

Influencia de la quema en retroceso sobre indicadores forestales y poblaciones microbianas del suelo en *Pinus cubensis* Griseb.

Influence of burning on forest indicators and microbial populations declining soil in *Pinus cubensis* Griseb.

Autores: Ing. Francisco Duran-Manual¹, Dr. C. Luis Wilfredo Martínez-Becerra², Dr. C. Edelmys Pérez-Pereda¹

Organismo: Universidad de Guantánamo. Facultad Agroforestal de Montaña, Guantánamo, Cuba¹. Universidad de Pinar del Río, Cuba².

E-mail: francisco@fam.cug.co.cu

Resumen.

El trabajo se realizó en tres parcelas de 1000 m², utilizando el método de la parcela de 1m². Cinco muestreos de suelo a profundidad de 0 a 10 cm y 10 a 20 cm antes y después de la quema determinaron la actividad microbiana. El material combustible se redujo a 56,26 %, localizando la mayor actividad microbiana a nivel superficial. Las bacterias a profundidad de 0-10 y 10-20 cm alcanzaron su máximo valor a los 60 días. Los actinomicetos a profundidad de 0 a 10 cm alcanzaron su máximo valor a los 40 días y en la profundidad de 10-20 cm alcanzó su máximo valor a 38 días. Los hongos a la profundidad de 0 a 10 cm alcanzaron su mínimo valor a los 19 días y de 10-20 cm alcanzaron su mínimo valor a 27 días. Las quemaduras prescritas pueden usarse como alternativa de manejo en un ecosistema forestal.

Palabras clave: quemaduras prescritas; microorganismos; comportamiento del fuego.

Abstract.

The study was conducted in three plots of 1000m², using the method of the plot of 1m². Five samples of soil in depth from 0 to 10cm and 10 to 20cm before and after burning microbial activity determined. The combustible material is reduced to 56.26%. Locating the greatest microbial activity at the surface. Bacteria at a depth of 0-10cm and 10-20cm peaked at 60 days. Actinomycetes depth of 0-10cm peaked at 40 days and at the depth of 10-20cm peaked at 38 days. Fungi at the depth of 0-10cm reached its minimum value at 19 days and 10-20cm reached its minimum value at 27 days. Prescribed fire can be used as an alternative to treat a forest ecosystem.

Keywords: prescribed burning; microorganisms; fire behavior.

Introducción.

Los bosques son el resultado del equilibrio entre diversos factores ecológicos, uno de los cuales es el fuego, este ha jugado un importante papel como regulador en la sucesión vegetal y especialmente en la forestal (Martínez, 2006). Durante los últimos años los especialistas en recursos naturales han comenzado a sostener el concepto de la reintroducción del fuego en algunas de sus formas en ecosistemas dependientes del fuego, en los que el fuego juega un rol vital en la determinación de su composición, estructura y el paisaje (Arno, 1996).

Si bien existen estudios acerca de los efectos del fuego, en los ecosistemas, la mayoría de los trabajos se enfocan a las variaciones físico-químicas antes y después de un incendio; siendo poco lo que se ha estudiado en relación a las repercusiones del calor en los microorganismos del suelo (Rodríguez, 2009).

Los suelos forestales están constituidos por una gran cantidad de sustancias orgánicas y minerales disponibles como fuente de carbono y energía, que crean un ambiente favorable para la proliferación de microorganismos que a su vez, tienen una función especial con respecto a la formación del suelo, degradación de la materia orgánica, disponibilidad y reciclaje de nutrientes y participación en el metabolismo y crecimiento de los árboles (Pritchett, 1986; citado por Rodríguez, 2009).

Aunque existen documentos sobre la influencia de los incendios forestales en los microorganismos, la mayoría de estos se enfocan en ambientes templados, siendo muy pocos los antecedentes en ecosistemas tropicales. Por esta razón es de vital importancia conocer la influencia de la quema prescrita en avance sobre la actividad microbiana del suelo en bosques naturales de *Pinus cubensis*.

Desarrollo.

