

EFFECTO DEL FUEGO SOBRE ALGUNOS MICROORGANISMOS EN UN SITIO DE PLANTACIÓN FORESTAL.

Rodríguez Santiago Bartolo *
García Cuevas Xavier **
Gutiérrez Baeza Álvaro ***

RESUMEN.

Este trabajo se efectuó en un área de plantación forestal del Campo Experimental Forestal "San Felipe-Bacalar", Quintana Roo.

Se considera la importancia de conocer el comportamiento microbiológico del suelo al aplicarse la quema como práctica de preparación del sitio para plantación.

Las muestras de suelo se obtuvieron a dos profundidades (superficial y 20 cm), con una periodicidad de 15, 30, 60 y 120 días después de quemar y se mantuvo un testigo (sin quemar).

Las muestras fueron analizadas en laboratorio utilizando la metodología de Stotzky, la cual evalúa la tasa de CO₂ liberado (mg/100 g de suelo). También se cuantificaron algunos microorganismos del suelo como bacterias, hongos y actinomicetos.

Los resultados indican que la mayor actividad microbiológica del suelo se efectúa en la superficie del mismo. El fuego afecta la microbiología del suelo durante los primeros 30 días de efectuada la quema, recuperándose rápidamente después de este período.

De los microorganismos cuantificados, las bacterias fueron las más afectadas por el fuego; pero también fueron las que más proliferaron después de la quema.

En general, los microorganismos estudiados se beneficiaron con la quema, ya que en

* Investigador del Campo Experimental Forestal "San Felipe-Bacalar" Quintana Roo. CIR-Sureste. INIFAP-SARH.

** Investigador del Campo Experimental Forestal "San Felipe-Bacalar" Quintana Roo. CIR-Sureste. INIFAP-SARH.

*** Becario. Investigador C A E. Chetumal. CIR-Sureste. INIFAP-SARH.

todos los casos rebasaron los niveles presentados en el testigo.

Palabras clave: Quemadas prescritas, plantaciones forestales, bosque tropical, roza-tumba-quema, Quintana Roo.

ABSTRACT.

This work was performed in a forest plantation area of the "San Felipe-Bacalar" Campo Experimental Forestal, at Quintana Roo.

Considering the importance of knowing the microbiological behavior of soil when burning is used as a practice to prepare the plantation site.

Soil samples were obtained at two different depths (surface and 20 cm) with a periodicity of 15, 30, 60 and 120 days after burning, and a witness was kept (unburnt).

Samples were analyzed at the laboratory using the Stotzky methodology, which assesses the rate of CO₂ released (mg/100 g of soil). Some soil microorganisms such as bacteria, fungi and actinomycetes were also quantified.

Results indicate that most microbiological activity of soil occurs at soil surface. Fire affects soil microbiology during the first 30 days after the burning takes place, with a fast recovery after such period.

Out of quantified microorganisms, bacteria were the most affected ones by fire; but they were also the ones with the highest growth after burning.

Generally speaking, studied microorganisms were benefitted with such burning, as in all instances their levels were higher than those presented by the witness.

Key words: Prescribed forest fire, forest plantations, tropical forest, roza-tumba-quema, Quintana Roo.

INTRODUCCIÓN.

El sistema agrícola roza-tumba-quema se practica en la mayor parte de las áreas tropicales y afecta aproximadamente al 30% de los suelos aprovechables del mundo con

3 600 millones de hectáreas; al mismo tiempo, constituye la forma más extensa de manejo de suelos en los trópicos, ya que representa alrededor del 44% de las tierras con potencial agrícola¹.

Bajo esta práctica, el uso del fuego ha sido económicamente insustituible en la preparación del terreno y labores de cultivo.

El fuego, como parte integral de este sistema, sus ventajas y desventajas, han sido estudiados por diversos autores, entre ellos destacan Hernández² y Sánchez, *op. cit.*

Los suelos forestales están constituidos por una gran cantidad de sustancias orgánicas y minerales disponibles como fuentes de carbono y energía, lo que crea un ambiente favorable para la proliferación de microorganismos que tienen una función especial con respecto a:

- La formación del suelo
- Degradación de la materia orgánica
- Disponibilidad y reciclaje de nutrientes
- Participación en el metabolismo y crecimiento de los árboles³.

