

Efectos del fuego sobre propiedades químicas del suelo en bosque natural de *Pinus cubensis*

Fire effects on soil chemical properties in a natural *Pinus cubensis* forest

Mirian Rigondeaux-Reyes; Francisco Durán-Manual

Universidad de Guantánamo, Facultad Agroforestal, Cuba

Correo(s) electrónico(s)

mirianr@cug.co.cu

franciscodm@cug.co.cu

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7399-6126>

<http://orcid.org/0000-0002-4422-5346>

Recibido: 20 de febrero de 2021

Aceptado: 2 de marzo de 2021

Resumen

La investigación se realizó en un bosque de *Pinus cubensis* perteneciente a la Unidad Empresarial de Base de Yateras, con el objetivo de evaluar los efectos de la quema prescrita sobre algunas propiedades químicas del suelo. Se determinó la cantidad de material combustible, comportamiento del fuego y sus efectos sobre propiedades químicas del suelo, se obtuvo como resultado en retroceso la reducción del 58,5% del material combustible y en avance, el 43,7%. Para ambos casos, la intensidad de quema no sobrepasó las 165 kcal.m⁻¹.s⁻¹. En cuanto a las propiedades químicas del suelo, no se encontraron diferencias entre las técnicas.

Palabras clave: Fuego; Suelo; Material combustible; Quemadas prescritas.

Abstract

The research was carried out in a forest *Pinus. Cubensis* belonging to the UEB of Yateras, with the objective of evaluating the effects of prescribed burning on some chemical properties of the soil. The amount of combustible material was determined. The behavior of fire and its effects on some chemical properties of the soil, the following results were obtained: 58.5% of combustible material was reduced in retreat and 43.7% in advance. For both cases, the burning intensity did not exceed 165 kcal.m⁻¹.s⁻¹. Regarding the chemical properties of the soil, no differences were found between the techniques.

Keywords: fire, soil, combustible material and prescribed burns.

Introducción

Según Agee, (1998) “El fuego ha sido causante de diversas adaptaciones presentes en el género *Pinus* y de su amplia distribución en su hábitat nativo del hemisferio Norte y el alto rango expansivo como especie exótica en el hemisferio Sur” (p.193). Al respecto, Urrutia (2012), afirma:

Para poder usar de forma sostenible los bienes y servicios que aportan los recursos forestales, el hombre ha tenido que conocer los efectos del fuego en los diferentes elementos de los ecosistemas forestales. Esto ha propiciado que, en varios países, como Estados Unidos, Brasil y España se cuentan con suficiente información al respecto, llegando incluso al grado de legislar la forma de evaluar el impacto ambiental de los incendios forestales. (p.103.)

Por su parte, Durán, (2014^a), afirma que 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. Una de estas son las quemas prescritas, aunque en Cuba hay escasos antecedentes sobre el tema, esta se implementa en varios países como una herramienta de apoyo a sus planes de manejo integral forestal.

En correspondencia con lo anterior, se considera, que a la implementación de las quemas prescritas en Cuba se le debe prestar atención para argumentar sus efectos a mediano y largo plazo sobre los diferentes elementos que conforman los pinares, entre los que figuran las propiedades químicas del suelo.

El conocimiento de los efectos del fuego sobre las propiedades químicas del suelo, generados por la implementación de las quemas prescritas en pinares, es importante si se tiene en cuenta que la existencia de este tipo de bosque en Cuba es superior a las 250 000 ha.

Las quemas prescritas en Cuba han sido aplicadas a nivel experimental, solo alguna de ellas describe los efectos de las quemas sobre las propiedades químicas del suelo en *Pinuscaribaeae*.

Existen estudios acerca de los efectos de las quemas prescritas en un bosque de *Pinus cubensis* en la provincia de Guantánamo. Estos se enfocan a las variaciones de comunidades fúngicas y la regeneración natural antes y después de aplicar quemas prescritas, por ello, se hace necesario evaluar el fuego sobre propiedades químicas del suelo en un bosque natural de *Pinus cubensis* del municipio Yateras en la provincia Guantánamo.