El experimento se realizó en un bosque natural de *P. cubensis* perteneciente a la Empresa Forestal Integral Guantánamo, en la localidad Monte Llano, municipio Yateras, provincia Guantánamo, en el lote 8, rodal 21. Coordenada X 686,250 y la Y 194,250 según coordenadas de Lambert. En el período comprendido desde enero de 2012 a enero de 2013.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente aleatorio, evaluando el comportamiento del fuego y los efectos de este sobre el material combustible disponible y poblaciones totales de bacterias, hongos y actinomicetos, influenciada por la quema prescrita en retroceso. Debido a esto fue necesario combinar en el mismo lugar distintos tipos de parcelas. Se aplicó quemas prescritas en tres parcelas rectangulares de 1 000 m², con dimensiones de 20 X 50 m, donde se evaluó el comportamiento del fuego; para la evaluación del material combustible se determinó el tamaño de la muestra, con parcelas de 1 m², las que fueron distribuidas en las tres parcelas de 1 000 m²; evaluando en estas y en la parcela testigo el comportamiento de la actividad microbiana del suelo.

Procedimiento para estimar la cantidad de material combustible

La determinación de la cantidad de material combustible se realizó una semana antes y una después de aplicadas las quemas, utilizando el método de la parcela cuadrada (1 m²) utilizada por Martínez (2006).

Evaluación del comportamiento del fuego

Se determinaron los parámetros del comportamiento del fuego (intensidad del fuego (I) a través de la fórmula descrita por Byram (1959), altura de las llamas (L) se determinó a través del método propuesto por Alexander (1982); citado por Martínez (2006), calor liberado por unidad de área (Ha) por la fórmula descrita por Soares, (1985) citada por Ramos (2010) y la velocidad de propagación (r).

Toma de muestras de suelo antes y después de la aplicación de la quema prescrita

Para determinar la actividad microbiana del suelo, las muestras se tomaron a una profundidad de 0-10 y 10-20 cm, con una secuencia de muestreos fue de 0, 1, 15, 30, 60 días después de la quema. El criterio para determinar la profundidad utilizada se basó en que en este nivel se tiene la mayor actividad microbiana Flores (2009).

Medios de cultivo utilizados: Bacterias: Medio Agar nutriente, **Hongos:** Agar Sabouraud, **Actinomicetos:** Agar Almidón Amoniaca

Para el procesamiento de los datos se utilizaron los programas Excel 2007 y el programa estadístico SPSS versión 15.0, donde se realizó un análisis de varianza.

Conteo de microorganismos por el método de las diluciones cuantitativas y la siembra en placas.

En este método aparecen solo los organismos viables y tiene el inconveniente de que en los medios que se emplean no se desarrollan todos los microorganismos. Se fundamenta en el desarrollo de colonias visibles por cada microorganismo del suelo, las cuales pueden ser contadas. Se cuentan por miles y aun millones, es preciso realizar diluciones, Novo (1983).

Resultados y discusión

Cantidad de material combustible disponible

En el área los materiales combustibles disponibles fueron hojarasca, acículas, gramíneas y dicotiledóneas herbáceas, con cobertura del 100 %, así como ramas secas finas. El tamaño de la muestra arrojó como resultado 12 parcelas de 1 m², con un error relativo de 17,32%. En la tabla 1 se observa el peso seco de la cantidad de material combustible por unidad de área en (g.m⁻²) antes de las quemas, donde se observa que la mayor cantidad corresponde a las misceláneas.

El peso seco del material combustible antes de la quema por parcela y tipo de material combustible se observa en el cuadro 3, se realizó un análisis de varianza por parcela de 1 000 m² y tipo de combustible, determinando que no existían diferencias significativas entre las parcelas, lo que indica la homogeneidad de estas.

En la figura 3 se observa el material combustible en el área de estudio antes de aplicar las quemas prescritas, la que muestra una elevada cantidad de misceláneas. Resultados similares obtuvieron Kauffmany Martín (1989), Batista (1995), Grodzki (2000), Martínez (2006), Pérez *et al.* (2009), Pérez *et al.* (2010) y Pérez *et al.* (2012b) en quemas prescritas experimentales; Bittencourt (1990) afirma que esto influye 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 a las condiciones meteorológicas.