Una forma indirecta para determinar la fertilidad de los suelos forestales, es midiendo la actividad microbiana, ya que en forma general, se puede decir que, entre mayor actividad microbiana se desarrolla en el suelo, éste tenderá a ser más productivo⁴.

La actividad microbiana se determina al medir su respiración, utilizando como medida la liberación de CO₂.

Se entiende por respiración del suelo a las emisiones de CO₂, producto de la actividad metabólica de raíces y microorganismos que se encuentran en él.

Esta actividad metabólica se da en gran medida, gracias a la existencia de materia orgánica que los microorganismos utilizan como fuente de energía⁵.

¹ Sánchez, P. A. 1981. "Suelos del trópico. Características y manejo". pp. 354-421.

² Hernández, X. E. 1962. Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento.

³ Pritchett, W. L. 1986. Suelos forestales; propiedades, conservación y mejoramiento.

⁴ Soria, M. 1987. La actividad microbiana del suelo y su efecto sobre la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum*), en el norte de Yucatán.

⁵ Solie, E. y Maass, J. 1989. Tasa de respiración del suelo en una selva tropical estacional.

OBJETIVO.

El propósito general de esta investigación fue:

- Conocer el comportamiento de la microbiología del suelo después de una quema, como práctica de preparación del sitio para plantación forestal.
- Utilizar como medida la liberación de CO₂ para conocer el grado de afectación del fuego sobre la microbiología, así como el ritmo al cual ésta se recupera después de la quema.
- Cuantificar algunos microorganismos existentes en el suelo, tales como bacterias, hongos y actinomicetos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Localización del área.

La investigación se realizó en una superficie desmontada para plantación forestal de 7 hectáreas (ha), localizada en el Campo Experimental Forestal "San Felipe-Bacalar", ubicado entre los paralelos 18° 46' y 18° 51' de latitud norte y los meridianos 88° 20' y 88° 32' de longitud oeste, en el municipio de Othón P Blanco, en el estado de Quintana Roo.

La altura sobre el nivel del mar varía de 1 a 20 metros.

El clima, de acuerdo con la clasificación del Köppen, modificado por García⁶, es un Aw² (i), siendo el más húmedo de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano.

Presenta una precipitación media entre 1 000 y 1 200 mm anuales, con una temperatura media de 26 °C y vientos dominantes del sureste⁷ (*cf.* Revista Ciencia Forestal N° 3).

Fase de campo.

Las muestras se obtuvieron en un suelo kankab (luvisol crómico), desmontado a

⁶ García, E. 1983. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.

⁷ Chavelas, P., J. 1976. "Campo Experimental Forestal San Felipe-Bacalar". pp. 65-74.

matarrasa con quema de la vegetación y un testigo sin quemar que se mantuvo durante el tiempo de desarrollo del experimento.

Se tomaron 12 muestras de suelo dentro de la superficie para plantación, distribuidas en un arreglo sistemático y 4 muestras de suelo en el testigo, localizadas fuera del área de plantación, y en dirección de los cuatro puntos cardinales con relación al centro del sitio de plantación.

En todos los casos, las muestras de suelo fueron tomadas a dos profundidades (0 cm ó superficial y 20 cm de profundidad). El criterio para determinar la profundidad utilizada se basa en que, según la literatura, es en este nivel donde se tiene la mayor actividad microbiana.

La periodicidad de los muestreos fue la siguiente: antes de la quema, la cual se realizó en los primeros días de mayo, posteriormente a los 15, 30, 60 y 120 días, después de la quema.

Fase de laboratorio.

Las muestras de suelo fueron secadas al aire libre bajo sombra y tamizadas con poro de 1 mm de diámetro. De acuerdo a Stotzky⁸ y Tate⁹, se empleó como medida la actividad microbiológica del suelo, mediante la tasa de CO₂ liberado (mg/100 g de suelo).

Se pesaron 100 g de suelo y se colocaron en frascos de boca ancha. Por otro lado, en vasos Erlenmeyer de 50 g, se añadieron 10 ml de una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 1N, a los cuales se colocó una pequeña tira de papel filtro con el objeto de captar el CO₂ de la atmósfera del frasco.

Estos pequeños vasos fueron incorporados dentro de los frascos con suelo, los cuales fueron sellados herméticamente e incubados a temperatura de laboratorio por espacio de una semana, al término de la cual, se determinó la tasa de CO₂ liberado.

