
**EFFECTOS DE LA QUEMA PRESCRITA SOBRE GRUPOS MICROBIANOS DEL SUELO
EN BOSQUES DE *PINUS CUBENSIS*****EFFECTS OF PRESCRIBED BURNING ON SOIL MICROBIAL GROUPS IN *PINUS
CUBENSIS* FORESTS**Hirán Sosa Salazar¹; Francisco Durán Manual ²; Dayler Hernández Borges³

⁽¹⁾ Empresa Agroforestal Guantánamo. Cuba. <https://orcid.org/0000-0003-1242-2326>.
hiransosa@nauta.cu⁽²⁾ Facultad Agroforestal. CETAF. Universidad de Guantánamo. Cuba. <https://orcid.org/0000-0002-4422-5346>. franduma562@gmail.com⁽³⁾ Departamento de Información y Estadísticas. Universidad de Guantánamo, Cuba. <https://orcid.org/0000-0002-1531-7938>. dhborges@cug.co.cu**Recibido:** 22 de febrero de 2022
Aceptado: 16 de marzo de 2022**RESUMEN**

El experimento se realizó en un bosque natural de *Pinus cubensis* de la Unidad Empresarial de Base Silvícola (UEB), Empresa Agroforestal Guantánamo, en la localidad Monte Llano, municipio Yateras, provincia Guantánamo en el periodo comprendido entre noviembre del 2018 hasta enero del 2021. Con el objetivo de proponer acciones para mitigar los efectos de quemaduras prescritas en poblaciones microbianas del suelo de un bosque natural de *Pinus cubensis*. El objetivo de la investigación es evaluar los efectos de la quema prescrita en avance sobre microorganismos del suelo en un bosque nativo de *Pinus cubensis*, se quemaron tres parcelas de 1000 m², se utilizó el método de la parcela de 1m² para determinar la cantidad de material combustible, se determinaron parámetros del comportamiento del fuego y se evaluó el efecto del fuego sobre bacterias, hongos y actinomicetos. El material combustible se redujo en un 56,26 %. El fuego no provocó cambios considerables sobre microorganismos. Por lo que las quemaduras prescritas no provocan cambios significativos sobre microorganismos del suelo.

Palabras clave: quemaduras prescritas; combustible; pinos, comportamiento, microorganismos.

ABSTRACT

The experiment was carried out in a natural *Pinus cubensis* forest of the Silvicultural Base Business Unit (UEB), Guantánamo Agroforestry Company, in the Monte Llano town, Yateras municipality, Guantánamo province in the period from November 2018 to January 2021. With the objective of proposing actions to mitigate the effects of prescribed burning on microbial populations of the soil of a natural *Pinus cubensis*. The objective of the research is to evaluate the effects of the prescribed burning in advance on soil microorganisms in a native *Pinus cubensis* forest, three plots of 1000 m² were burned, the method of the 1m² plot was used to determine the amount of material fuel, fire behavior parameters were determined and the effect of fire on bacteria, fungi and actinomycetes was evaluated. Combustible material was reduced by 56,26%. The fire did not cause considerable changes in microorganisms. Therefore, the prescribed burns do not cause significant changes on soil microorganisms.

keywords: prescribed burns; fuel; pines, behavior, microorganisms.

INTRODUCCIÓN

El fuego ha sido causante de muchas de las adaptaciones presentes en el género *Pinus* y de su amplia distribución en su hábitat nativo del hemisferio Norte y su alto rango expansivo como especie exótica en el hemisferio Sur (Agee, 2018), no obstante; para poder usar de forma sostenible los bienes y servicios que aportan los recursos forestales, el hombre ha tenido que conocer cuáles son 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 cuenta con suficiente información al respecto, llegando incluso al grado de legislar la forma de evaluar el impacto ambiental de los incendios forestales (Urrutia, 2019). Los bosques son el resultado del equilibrio entre diversos factores ecológicos, uno de los cuales es el fuego, este ha desempeñado un 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 él, en los que el mismo desempeña 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).

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

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un 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 del municipio Yateras; en el lote ocho, rodal 21, la coordenada X 686,250 y la Y 194,250.