Tabla 1. Peso seco en g.m⁻² de los materiales combustibles disponibles antes de las quemas prescritas por parcela.

Tipo	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Media
Verde	164,6 ^a	159,6 ^a	137,3 ^a	153,8
Misceláneas	1 811,7 ^a	2 541,1 ^a	2 478,5 ^a	2 277,1
Clase I	225,7 ^a	227,8 ^a	202,7 ^a	218,7
Clase II	201,3 ^a	143,5 ^a	176,7 ^a	173,8
Total	2 403,3	3 072,0	2 995,2	2 823,5

Letras iguales en fila indican que no existen diferencias significativas por la prueba Bonferroni $p \leq 0,05$.

La cantidad de material combustible promedio es de 2 823,5 g.m⁻², lo que equivale aproximadamente a 28,24 t.ha⁻¹, según la clasificación de Julio (1996) es media. En la figura 3 se muestra el porcentaje que representa cada uno de los tipos de combustibles, observando que el 80,6 % corresponde a las misceláneas. De acuerdo 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.



Figura 3. Porcentaje de material combustible por tipo antes de la quema.

En la tabla 2 se muestra el peso seco del material combustible por parcela después de las quemas prescritas, la cantidad promedio es de 1 588,6g.m⁻², lo que equivale a 15,89t.ha⁻¹. También se puede observar el grado de reducción en la Figura 4.

Se logró una reducción del peso seco promedio en el área del material combustible disponible de un 56,26%. Donde 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.

Tabla 2. Peso seco en g.m⁻² del material combustible disponible después de las quemas prescritas.

Material combustible (g.m ⁻²)				
Tipo	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Media
Verde	0	0	0	0
Misceláneas	1305,8	1087,0	1429,3	1 274,0
Clase I	158,3	167,3	186,5	170,7
Clase II	153,8	125,0	153,2	144,0
Total	1 617,8	1 379,3	1 768,9	1 588,6

Sackett (1980) en plantaciones de *Pinus ponderosa* obtuvo una reducción del material combustible total entre un 43 y un 65 %. Por otra parte Goldammer (1982), obtuvo reducción del 48 % del material combustible depositado en el piso de una plantación de *Pinuselliottii* en Paraná, utilizando quema controlada de baja intensidad. Alaniset al. (2009) al aplicar quemas prescritas en bosques de *Pinusarizonica* Engelm, observaron un promedio de reducción de la cantidad de combustibles totales de 55,3 %. Por su parte Martínez et al. (2008) reportaron una reducción promedio del peso total del material combustible de un 83 % en bosques de *Pinuscaribaea*.

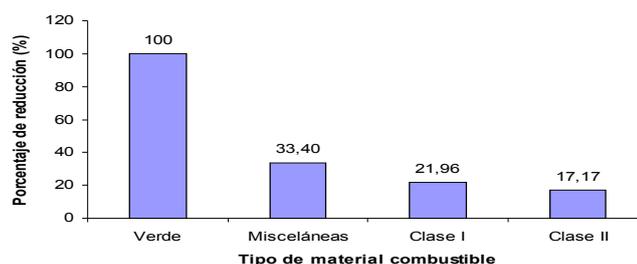


Figura 4. Porcentaje de reducción de los materiales combustibles después de las quemas.

Ramos (2010), afirma que generalmente en las quemas prescritas se consume entre 50 y 90 % del material menor de 7,5 cm de diámetro. Urrutia et al. (2010) observó al aplicar quemas prescritas en bosques mezclados de *Pinustropicalis* y *Pinuscaribaea* que la mayor cantidad de material correspondía a las misceláneas, la cantidad promedio total antes de las quemas prescritas fue de 2 182,81 g.m⁻², logrando una reducción después de estas del 88 %.