Durante este lapso, el suelo se mantuvo a un 75% de capacidad de campo.

Para determinar la cantidad de microorganismos presentes en el suelo, se pesaron 10 g de éste y se transfirieron a una solución salina estéril, hasta obtener una dilución de 10⁻² y 10⁻⁶.

⁸ Stotzky, G. 1965. "Microbial respiration". pp. 1550-1571.

⁹ Tate, R. C. 1987. Soil organic matter biological and ecological effects.

De estas diluciones se tomaron tres muestras de 1 ml/caja de Petri, adicionándoles 15 ml del medio de cultivo, utilizando gelosa simple para el caso de bacterias, rosa de bengala o terramicina agar para hongos filamentosos y czapeck para actinomicetos.

Las cajas de Petri se incubaron a temperatura ambiente durante 5 a 7 días, debido a que las bacterias se desarrollaron de 24 a 48 horas, los hongos filamentosos de 2 a 5 días y los actinomicetos de 5 a 7 días.

Diseño experimental.

Para el caso de la actividad microbiológica del suelo, el diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo factorial 2×5 (A y B), siendo el factor A la profundidad 0 y 20 cm, y el factor B los días después de la quema (0, 15, 30, 60 y 120 días), con 11 repeticiones.

Los resultados se reportan en mg de $\text{CO}_2/100$ g de suelo y fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba D M S, al 0.05 de significancia.

En el caso de la cuantificación de hongos, bacterias y actinomicetos, se seleccionaron las cajas con 30 a 300 colonias y los cálculos se realizaron obteniendo la media aritmética de las repeticiones, multiplicada por el exponente positivo de su dilución, dividido por el peso del suelo seco presente en la alicuota.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados indican que la mayor actividad microbiológica del suelo se presenta a nivel superficial (0 cm), con promedio de 15.19 mg de $\text{CO}_2/100$ mg de suelo, siendo más baja a la profundidad de 20 cm, con 14.07 mg de $\text{CO}_2/100$ g de suelo.

Asimismo, se encontró igual nivel de actividad microbiológica a los 60 y 120 días después de quemar, con 17.37 y 17.66 mg de $\text{CO}_2/100$ g de suelo, respectivamente.

De los microorganismos contabilizados, la mayor cantidad se presenta en un nivel superficial del suelo y en todos los casos disminuye después de quemar, pero a los 30 días de aplicada la quema, el nivel de microorganismos se recupera.

En 100 g de suelo, las bacterias, de 3×10^5 individuos antes de quemar, bajaron a 0.13×10^5 después de quemar y a los 120 días se contabilizaron 116×10^5 .

Los hongos, de 0.18×10^5 bajaron a 0.03×10^5 después de la quema y posteriormente aumentaron a 10×10^5 .

Los actinomicetos, de 0.153×10^5 bajaron a 0.002×10^5 , después de quemar y posteriormente aumentaron a 0.628×10^5 .

ACTIVIDAD MICROBIOLÓGICA DEL SUELO.

Los resultados del análisis de varianza para la actividad microbiológica del suelo (*vid.*, cuadro 1), indican diferencias altamente significativas tanto para las diversas profundidades estudiadas, como para el tiempo.

En el cuadro 2, *vid.*, *infra*, se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias.

En la figura 1, *vid.*, *infra*, se observa que a partir de los 60 días después quemar, la actividad microbiológica a nivel superficial se estabiliza.

Le siguen en orden decreciente, la profundidad de 20 cm a los 120 y 60 días, período en el cual la actividad microbiológica continúa aumentando levemente, aunque en esta profundidad la actividad microbiológica fue menos afectada.

Este tipo de comportamiento coincide con lo señalado por Sánchez *op. cit.*, quien menciona que la temperatura del aire en un bosque tropical en quema puede llegar de 450 °C a 650 °C, a 2 cm sobre la superficie del suelo y que ésta disminuye a razón de 100 °C por centímetro, bajo la superficie del suelo en los primeros 5 cm.

Más abajo de esta profundidad no se registran cambios importantes en la temperatura del suelo.

* Altamente significativo al nivel de probabilidad indicado.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
Factor A	1	27.732 422	0.000*
Factor B	3	245.800 781	0.000*
Interacción	3	2.046 224	0.004*
Error	80	0.423 315	
Total corregido	87		

*Altamente significativo al nivel de probabilidad indicado.