La zona de estudio se ubica a 679 metros sobre el nivel del mar (msnm), los vientos predominantes son del Noreste, la temperatura media anual es de 23 °C, la temperatura promedio mensual; la precipitación media anual de 1 975 mm y la media mensual. El suelo que predomina, según la última clasificación de Hernández *et al.* (1999), es Ferralítico Rojo Típico, el material de origen es la caliza dura, fuertemente saturada, muy profundo, humificado de 4,1 a 6 %, con una erosión fuerte, arcillosa, profundo.

Para realizar el estudio se utilizó un diseño aleatorio, evaluando el comportamiento del fuego y los efectos de este sobre el material combustible disponible y grupos microbianos totales del suelo, influenciada por la quema prescrita en avance. Debido a esto, fue necesario combinar, en el mismo lugar, distintos tipos de parcelas. Se aplicó quemas prescritas en tres parcelas rectangulares de 1000 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.

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)

manejada por Martínez (2006). Se determinó el tamaño de muestra en función de la varianza de los tipos del material combustible.

La técnica que se utilizó para realizar las quemas fue a favor del viento o avance de acuerdo con lo descrito por Batista (1995). Se determinaron los parámetros del comportamiento del fuego (intensidad del fuego (I) a través de la fórmula descrita por Byram (1959), la altura de las llamas (L) fue determinada a través del método propuesto por Alexander (1982), citado por Martínez (2006), calor liberado por unidad de área (Ha) por la formula descrita por Soares (1985), y la velocidad de propagación (r) de acuerdo con Ramos (2010).

Para determinar la actividad microbiana del suelo, las muestras se tomaron a una profundidad de 0-10 y 10-20 cm, mientras que la 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 Saboread
- *Actinomicetos*: Agar Almidón Amoniaca

Para el procesamiento de los datos se utilizaron los programas Excel 2003 y el programa estadístico SPSS versión 13.0, donde se realizó un análisis de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el área, los materiales combustibles disponibles fueron hojarascas, 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 y después de las quemas, donde se observa, que la mayor cantidad antes de quemar corresponde a las misceláneas.

Tabla 1. Cantidad de material combustible 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 $p \leq 0,05$.

Resultados similares obtuvieron Kauffman y Martín (1989), Batista (1995), Grodzki (2000), Martínez (2006), Pérez *et al.* (2009), Pérez *et al.* (2010) y Pérez *et al.* (2012), 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.

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. El mayor porcentaje de material combustible corresponde a las misceláneas con el 80,6 %. De acuerdo con Soases (1985), corresponde al material combustible disponible aproximadamente el 70 - 85 % de la cantidad total de combustible con diámetro inferior a 2,5 cm.

Después de las quemas prescritas, la cantidad promedio es de 1 588,6 g.m⁻², lo que equivale a 15,89 t.ha⁻¹. 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.

En todos los tipos de combustible, la reducción fue significativa. Ramos (2010), afirma que generalmente en las quemas prescritas se consume entre 50 y 90 % del material menor de 7,5 cm de diámetro.

En la tabla 2, se muestran los parámetros del comportamiento del fuego, intensidad lineal del fuego, la velocidad de propagación, el calor liberado por unidad de área y la longitud de las llamas, estos se mantuvieron en los rangos establecidos para quemas prescritas, lo que garantiza que el fuego cause la menor cantidad de daños al ecosistema, entre ellos, a los microorganismos del suelo, dado ya que llega una menor cantidad de calor al suelo.

Tabla 2. 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.