En la tabla 3 se muestra el análisis de varianza por tipo de combustible, antes y después de las quemas, donde se observa que el fuego disminuyó significativamente los tipos de combustibles

Tabla 3. Cantidad de material combustible promedio por parcela antes y después de las quemas en g.m⁻².

Tiempo	Verde (g.m ⁻²)	Misceláneas (g.m ⁻²)	Clase I (g.m ⁻²)	Clase II (g.m ⁻²)	Total
Antes de las quemas	153,8 ^a	2 277,1 ^a	218,7 ^a	173,8 ^a	2 823,5 ^a
Después de las quemas	0	1 274,0 ^b	170,7 ^b	144,0 ^b	1 588,6 ^b

Medias seguidas por diferentes letras en columna difieren entre sí por la prueba de "t" para $p \leq 0,05$.

Parámetros del comportamiento del fuego

En la tabla 4 se muestran los parámetros del comportamiento del fuego, los que se encuentran en los rangos permisibles para quemas prescritas. En ningún caso la intensidad del fuego sobrepasó el límite máximo permisible para las quemas prescritas, sin embargo se observó que superaron el límite óptimo, de acuerdo con De Ronde *et al.* (1990) que describen niveles de intensidades asociados con el comportamiento del fuego para auxiliar los planes de quemas prescritas en poblaciones de *Pinuselliottiien* el Sur de los EUA. Según estos autores existen dos niveles: el límite de óptima variación que estaría entre 17 y 60 kcal.m⁻¹.s⁻¹ y el máximo de intensidad de quema que no debe sobrepasar las 165 kcal.m⁻¹.s⁻¹. Esto puede estar dado a la elevada cantidad de material combustible que existía en el área antes de aplicar las quemas prescritas, principalmente de misceláneas que son muy fáciles de consumir por el fuego, por su relación superficie volumen.

Según Rodríguez *et al.* (2010) la intensidad del fuego se clasifica de media entre 101 y 500 kcal.m⁻¹.s⁻¹.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Julio y Giroz (1975), los cuales realizaron diversos experimentos con quemas controladas en plantaciones de *Pinus sp* en Valdivia, Chile, donde la intensidad del fuego en estas quemas fue entre 18 y 450 kcal.m⁻¹.s⁻¹. También, Martínez *et al.* (2008) observaron que la intensidad promedio fue de 31,15 kcal.m⁻¹.s⁻¹.

En el caso de la velocidad de propagación se mantuvo en los rangos descritos por Wade y Lunsford (1989), los autores afirman que las quemas contra el viento avanzan con velocidades entre 0,0056 y 0,0167 m.s⁻¹, logrando así menor intensidad del fuego y longitud de las llamas. En la parcela 2 la velocidad de propagación del fuego fue media y en las parcelas 1 y 3 lenta, de acuerdo con la clasificación Botelho y Cabral (1990). Batista (1995) obtuvo valores similares a los obtenidos en esta investigación para la velocidad de propagación en plantaciones de *Pinustaeda*. Grodzki (2000) citado por Batista (2008) observó que la velocidad promedio en quemas prescritas en bosques de *Mimosa scabrella* Benth. fue de 0,041 m.s⁻¹.

Tabla 4. Parámetros del comportamiento del fuego.

Parcelas	I(Kcal/m/s ⁻¹)	r (m/s ⁻¹)	Ha(kcal.m ⁻²)	L (m)
Parcela 1	139,44	0,0083	16800	1,07
Parcela 2	162,64	0,0107	15600	1,09
Parcela 3	130,24	0,0088	14800	1,13
Media	144,11	0,0093	15733	1,10

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

Los resultados de esta investigación son similares a los obtenidos por Martínez (2006) en *Pinustropilcalis* cuando aplicó quemas avance. Por otra parte, Vega *et al.* (2000), obtuvieron una longitud de llama entre 0.30 a1.50 metros en pinares de Andalucía y Galicia, en España.