C.V. = 4.4%

Cuadro N° 1. Análisis de varianza para la actividad microbiológica del suelo.

TRATAMIENTOS	MEDIAS*
60 días con superficial	18.3400 a
120 días con superficial	18.2400 a
120 días con 20 cm	17.0800 b
60 días con 20 cm	16.4121 c
30 días con superficial	12.6000 d
30 días con 20 cm	11.6600 e
15 días con superficial	11.6145 e
15 días con 20 cm	11.1500 e

* Letras iguales significan que las medias son estadísticamente iguales.

Cuadro N° 2. Prueba de D M S, al 5% de probabilidad, para la producción de CO₂ (MG/100 g de suelo), medias de la interacción profundidad contra tiempo.

En el cuadro 3 se presentan los resultados promedio del comportamiento que siguió la actividad microbiológica del suelo, durante 120 días después de quemar.

En este caso, el nivel superficial del suelo fue el más afectado, notándose una disminución de la actividad microbiana durante los primeros 15 días después de quemar (con relación al testigo).

La profundidad a 20 cm fue la menos afectada por ser más estables sus condiciones de humedad y temperatura, aunque en el testigo se tuvo una ligera disminución después de aplicada la quema.

Después de los 30 días, la actividad microbiológica del suelo se recuperó rápidamente, haciéndose mayor después de quemar, en la profundidad de 20 cm.

Días transcurridos	TESTIGO		DESPUÉS DE QUEMAR	
	Profundidad (0 cm)	Profundidad (20 cm)	Profundidad (0 cm)	Profundidad (20 cm)
0 (aq)	12.14	11.76	–	–
15 (dq)	11.80	10.63	11.61	11.15
30 (dq)	12.61	12.02	12.60	11.66
60 (dq)	18.40	16.72	18.34	16.41
120 (dq)	19.21	17.23	18.24	17.08

aq = antes de quemar

dq = después de quemar

Cuadro N° 3. Producción promedio de CO₂ (mg/100 g de suelo).

Aunque se tiene una tendencia similar en el comportamiento antes y después de quemar, al inicio se presentó una disminución de la actividad microbiológica hasta los 15 días después de quemar, seguido de un aumento posterior de los 30 días hasta los 60 días,

excepto en el testigo de 20 cm, después de los cuales, permanecen casi constantes (*vid., infra, figura 1*).

Lo anterior indica que durante la época de lluvias, la actividad microbiológica del suelo aumenta, coincidiendo en este caso con los meses de agosto y septiembre, cuando iniciaron las lluvias (*vid., figura 2*), y se presenta la mayor actividad microbiológica del suelo.

Este mismo comportamiento fue encontrado por Sánchez *op. cit.*, quien señala que la población microbiana total disminuye durante la estación seca y aumenta durante la lluviosa.

El comportamiento general coincide con lo señalado por Laudelot en 1961, *cit pos.* Sánchez, *op. cit.*, y Pritchett *Ibidem*, quienes indican que la quema ocasiona una esterilización parcial del suelo, y que ésto es seguido por un brote rápido de población microbiana y eventualmente por un descenso que se aproxima a un nuevo nivel de equilibrio.

La temperatura y la precipitación son dos factores que actúan directamente sobre la producción de CO₂, en general cuando la temperatura es alta y el contenido de humedad es bajo (otoño), la liberación de CO₂ es cercana a cero.

Lo anterior fue señalado por Connell¹⁰ quien, trabajando en laboratorio con muestras de suelo provenientes de dos especies de *Eucalyptus*, generó un modelo de simulación estacional, relacionando la temperatura y el contenido de humedad, encontrando que, cuando el contenido de humedad es del 100%, la actividad microbiológica del suelo permanece constante, pero decrece cuando el contenido de humedad es menor al 80%.

CUANTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS.

Bacterias.

En el cuadro 4 (*vid., infra*), se presentan los promedios del número de microorganismos encontrados antes y después de quemar. El mayor número de bacterias se localizó a la superficie del suelo (prof 0 cm), durante el tiempo que duró el experimento.

A pesar de que se tiene una disminución de bacterias inmediatamente después de quemar, ésta no es muy marcada con relación al testigo.