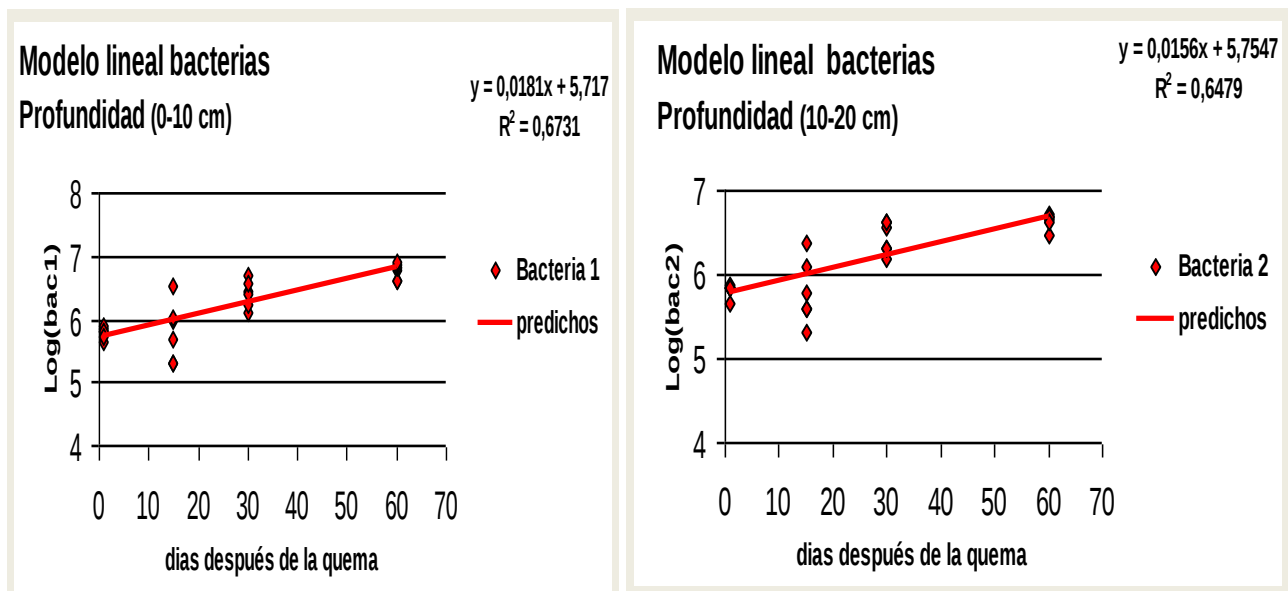
Estos resultados son similares a los obtenidos por Julio y Giroz (1975), quienes realizaron diversos experimentos con quemas controladas en plantaciones de *Pinus sp* en Valdivia, Chile, donde la intensidad del fuego en estas quemas fue entre 18 y 450 kcal.m⁻¹.s⁻¹. También, Martínez *et al.* (2008), observaron que la intensidad promedio fue de 31,15 kcal.m⁻¹.s⁻¹. Igualmente Pérez *et al.* (2012), observaron al aplicar quemas prescritas en bosques de *Pinus cubensis*, que estos parámetros se mantienen en los rangos establecidos para quemas prescritas de baja intensidad.

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

La cantidad de bacterias antes de quemar de 0 a 10 cm fue de 7,3 y de 10 a 20 cm de 7,29, después de las quemas prescritas, inmediatamente después de estas, hubo una disminución a ambas profundidades debido a la temperatura provocada por el fuego, de 0 a 10 cm fue de un 20,55 % y de 10 a 20 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 disminuyendo la población de los mismos, aunque biológicamente el suelo continúa siendo abundante en microorganismos.

En las Figuras 1 y 2, se muestra la tendencia de las bacterias después de la quema prescrita; el mayor número de bacterias se localizó en la superficie del suelo durante el tiempo que duró el experimento. La tendencia después de las quemaduras prescritas fue al incremento, observándose los mayores valores a los 60 días, tienen preferencia por la temperatura y la humedad después de un incendio, arrojando un incremento notable a los



60 días después.

Figura 1. Dinámica de las bacterias a una profundidad de (0-10 cm) después de las quemaduras

Figura 2. Dinámica de las bacterias a una profundidad de (10-20 cm) después de las quemaduras.

De acuerdo con Vega *et al.* (2001), las poblaciones microbiológicas pueden sufrir cambios importantes tras las quemaduras, pero volviendo a los niveles iniciales, generalmente bastante rápido. En quemaduras intensas, en los primeros centímetros del suelo, el fuego provoca una reducción temporal de sus actividades, pero si es moderado como es habitual en quemaduras prescritas, tiene un efecto menos apreciable y en muchos casos beneficiosos para las poblaciones microbianas. Coincidiendo con estos resultados, Flores (2009) plantea que la presencia de bacterias tiene preferencia por la temperatura y la humedad después de un incendio, arrojando un incremento notable a los 120 días después. Antes de las quemaduras de 0 a 10 cm, la cantidad de Actinomicetos era de 6,43 y de 10 a 20 cm de 6,4, inmediatamente después de estas, 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.