Comportamiento de la actividad microbiana del suelo antes y después de la aplicación de la quema prescrita

Bacterias del suelo

En la tabla 5 se muestra la cantidad de bacterias antes y después de las quemas prescritas, donde se observa que inmediatamente después de estas hubo una disminución a ambas profundidades, debido probablemente a que la temperatura provocada por el fuego, de 0 a10 cm fue de un 20,55 % y de 10 a20 cm de un 20,16 %. Debido a que en las quemas prescritas de intensidad media no se produce una elevada temperatura en el suelo, la disminución de las colonias de bacterias no fue elevada, este hecho coincide con los resultados de Rodríguez (2009). Por su parte, Reyes (1980) citado por Flores (2009) señala que la quema afecta la microbiología del suelo y disminuyela población de los mismos, aunque biológicamente el suelo continúa abundante en microorganismos.

Tabla 5. Cantidad de bacterias antes y después de las quemas prescritas de 0 a10 cm y de 10 a20 cm de profundidad.

Microorganismos	Días					
	Profundidad	0	1	15	30	60
Bacterias	0 – 10 cm	7,30	5,80	5,81	6,41	6,77
	10 – 20 cm	7,29	5,82	5,79	6,44	6,64

Las poblaciones de bacterias después de la quema prescrita tuvo una tendencia al incremento, localizando el mayor número de bacterias en la superficie del suelo, durante el experimento. Después de las quemas prescritas fue se incrementaron, observándose los mayores valores a los 60 días.

Rodríguez (2009) plantea que la presencia de bacterias tiene preferencia por la temperatura y la humedad después de un incendio, arrojando un incremento notable en sus poblaciones a los 60 días después.

Actinomicetos del suelo

En relación a los Actinomicetos antes y después de las quemas prescritas, como se observa en la tabla 6, hubo una disminución a ambas profundidades, de 0 a 10 cm fue de un 16,64 % y de 10 a 20 cm de un 15,31 % debido a la influencia de las altas temperaturas producidas por el fuego.

Tabla 6. Cantidad de Actinomicetos antes y después de las quemas prescritas.

Microorganismos	Días					
	Profundidad	0	1	15	30	60
Actinomicetos	0 – 10 cm	6,43	5,36	6,38	6,39	6,23
	10 – 20 cm	6,40	5,42	6,24	6,22	5,95

Los promedios de actinomicetos encontrados después de la quema prescrita de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm de profundidad respectivamente; el mayor número de ellos se localizó en la superficie del suelo.

En el caso de 0 a 10 cm la dinámica de estos grupos alcanzaron su máximo valor a los 40 días después de la quema, en la profundidad de 10 – 20 cm alcanzó su máximo valor a los 38 días según la ecuación del modelo, experimentando una ligera disminución en ambos casos posteriores a este momento, lo que puede estar dado a la disminución de las precipitaciones en este período y por ende ocurre una disminución de la humedad.

Rodríguez (2009) obtuvo resultados similares a estos, después de un incremento hasta los 20 días posteriormente de la quema descende el número de colonias de actinomicetos. Al respecto Pritchett (1986) señala que los microorganismos del suelo necesitan nutrientes inorgánicos, pero la adición de fertilizantes puede afectar la actividad de estos organismos.

Hongos del suelo antes y después de la aplicación de la quema prescrita

En la tabla 7 se muestra el promedio de la cantidad de hongos antes y después de las quemas prescritas, observando que al igual que las bacterias y los actinomicetos, una disminución inmediatamente después, de 0 a 10 cm la reducción fue de 21,89 % y de 10 a 20 cm de un 20 %.

No coincidiendo con estos resultados Sharma (1981) observó inmediatamente después de un incendio forestal que la población de los microorganismos fue destruida completamente, debido a que en los incendios sí se producen elevadas temperaturas.

Tabla 7. Cantidad de hongos antes y después de las quemas prescritas.