Desarrollo

La investigación fue realizada en un fragmento de bosque natural de *Pinus cubensis* perteneciente a la Unidad Empresarial de Base Silvícola (UEB), de la Empresa Forestal Integral Guantánamo en la localidad Monte Llano, municipio Yateras, Provincia Guantánamo, en el lote 11 rodal 22; coordenada X 677,263 y la Y 187,263.

Se utilizó un diseño aleatorio, evaluando la carga de material combustible, el comportamiento del fuego, algunas características del suelo y efectos del fuego sobre ciertas propiedades químicas del suelo. Debido a esto, fue necesario combinar en el mismo lugar, distintos tipos de parcelas, aplicándose quemas prescritas en seis parcelas rectangulares de 20 X 50 m, a tres en avance y a tres en retroceso. Se determinó el peso seco del material combustible antes y después de las quemas para su evaluación, evaluándose el comportamiento del fuego.

Para realizar los análisis químicos del suelo, se tomaron seis muestras de 0-10 y de 10-20 cm de profundidad por cada parcela de 20 x 50 m. La determinación de la carga de material combustible disponible se realizó una semana antes y una después de aplicadas las quemas en las seis parcelas quemadas, de acuerdo con Ramos (2010), y utilizada por Pérez (2012), Urrutia (2012) y Durán (2014), que consiste en estimar el peso de todo el material combustible disponible depositado en una parcela de 1 m².

Se evaluaron los parámetros del comportamiento del fuego: intensidad del fuego según Byram (1959), calor liberado por unidad de área, altura de las llamas, según la fórmula descrita por Batista (1990), y la velocidad de propagación del fuego se determinó de acuerdo con 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” (p. 213).

Para la evaluación de los efectos del fuego sobre algunas propiedades químicas del suelo, se analizaron los valores de pH, Mg²⁺, K⁺, Ca²⁺, Na⁺ y Materia Orgánica. El análisis se realizó en el Laboratorio Provincial de Suelo de Guantánamo, perteneciente al Ministerio de la Agricultura. Para ello, se tomaron seis muestras al azar por parcela de 1 000m², de 0 a 10cm y 10 a 20cm de profundidad, siete días antes de aplicar las dos técnicas de quemas prescritas y 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135 días, 6 y 12 meses después de las quemas. Se tuvo en cuenta la metodología utilizada por Martínez (2006), Pérez (2012), Durán, (2014_a) y Durán (2015).

En el gráfico 1 se observa el porcentaje de material combustible por tipo antes del fuego en avance, donde las misceláneas es la que más aparecen.

Con estos valores, coinciden Batista (1995) y Grodzki (2000), cuando calcularon la cantidad de material combustible para efectuar quemas en *Pinus pinaster* con el objetivo de reducir la carga de combustibles para evitar la ocurrencia y propagación de incendios forestales, informaron que la mayor cantidad de material combustible corresponde a las misceláneas.

Señala Betancourt (1990), “que las altas cantidades de misceláneas influyen en la rapidez de la quema, dado que es un material fino y tiene la propiedad de ganar o perder humedad en poco tiempo de acuerdo a las condiciones meteorológicas” (p. 46).

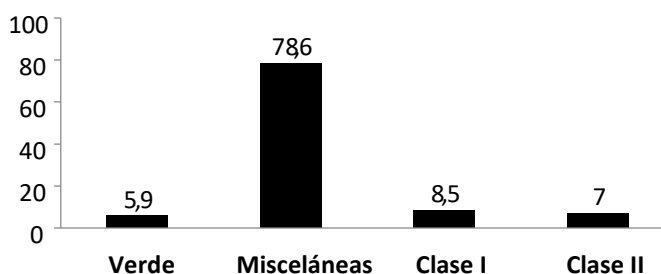


Gráfico 1. Porcentaje por tipo de material.

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje por tipo de material combustible antes del fuego en las parcelas donde se aplicó la técnica de quema prescrita en retroceso con una cobertura del 100 %.

Empleando las palabras de Wright, *et al.* (1979), citados por Anderson, *et al.* (2007):

El material verde, Misceláneas, Clase I y Clase II, existe un material mínimo fino, de seco 1,235 y tipo de material combustible disperso en un área para que un incendio superficial se pueda propagar por el piso del bosque e incluso en ocasiones, cuando es muy intenso y las llamas sobrepasan los 2 metros puede convertirse en un incendio de copa. (p. 482.)