En las Figuras 3 y 4 se muestran 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.

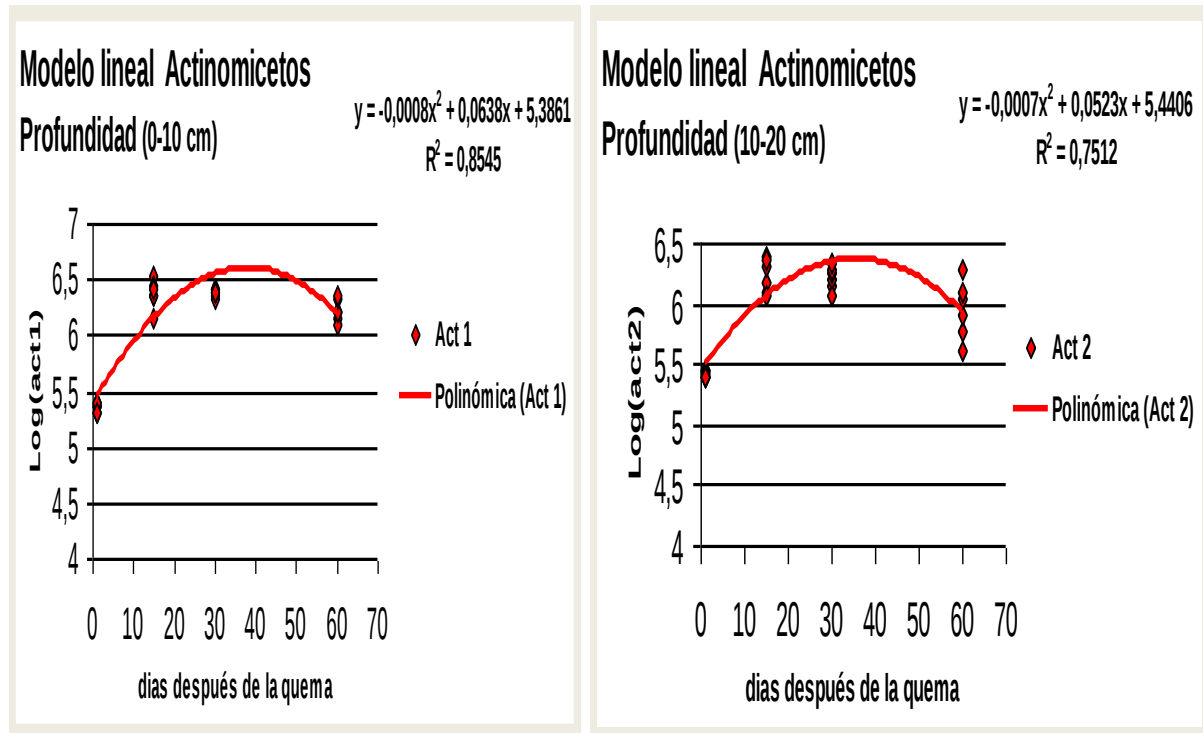
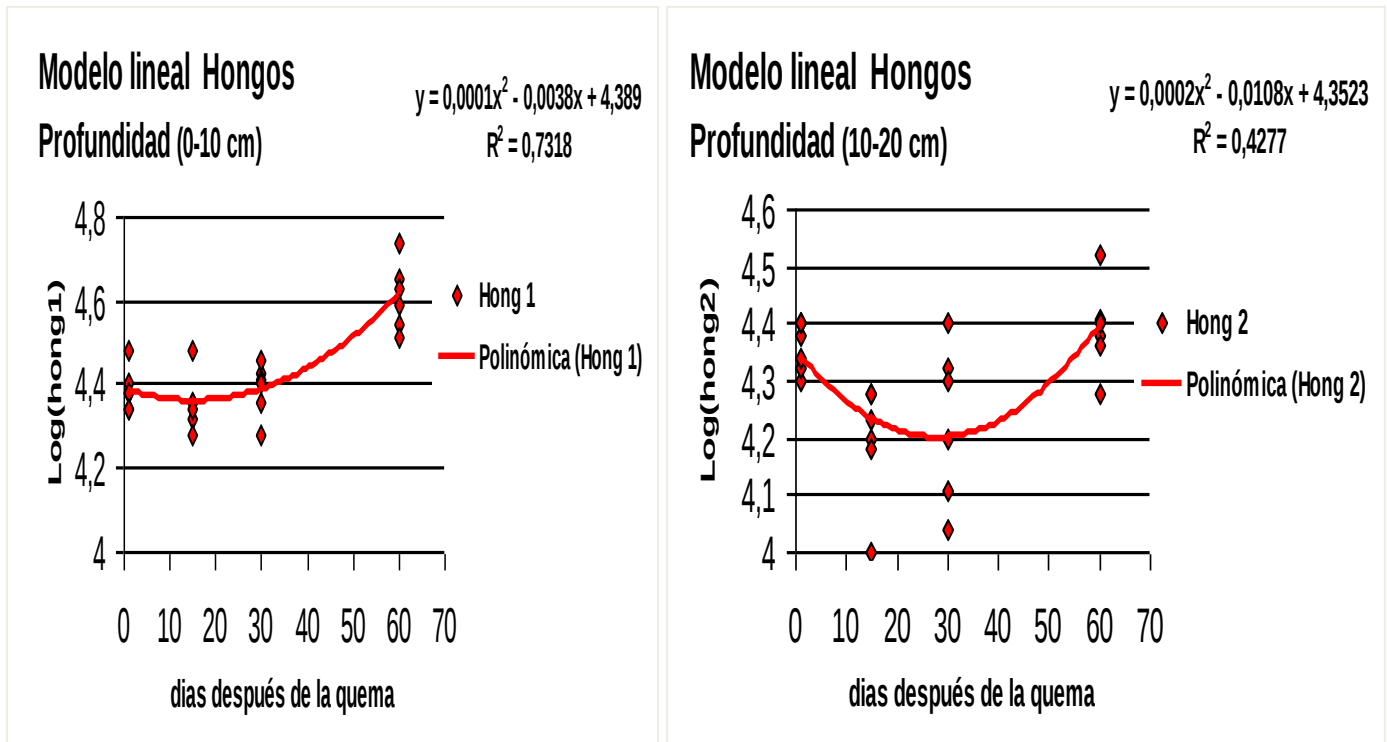