Microorganismos	Días					
	Profundidad	0	1	15	30	60
Hongos	0 – 10 cm	5,62	4,39	4,36	4,39	4,51
	10 – 20 cm	5,45	4,36	4,19	4,23	4,39

Las poblaciones promedio de hongos encontrados después de la quema prescrita de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm de profundidad respectivamente se comportó de la siguiente manera: el mayor número de ellos se localizó en la superficie del suelo, coincidiendo con Rodríguez

(2009) quien plantea que la mayor cantidad de estos microorganismos se encuentran en la capa superficial del suelo. En el caso de 0 a 10 cm la dinámica de estos grupos alcanzaron su mínimo valor a los 19 días después de la quema, en la profundidad de 10 – 20 cm alcanzó su mínimo valor a los 27 días según la ecuación del modelo, experimentando un aumento en ambos casos posteriores a este momento.

De acuerdo con Vega *et al.* (2001) las poblaciones microbiológicas pueden sufrir cambios importantes tras las quemas, pero volviendo a los niveles iniciales generalmente bastante rápido. En quemas muy intensas en los primeros centímetros del suelo el fuego provoca una reducción temporal de sus actividades, pero si es moderado como es habitual en quemas prescritas, tiene un efecto menos apreciable y en muchos casos beneficiosos para las poblaciones microbianas. Por su parte Fontúrbel *et al.* (1995) no observaron variaciones significativas en los grupos microbianos, un mes y dos años después de aplicar quemas prescritas.

Conclusiones.

- Antes de aplicar la quema la cantidad de material promedio total de material combustible era elevada, la que se redujo el 56, 26 % como promedio, lo que evita la ocurrencia de incendios y favorece la regeneración natural.
- Los parámetros del comportamiento del fuego estuvieron dentro de los rangos establecidos para quema prescrita lo que garantizó que el fuego provocara el mínimo de daño al ecosistema.
- Las quemas prescritas pueden ser aplicadas en estos ecosistemas forestales ya que no causan daños considerables sobre los microorganismos del suelo.

Bibliografía.

- Grodzki, L. (2000). Efectos del fuego sobre la vegetación y variables meteorológicas en una floresta de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) manejada en sistema agroforestal Colombo. Tesis presentada como requisito parcial a obtención de grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Curitiba.
- Julio, G. (1996). Comportamiento del fuego: Modelos de simulación y su uso en actividades de combate. Memorias de la IV Reunión Técnica Conjunta FUPEF/SIF/IPEF. Curitiba, 118.
- Julio, G. y Giroz, G. (1975). Notas sobre el comportamiento del fuego y su aplicación en el control de incendios forestales. *Bosque*, 1 (1), 18-27.
- Kauffman, B. y Martín, E. (1989). Fire behavior, fuel consumption, and forest-floor changes following prescribed understory fires in Sierra Nevada mixed conifer forest. *Ottawa*, 19, 455-462.
- Martínez, L.; Bonilla, M.; Ramos, M.; Cabrera, J. y Nasco, A. (2008). Quemadas prescritas en plantaciones de *Pinus caribaea* en Viñales, Cuba. V Simposio Internacional de Manejo Forestal Sostenible, Pinar del Río. Memorias del evento.
- Martínez, L. (2006). Uso de quemadas prescritas en bosques naturales de *Pinus tropicalis* Morelet en Pinar del Río. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, Hermanos Saíz Montes de Oca, 108.

- Pérez, E.; Cobas, G.; Lorez, Y. y Tamayo, W. (2009). Diagnóstico de bosques de *Pinus cubensis* Griseb para la aplicación de quemas prescritas. IV Encuentro Internacional por el Desarrollo Forestal Sostenible, Palacio de las Convenciones de La Habana. Cuba.
- Pérez, E.; Martínez, L.; Ramos, M. y Tamayo, W. (2010). Determinación de la influencia de las quemas prescritas en bosques de *Pinus cubensis* Griseb. *Baracoa en el portal de la FAO*, 29.
- Sharma, G. D. (1981). Effect of fire on soil microorganisms in a Meghalaya pine Forest Falia. *Microbial (Praha)*, 26(4).

Fecha de recibido: 19 oct. 2013

Fecha de aprobado: 17 dic. 2013