Por su parte, Soares (1985) y Kauffman y Martín (1989), analizando el material combustible en bosques de coníferas, en tres áreas de California, verificaron que los materiales combustibles de la clase I representaban menos del 1% del peso total de los combustibles en todas las localidades, la clase II y la III contribuían con menos del 4% y las camadas de acículas aportaban entre el 62 y el 84% del peso total. En determinaciones al material combustible disponibles realizados en *P. radiata* corresponde aproximadamente el 70 – 85% de la cantidad total de combustible con diámetro inferior a 2,5cm.

En relación con las reducciones de material combustible, al aplicar fuego en avance, el material verde se redujo un 100%, las misceláneas en un 66,6% de clase I, en el 78,04% y clase II en el 82,83%.

Se requiere conocer la cantidad de combustibles existentes en el piso del bosque antes y después de efectuar la quema para determinar el porcentaje de reducción en cada una de las clases de material combustible en el diagnóstico realizado.

Porcentaje de reducción de los materiales combustibles después del fuego en avance

Inmediatamente después de las quemas en retroceso, la mayor reducción se obtuvo en la clase de material combustible verde, producto de la deshidratación de las hojas causadas por los gases calientes y las altas temperaturas, seguido de las misceláneas por ser el material más fino, que puede ser consumido fácilmente por el fuego, en un 21,9 % la clase I y un 17,17 % la clase II.

Resultados similares explica Ramos (2010), al informar que “un bosque de pino acumula el material combustible entre 200 - 1 500t.ha⁻¹, que puede experimentar una reducción de un 5 a un 25 %, dependiendo de la intensidad del fuego” (p. 213).

En la Tabla 1, se puede observar las variaciones de la profundidad total del mantillo (cm) antes y después del fuego en cada una de las técnicas de quemas prescritas aplicadas.

Fuego en avance antes después	Fuego en retroceso antes después
P1-8,7 3,4	P4-9,4 2,7
P2-12,6 2,4	P5 -12,9 1,8
P3-13,2 2,9	P6 -14,9 2,1

Tabla 1. Profundidad total del mantillo (cm) antes y después de las quemas

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de reducción de la profundidad del mantillo después del fuego donde se aplicó quema prescrita en avance, se redujo un 72,7 % como promedio, esto indica que el fuego no incidió directamente en el suelo mineral en la mayor parte del área. Por lo tanto, esta reducción del mantillo influye en que no se afecte el suelo mineral.

De acuerdo con Urrutia (2010), quien afirma:

De igual manera, en un bosque natural mezclado de *Pinustropicalis* y *Pinuscaribaeae*, al aplicar quemas prescritas en avance, la espesura del mantillo experimentó una reducción de 7,2 hasta 4,23cm de profundidad, como promedio después de las quemas. Por otra parte, el porcentaje de reducción de la profundidad del mantillo después del fuego donde se aplicó quema prescrita en retroceso, con una reducción promedio de 81,06 %. (p. 103.)

Parámetros del comportamiento del fuego

Las quemas se mantuvieron en los rangos informados por Nájera (2000), y *The Nature Conservancy* (2005), las del día de las quemas prescritas igualmente se mantuvieron en los rangos establecidos como se muestra en la Tabla 2.

Wade y Lunsford (1989), refieren que para poder planificar y ejecutar las quemas es necesario un entendimiento general del efecto separado y combinado de los elementos del clima con el comportamiento del fuego. Otros investigadores como Brown y Davis (1973), aplicaron quemas prescritas en un bosque natural de *P. oocarpa* con un intervalo de uno a cuatro días sin lluvias y vientos de dirección norte entre 4,8 y 16 km.h⁻¹, esto permitió el cumplimiento de los objetivos planificados.

Condiciones meteorológicas	Establecidos	Día de la quema
Vv (km.hora ⁻¹)	6 – 12	7,4
Dv	NE	NE
Hr (%)	50–70	59
Hc (%)	15 - 25	15-25
T (°C)	< 30	27
Dsll	2 – 5	4

Tabla 2. Relación de las condiciones meteorológicas establecidas y las del día de las quemas.