Figura 3. Dinámica de los actinomicetos a una profundidad de (0-10 cm) después de las quemas
 Figura 4. Dinámica de los actinomicetos a una profundidad de (10-20 cm)

Coincidiendo con Rodríguez (2009), 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 alcanzó 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.

Antes de las quemas, se observó una cantidad de hongos promedio de 5,62 de 0 a 10 cm y 5,45 de 10 a 20 cm, 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. Las

Figuras 5 y 6 muestran los promedios de hongos encontrados después de la quema prescrita de 0 a 10 y de 10 a 20 cm de profundidad respectivamente; el mayor número de ellos se localizó en la superficie del suelo.



Figuras 5 y 6. Dinámica de los hongos a una profundidad de 0-10 cm y 10-20 cm después de las quemas

Los resultados confirman lo señalado por Rodríguez (2009) ya 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 alcanzó 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. 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.

Este trabajo se realizó con el objetivo de saber los efectos que provocan las quemas prescritas sobre microorganismos del suelo y las consecuencias de este en un bosque natural de *Pinus cubensis*, mediante el cual las quemas prescrita son beneficiosas ya que reducen el material combustible del suelo, evitan la ocurrencia de incendios forestales y provoca que las semillas tengan contacto con el suelo orgánico para germinar. La quema provoca que el PH de suelo incremente lo cual es favorable y aporta hierro al suelo.