¹⁰ Connell, A. M. 1990. "Microbial decomposition (respiration), of litter in *Eucalyptus* forests of south-western Australia; an empirical model based on laboratory incubations". pp. 153-160.

Reyes¹¹ (cfr. Revista Ciencia Forestal N° 26), señala que la quema afecta la microbiología del suelo disminuyendo la población de las mismas; aunque biológicamente el suelo continúa siendo abundante en microorganismos.

Parece ser que la presencia de bacterias tiene preferencia por la temperatura y la humedad después de quemar, pues el nivel de bacterias se incrementa a los 60 días, lo cual concide con el inicio de la precipitación (vid., figuras 2 y 3).

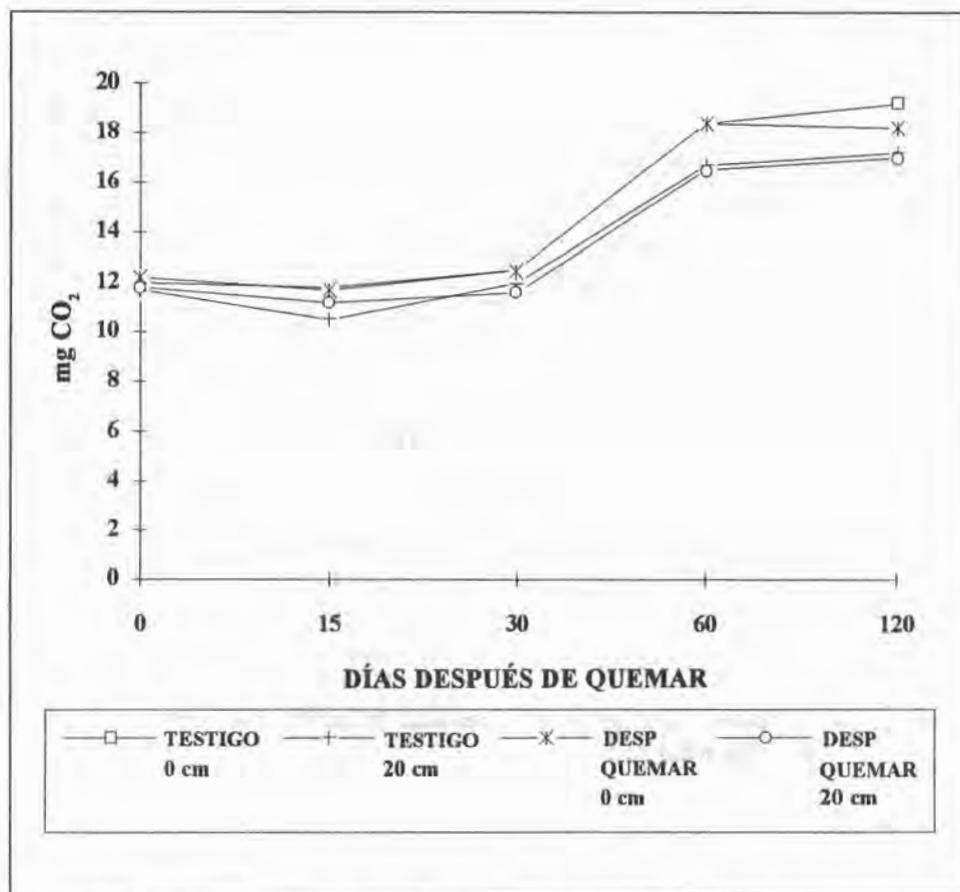


Figura N° 1. Comportamiento de la actividad microbológica del suelo antes y después de quemar.

¹¹ Reyes, C. R. 1980. "Efecto del fuego sobre algunas características de un suelo yaax-hom y la vegetación en Quintana Roo". pp. 15-41.