Fuente: Elaboración propia

Leyenda: Vv: Velocidad del viento; Dv: Dirección del viento; Hr: Humedad relativa; Hc: Humedad de los combustibles; T: Temperatura; Dsll: Días sin lluvia.

Las condiciones climáticas son factores importantes para realizar quemas prescritas y estos definen el éxito de la aplicación según Urrutia (2012), Pérez (2012) y Durán *et al.* (2014).

En la Tabla 3, se muestra que la altura media de fuste limpio, que es una de las características relativas del rodal a quema, es la altura de fuste limpio con 15,35 metros como promedio, favoreciendo la aplicación de las quemas prescritas, siendo un elemento que no debe pasar por alto a la hora de su planificación, si no son suficientes, las llamas podrían trasladarse a la parte superior de los árboles y convertirse en un incendio de copa, imposibilitando dar cumplimiento a los objetivos planificados.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Altura	109	11	24	15,35	3,18	10,089

Tabla 3. Altura del fuste limpio de la especie *Pinus cubensis* en el área propuesta a quemar (m).

Fuente: Elaboración propia

Uno de los aspectos a tener en cuenta es la altura de fuste limpio, ya que la quema prescrita bajo el arbolado en masas de coníferas puede ser uno de los métodos de eliminar el combustible para evitar, en primer lugar, la ignición de fuegos por el suelo y, en segundo lugar, que estos puedan convertirse en fuegos de copa según Jurado (2006), Vélez (2000) y Heikkilä, *et al.* (2010).

Comportamiento del fuego en quemas prescritas en avance

En las parcelas 1, 2 y 3, donde había más miscelánea, el fuego se propagó rápidamente con ráfagas de viento en algunos momentos durante la quema en avance influyó en la longitud de las llamas alcanzando valores de 1,38 m de altura. Estudios realizados por Flores y Benavides (1994), citados por Urrutia (2010), alcanzaron valores de altura de la llama de 0,5m para quemas en retroceso y hasta 5m para quemas en avance, para bosques de pinos en Jalisco, sin embargo, en ninguno de los casos el fuego pasó a la copa de los árboles. Con el análisis de los resultados obtenidos de la quema en avance, se pudo determinar que los valores de intensidad del fuego están en los límites comprendidos, oscilando entre 128,24 y 159,64 Kcal/m/s⁻¹ con 145,04 Kcal/m/s⁻¹ como promedio, coincidiendo con Rodríguez, *et al.* (2010), quienes afirman que la intensidad es media cuando está entre 101 y 500 kcalm⁻¹s⁻¹. Los valores correspondientes al comportamiento del fuego se observan en la Tabla 4.

Parcelas	I(Kcal/m/s ⁻¹)	r (m/s ⁻¹)	Ha(kcal.m ⁻²)	L (m)
Parcela 1	147,24	0,018	15900	1,33
Parcela 2	159,64	0,011	16800	1,29
Parcela 3	128,24	0,040	14800	1,53
Media	145,04	0,023	15833,3	1,38

Tabla 4. Parámetros del comportamiento del fuego en avance.

Fuente: Elaboración propia

Leyenda: *I* = intensidad lineal del fuego, *r*= velocidad de propagación, *Ha* = calor liberado por unidad de área y *L* = longitud de las llamas.

Comportamiento del fuego en quemas prescritas en retroceso

La Tabla 5, muestra los parámetros del comportamiento del fuego en retroceso donde los valores de intensidad obtenidos en las parcelas 4, 5 y 6 es de 139,44; 148,64 y 128,24 Kcal.m.s⁻¹ respectivamente, con 138,77 Kcal.m.s⁻¹ como promedio. Resultado inferior al valor de intensidad obtenido en las quemas en avance. Sin embargo, el por ciento de material combustible disponible en las 6 parcelas fue semejante, y la velocidad del viento contribuyó en gran medida a que en las parcelas 4, 5 y 6, los valores de intensidad del fuego fueran menores, oscilando la velocidad de propagación entre 0,0078 a

0,0097m.s⁻¹ con 0,0088 m.s⁻¹ como promedio, alcanzando alturas de llamas de 1,10m. El calor liberado por unidad de área como promedio de las parcelas 4,5 y 6 fue relativamente bajo con respecto a las parcelas 1, 2 y 3 donde se aplicó quema en avance. De acuerdo a lo planteado por Batista (1995), el calor liberado influye directamente en la cantidad de material combustible disponible y la intensidad del fuego.