CONCLUSIONES

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

BIBLIOGRÁFICAS

1. ARNO, S. F. *The Seminal Importance of Fire in Ecosystem Management. Impetus for this Publication.* The Use of Fire in Forest Restoration. Annual Meeting of the Society for Ecological Restoration. 1996. Seattle: WA, USA: 3 - 5 p.
2. BATISTA, A. C. Avaliacao da quema controlada en poblaciones de de Pinus taeda L. no norte de Paraná. Tesis de Doctorado. Curitiba, Brasil. 1995. 100 p.
3. BITTENCOURT, M. Aspectos técnicos do sistema bracatinga. *In: Seminário sobre agrosilvicultura no desenvolvimento rural, Curitiba.* Anais Curitiba: Convênio Brasil/Paraná – França: FAO. 1990. PP. 41-46.
4. BRYAM, G. M. Combustion of forest fuels. *In: DAVIS, K.P. Forest fire: Control and use.* New York: Mc Graw Hill. 1959.
5. FLORES, J. 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. México DF. 2009. p13- 22.
6. FONTÚRBEL, T.; VEGA, A.; BARÁ, S. Y BERNÁRDEZ, I. Influence of prescribed burning of pine stands in NW Spain on soil microorganisms. *European Journal of Soil Biology*, 1995. 31: 13-20.
7. GRODZKI, L. Efectos del fuego sobre la vegetación y variables meteorológicas en una floresta de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) manejada en sistema agroforestal Colombo, PR. Tesis presentada como requisito parcial à obtención de grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Curitiba. 2000. 117 p.

8. JULIO, G. Comportamiento del fuego: Modelos de simulación y su uso en actividades de combate. Memorias de la IV Reunión Técnica Conjunta FUPEF/SIF/IPEF. Curitiba. 1996. 118 p.
9. JULIO, G. Y GIROZ, G. Notas sobre el comportamiento del fuego y su aplicación en el control de incendios forestales. Bosque. 1975. 1 (1): 18-27.
10. KAUFFMAN, B. Y MARTÍN, E. Fire behavior, fuel consumption, and forest-floor changes following prescribe understory fires in Sierra Nevada mixed conifer forest. Ottawa. 1989. V: 19. 455-462 p.
11. MARTÍNEZ, L. Uso de quemas 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. 2006. 108 p.
12. MARTÍNEZ, L.; BONILLA, M.; RAMOS, M.; CABRERA, J. Y NASCO, A. Quemas prescritas en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en Viñales, Cuba. V Simposio Internacional de Manejo Forestal Sostenible, Pinar de Río. Memorias del evento. 2008. ISBN: 978- 959- 16- 06.
13. PÉREZ, E.; COBAS, G.; LOREZ, Y. Y TAMAYO, W. 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. 2009. ISBN: 978-959-7139-89-8.
14. PÉREZ, E.; MARTÍNEZ, L.; RAMOS, M. Y TAMAYO, W. Determinación de la influencia de las quemas prescritas en bosques de *Pinus cubensis* Griseb. Revista Baracoa en el portal de la FAO. 2010. ISBN: 2078-7235. Vol. 29 (Número especial 2010).
15. PÉREZ, P. E. Efectos de las quemas prescritas en la regeneración natural de la especie *Pinus cubensis* Griseb. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, Hermanos Saíz Montes de Oca. 2012. 100 p.
16. RAMOS, R. M. P. Manejo del fuego. Ministerio de Educación Superior, Universidad de Pinar del Río, Cuba. Ediciones internas. 2010. 341 pp.
17. RODRÍGUEZ, B. Efecto del fuego sobre algunos microorganismos del suelo en una plantación forestal. In: Flores, J. Impacto ambiental de incendios forestales. (ed). Mundi Prensa México, S. A. de C. V. México DF. 2009. pp 13- 22.

18. SOARES, R.V. Incêndios Florestais. Controle e uso do Fogo. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Curitiba. 1985 213 p.
19. VEGA, J.; PÉREZ, P.; CUIÑAS, P.; FONTÚRBEL, T. Y FERNÁNDEZ, C. Manual de queimas prescritas para matogueiras de Galicia. Xunta de Galicia. Consellería de Medio Ambiente. Centro de Información e Tecnoloxía Ambiental. 2001. 242 p.