenidos en esta investigación para la velocidad de propagación en plantaciones de

Pinus taeda. Además, Johansen (1975) encontró velocidades entre 0,0762 y 1,09 m x s⁻¹ en quemas a favor del viento en plantaciones de *Pinus elliotii*.

CONCLUSIONES

- La ejecución de las quemas prescritas permiten la disminución de la cantidad de material combustible, provocando a la vez un efecto favorable en los ecosistemas dependientes del fuego.
- Con el uso del fuego se logró una reducción del material combustible de un 88,04 %.
- Las quemas prescritas se desarrollaron de acuerdo con el plan de quema elaborado, logrando los objetivos propuestos sin dañar el arbolado.
- Las variables del comportamiento del fuego durante la quema se mantuvieron dentro del rango que señalan varios autores para este tipo de quema.
- La intensidad del fuego en los dos tratamientos fue inferior a 2000 kW x m⁻¹, la velocidad de propagación se clasifica entre baja y media, así como la longitud de la llama y el calor liberado.

BIBLIOGRAFÍA

- BATISTA, A. C. 1995: «Avaliação da queima controlada em povoamentos de *Pinus L.* no norte do Paraná», Tese à obtenção do Grau de Doutor em Ciências Florestais, Universidad de Curitiba.
- BATISTA, A. C.; REISSMANN, C. B.; SOARES, R. V. 2000: «Efeitos da queima controlada sobre algumas propriedades químicas do solo em um povoamento de *Pinus taeda* no município de Sengés-PR», *Floresta (BR)* 27 (1-2): 59-70.
- BITTENCOURT, S. M. 1990: «Aspectos técnicos do sistema bracinga», Seminário sobre agrossilvicultura no desenvolvimento rural, Curitiba, 1990. Anais...Curitiba: Convênio Brasil/Paraná França, FAO, Universidad de Curitiba, pp. 41-46.
- BURROWS, N. D. ET AL. 1989: «Prescribed Low Intensity Fire to Kill Wildings in *Pinus radiata* Plantations in Western Australia», *Australian Forestry (AU)* 52: (1): 45-52.
- BROWN, A. A.; DAVIS, K. P. 1973: *Forest Fire-Control and Use*, Mc Graw Hill, Nueva York, 686 pp.
- DE RONDE, C. ET AL. 1990: «Prescribed Fire in Industrial Plantations», Goldammer, J. G.: *Fire in the Tropical Biota-Ecosystem and Global Challenges*, Springer-Verlag, Berlín (Ecological Studies (DD), vol. 84: 216-272.
- FLORES, J. G.; BENAVIDES, J. 1994: «Influencias de dos tipos de quemas controladas en bosque de pino en Jalisco» Folleto Técnico no. 5, INIFA, Guadalajara, 12 pp.
- FLORES, J. G. ET AL. 2006: «Descripción del comportamiento del fuego a partir de la aplicación de quemas controladas en las Reservas de la Biosfera Sierra de Manantlán y Tehuacan-Cuicatlán», Folleto Técnico, INIFA, México, 10 pp.
- GRODZKI, L. 2000: «Efeitos do fogo sobre variáveis micrometeorológicas em uma floresta de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) manejada sob o sistema agroflorestal em Colombo, PR», Tese à obtenção do grau de Doutor em Ciências Florestais, Universidad de Curitiba.
- HEIKKILÄ, T. V.; GRÖNOVIST, R.; JURVÉLIUS, M. 1993: *Handbook on Forest Fire Control. A Guide for Trainers*, Forestry Training Programme, Publication 21, Helsinki, 239 pp.
- JOHANSEN, R. W. 1975: «Prescribed Burning May Enhance Growth of Young Slash Pine», *Journal of Forestry (EU)* 73(3): 148-149.
- KAUFFMAN, J. B.; MARTIN, R. E. 1989: «Fire Behavior, Fuel Consumption, and Forest Floor Changes Following Prescribe Understory Fires in Sierra Nevada Mixed Conifer Forest», *Canadian Journal Forest Research (CA)* 19: 455-462.
- LOPETEGUI, C. M.; ALFONSO, O.; NARANJO, H. L. 1996: «Caracterización climática de la Cordillera de Guaniguanico, Pinar del Río», Centro Meteorológico Provincial, Citma, 17 pp.
- MARTÍNEZ, L. W. 2006: «Uso de quemas prescritas en bosques naturales de *Pinus tropicalis* Morelet en Pinar del Río», Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río.
- NATIONAL COMMISSION ON WILDFIRE DISASTERS. 1995: «Report of the National Commission on Wilfire Disasters», Washington. D. C., 25 pp.
- NAJERA, A. 2000: Curso Internacional de Protección contra Incendios Forestales, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México, 24 pp.
- PANAYOTOU, T.; ARHTON, P. S. 1997: Not by Timber Alone. Economics Ecology for Sustaining Tropical Forest», Washington D. C., Covelo. California, pp. 54-57.
- PLASENCIA, T. 1998: «Programa de desarrollo económico forestal hasta el año 2015», revista *Cuba Forestal (CU)* 1: 30-3.
- RODRÍGUEZ, D. A. 2002: «Ecología del fuego en el ecosistema de *Pinus hartwegii* Lindl.», Sinfor II, Universidad de Pinar del Río, Cuba, 24 pp.
- ROTHERMEL, R. C.; DEEMING, J. E. 1980: «Measuring and Interpreting Fire Behavior for Correlation with Fire Effects», General Technical Report, Ogden, USDA, Forest Service, INT-93, 4 pp.
- SOARES, R. V. 1985: *Incendios florestais-control e uso do fogo*, Fupef, Curitiba, 213 pp.
- TNC. 2005: «Introducción a quemas prescritas para áreas naturales protegidas», Belice National Commission on Wildfire Disasters, 1995. Report of the National Commission on wilfire Disasters. Washington D. C., 115 pp.
- VEGA, J. A. ET AL. 2000: *Efectos del fuego prescrito sobre los suelos de montes de Pinus pinaster. La defensa contra incendios forestales*, Ed. Mc Graw Hill, Madrid, pp. 14.61-14.71.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Isyoel Urrutia Hernández

Ingeniero agrónomo, máster en Ciencias Forestales, investigador agregado de la Estación Experimental Agro-Forestal de Viñales, profesor adjunto de la Universidad de Pinar del Río, su labor investigativa ha estado dirigida en las temáticas de protección y manejo del fuego. Ha dirigido tres proyectos de investigación-desarrollo, además de participar activamente en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.