Parcelas	I(Kcal.m.s ⁻¹)	r (m.s ⁻¹)	Ha(kcal.m ⁻¹)	L (m)
Parcela 4	139,44	0,0078	13800	1,07
Parcela 5	148,64	0,0097	15600	1,09
Parcela 6	128,24	0,0088	14000	1,13
Media	138,77	0,0088	14467	1,10

Tabla 5. Parámetros del comportamiento del fuego en retroceso

Fuente: Elaboración propia

Leyenda: *I* = intensidad lineal del fuego, *r* = velocidad de propagación, *Ha* = calor liberado por unidad de área y *L* = longitud de las llamas.

Obtuvieron resultados similares, Urrutia, et al. (2010), en la aplicación de quemas prescritas en retroceso en *Pinus caribaea*, con una velocidad de propagación de 0,007m.s⁻¹ y altura de llamas de 0,60m. Según Flores, et al. (2007), en estudios realizados en la reserva de la Biosfera Sierra de Mamantean determinaron valores de velocidades de propagación del fuego de 0,30 m/min con alturas de llamas que oscilaron desde 0,25m a 3,5m.

Comportamiento de algunas propiedades químicas del suelo

Con relación al pH, donde se aplicó quema en retroceso a los quince días, se observó un aumento de 0-10cm de profundidad, alcanzando su máximo valor a los 135 días, experimentando una ligera disminución hasta los 12 meses y de 10-20cm tuvo un ligero descenso a los 105 días, seguido de un aumento entre los 120 y los 135 días, disminuyendo ligeramente entre los 6 y 12 meses, pero en ambas profundidades no llegó a los valores iniciales.

Donde se aplicó quema en avance, el pH aumentó a los 15 días posteriores a la quema, con un aumento gradual hasta los 135 días con sus máximos valores, de 0-10cm, valores más altos que de 10-20cm de profundidad y una ligera disminución en ambas pH (0-10cm) profundidades entre los 6 y 12 meses después del fuego.

El pH presentó una variación de 5,14 a 5,62, en el caso de la *Amanita muscaria*, se observó que se desarrolla entre 4,9 y 5,62, esto indica que tiene una elevada plasticidad según lo planteado por Pérez, et

al. (2010), quienes describen este género en un intervalo de pH entre 4,2 y 6,4; Daza, et al. (2007), observaron el desarrollo del género *Amanita* en suelos ácidos (pH 6.2).

Se establece a pH de 4,5 a 7,5 según Guerin, et al. (2003), resultado que indica que este género se puede desarrollar en un rango amplio de pH, por lo que podría persistir en sitios afectados por el fuego donde luego de este fenómeno ocurren variaciones de pH.

Según Vega, et al. (2000) y Martín (2010), el pH suele aumentar en suelos quemados por fuego prescrito debido al aporte de cationes procedentes de las cenizas, aunque dependiendo de la intensidad de la quema y otras características edáficas puede no haber cambios apreciables.

Como se observa, donde se aplicó quema prescrita en retroceso, el porcentaje de materia orgánica de 0 a 10cm de profundidad mostró un aumento a los quince días después de las quemas prescritas y una disminución entre los 6 a 12 meses después, pero sin llegar a los valores iniciales. De 10 a 20cm hubo un ligero aumento hasta los 15 días posteriores a las quemas.

En las parcelas donde se aplicó quema prescrita en avance, el porcentaje de materia orgánica de 0 a 10cm de profundidad, mostró un aumento a los quince días después de las quemas prescritas, desde 3,32 a 4,47% y una disminución a los 12 meses después, pero sin llegar a los valores iniciales. De 10 a 20cm hubo un ligero aumento hasta los 15 días posteriores a las quemas, de 2,98 a 3,3%, disminuyendo hasta los 12 meses, a valores muy cercanos a los iniciales.

Este ligero incremento en los valores de materia orgánica de 0 a 10cm de profundidad, luego de la aplicación de las quemas ^{5,000} puede estar atribuido a la ^{4,000} descomposición e incorporación más rápida de los fragmentos ^{3,000} orgánicos sobre las superficies ^{2,000} quemadas.

MO (0-10cm) ^{1,000} Inmediatamente después de ^{0,000} realizar la quema, el porcentaje de materia orgánica no disminuye, pero al transcurrir 12 meses de efectuada, los valores disminuyen para ambas profundidades.

Al aplicar quemas prescritas en bosques donde predominan *Pinustropicalis* y *Pinuscaribaeae* observa que los valores del porcentaje de materia orgánica sufrieron alteraciones estadísticamente significativas, luego de aplicada la quema prescrita, Martínez et al. (2010). Flores (2010), encontró un ligero incremento después de aplicar quemas prescritas y observaron después de un incendio, un incremento significativo del porcentaje de materia orgánica, al comparar el área no quemada con área quemada, cinco meses después del fuego de 0,85 % a 2,21 %, lo que significa que este aumento fue debido al incendio.

La muestra, el efecto del fuego en el calcio, sodio, potasio y el magnesio a las profundidades de 0 a 10 cm, donde se aplicó quemas prescritas en retroceso. El magnesio mostró un ligero aumento en sus valores

hasta los 135 días posteriores a las quemas de 0,32 a 0,40 disminuyendo hasta llegar a 0,34, valores muy cercanos a los iniciales a los 12 meses. Por su parte, Arocena y Opio (2003), observaron un aumento después de la aplicación de quemas prescritas del contenido de Mg^{2+} .

El calcio (Ca^{2+}) y el sodio (Na^{+}), aumentaron hasta los 15 días posteriores a las quemas, después se mantuvieron estables hasta los 135 días que disminuyeron hasta llegar a valores muy cercanos a los iniciales a los 12 meses. El potasio (K^{+}) tuvo una ligera disminución a los 15 días de las quemas, alcanzando los valores a los 105 días, llegando a su máximo valor a los 120 días, disminuyendo de forma gradual a los 12 meses.

El contenido de sodio (Na^{+}), calcio (Ca^{2+}) y potasio (K^{+}) del suelo antes y después del fuego, apreciándose que el calcio aumentó significativamente hasta los 15 días después del fuego, aunque disminuye hasta los 12 meses sin llegar a los valores iniciales. Por su parte, el sodio mostró un aumento en todos los tiempos, a los quince días después se mantuvo estable, pero se observó un aumento 12 meses después de las quemas.

El potasio no mostró diferencias significativas antes de las quemas prescritas y quince días después, pero sí un aumento significativo a los 135 días disminuyendo posteriormente a los 12 meses.

El magnesio mostró un ligero aumento en sus valores hasta los 120 días posteriores a las quemas, hasta 0,38; disminuyendo hasta 0,34 a los 135 días con valores muy cercanos los iniciales a los 12 meses.

Según MINAG (1984), los contenidos de nutrientes se clasifican de bajos antes y después de las quemas. Martínez (2006), encontró que al aplicar quemas prescritas en bosques de *Pinustropicalis*, los nutrientes estaban de forma deficiente antes y después de quemar. Destacando incrementos significativos de Na^{+} y K^{+} con el transcurso del tiempo. En el Ca^{2+} y el Mg^{2+} observó valores inferiores no significativos. Asimismo, Chávez, et al. (2010), encontraron incrementos de Ca^{2+} y de Mg^{2+} luego de la aplicación de quema en *P. oocarpa*.

La aplicación de las quemas prescritas, es sin duda, el método más práctico y barato para reducir acumulaciones de material combustible, sobre todo, cuando se piensa en la prevención de incendios forestales mediante estos trabajos en el campo, teniendo en cuenta que las formaciones de Pinos son dependiente del fuego en un 5 % y la regeneración natural es casi nula, por lo que al aplicar la quema prescrita se elimina todo el material combustible existente en el piso del bosque y permite la regeneración natural, que a su vez economiza en cuanto a una nueva plantación para preservar estas especies y da cobertura a que el bosque se preserve de forma natural. Por otra parte, es evidente que el fuego puede tener consecuencias negativas para la flora y la fauna, cuando ocurre en el lugar y en el momento

equivocado, ciertamente, los incendios pueden eliminar animales, pero se ha comprobado que la mortalidad entre la mayoría de las especies es poca y el fuego generalmente no plantea una amenaza significativa a las poblaciones silvestres.

Varios factores influyen en el grado de mortalidad de la fauna silvestre causada por el fuego, incluyen la velocidad del viento, las cargas de combustible, el contenido de humedad de la vegetación, la época del año y el tamaño del fuego, entre otros.

Los incendios no controlados pueden avanzar más rápidamente y quemar a temperaturas más altas que las quemas prescritas, planteando un riesgo mucho mayor tanto a la fauna silvestre como a los seres humanos. Sin embargo, durante las quemas prescritas se ejerce un mayor nivel de control sobre estos factores al seleccionar condiciones ambientales que minimicen los riesgos.

Recordando que uno de los objetivos de la quema prescrita es el manejo del suelo y eliminar la vegetación inflamable para reducir el riesgo de incendios forestales descontrolados que amenazan el hábitat de esas especies

Conclusiones

Las quemas prescritas en bosques de *Pinus cubensis* reducen la cantidad de material combustible en mayor proporción cuando se aplica en retroceso que en avance.

La intensidad, calor liberado por unidad de área, altura de las llamas y la velocidad de propagación del fuego se mantuvieron en los rangos adecuados para la aplicación de quemas prescritas.

Las variaciones en las propiedades químicas del suelo no alcanzan valores significativos fuera de los rangos normales para este sitio cuando se aplica quemas prescritas de mediana intensidad en bosques de *Pinus cubensis*.

Referencias bibliográficas

- Agee, J. K. (1998). Fire and pine ecosystems. *In Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge Univ. Press. Cambridge: (Ed.) D.M. Richardson. Pp. 193-218
- Batista, A. C. (1995). Avaliação da queima controlada em povoamentos de *Pinus taeda* L. no norte do Paraná. (Tese de Doutorado). Curitiba.
- Betancourt, M. (1990). Aspectos técnicos do sistema braçatinga. *In: Seminario sobre agro silvicultura no desenvolvimento rural*, Curitiba. Anais Curitiba: Convênio Brasil/Paraná – França – FAO. p. 41-46.

- Byram, M. (1959). Combustion of forest fuel is Dvid, K.P. forest fire- controlahause and Use. New York: McGrau Hill.
- Durán, F. Martínez, L. y Pérez, E. (2014). Influencia de quema en retroceso sobre indicadores forestales y poblaciones microbianas del suelo en bosque natural de *Pinus cubensis* Griseb. Hombre ciencia y tecnología. No. 69, ISSN: 1028-0871.
- Flores, J., Xelhuanzi, J. y Chávez, A. (2010). Evaluación del impacto ambiental de incendios forestales en el Bosque de la Primavera. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. México: Folleto Técnico Número 5.
- Martín, N. (2010). Tabla de interpretación de análisis de suelo. Habana: Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía.
- MINAG (1984). Manual de interpretación de los índices físicos-químicos y morfológicos de los suelos cubanos. Ciudad de La Habana: Editorial científico-técnico.
- Nájera, A. (2000). Curso internacional de protección contra incendios forestales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Pérez, E. (2012). Efectos de las quemas prescritas en la regeneración natural de la especie *Pinus cubensis* Griseb. (Tesis de Doctorado). Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz”. Cuba.
- Ramos, M. (2010). Manejo del fuego. La Habana: Editorial Félix Varela.
- Soares, V. (1985). Incendios Forestales – controle e uso do fogo. Curitiba: FUPEF.
- The Nature Conservancy*. (2005). Introducción a quemas prescritas para áreas naturales protegidas. Belice. Iniciativa Global para el Manejo del Fuego.
- Urrutia, H. I. (2010). Quemas prescritas: influencia en el comportamiento de los indicadores hidrológicos en la subcuenta hidrográfica número uno, asociada al río San Diego, Gallón. Tesis de Doctorado). Universidad de Pinar del Río Hermanos Saiz.
- Vélez, R. (2000). El fuego en los ecosistemas forestales del mundo. La defensa contra incendios forestales. Madrid: Editorial Mc Graw Hill.