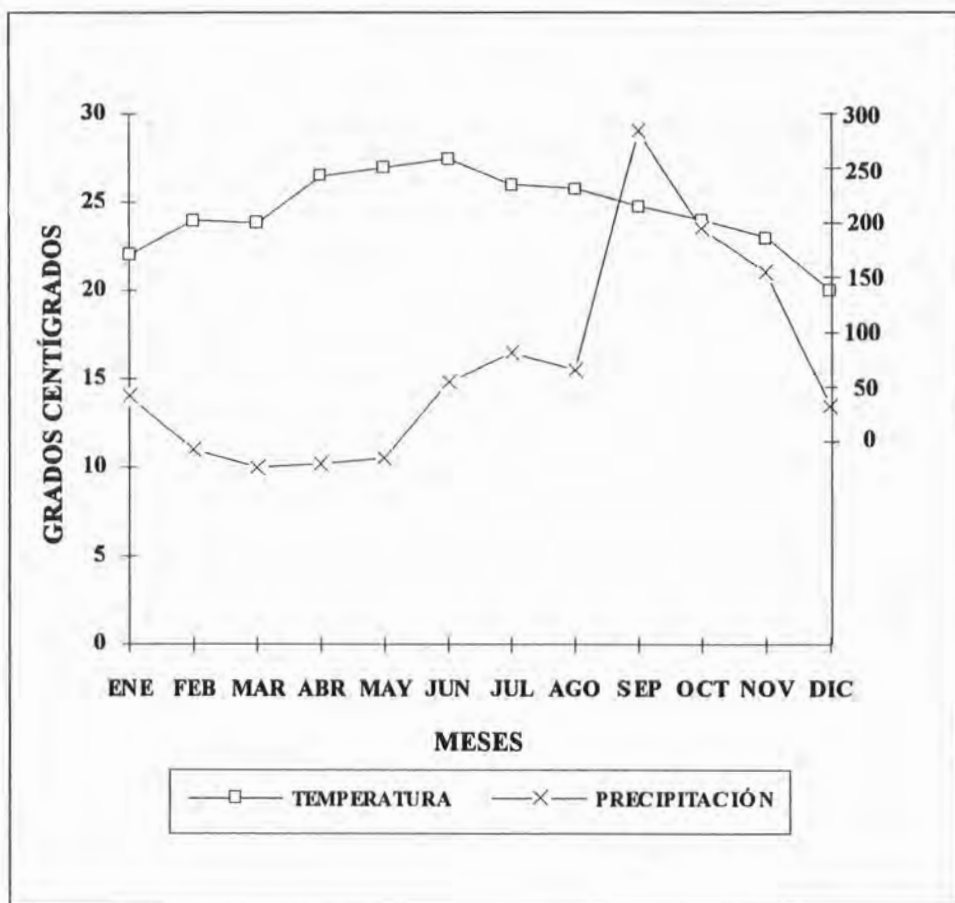


Figura N° 2. Temperatura media mensual y precipitación en 1991. Estación meteorológica, C E F San Felipe-Bacalar.

TIEMPO (DÍAS)	BACTERIAS				HONGOS				ACTINOMICETOS			
	SQ	SQ	DQ	DQ	SQ	SQ	DQ	DQ	SQ	SQ	DQ	DQ
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
0	30.00	19.60	--	--	1.80	0.90	--	--	1.53	0.60	--	--
15	2.86	1.70	1.36	1.05	2.30	1.60	0.30	0.20	0.05	0.04	0.02	0.01
30	21.40	7.20	30.00	8.40	0.30	0.48	1.62	0.62	3.00	1.50	9.00	1.50
60	40.00	30.00	97.00	67.00	4.00	3.50	9.80	6.00	3.50	2.50	6.00	3.00
120	960.00	800.00	1160.00	340.00	45.00	40.00	100.00	65.00	4.00	3.50	6.60	4.00

* Altamente significativo al nivel de probabilidad indicado

SQ = Testigo sin quemar
P1 = Profundidad de 0 cm

DQ = Después de quemar
P2 = Profundidad de 20 cm

Cuadro N° 4. Microorganismos encontrados antes y después de quemar (en unidades de $1 * 10^4$ por cada 100 g de suelo).

Hongos.

El mayor número de estos microorganismos se localizó en la capa superficial del suelo antes, y después de quemar (*vid., supra*, cuadro 4).

Sin embargo, se tuvo en esta última condición, una disminución de tales microorganismos en ambas profundidades durante los primeros 30 días; después de los cuales se presentó un incremento, obteniéndose el mayor en el nivel superficial del suelo a los 120 días después de la quema (*vid., figura 4*).

A pesar de que el fuego tuvo un efecto negativo en la cantidad de hongos, después de los 30 días se presentó un aumento mayor que en el testigo.

Este comportamiento está relacionado con el contenido de humedad del suelo y la temperatura del medio ambiente; coincidiendo con el inicio de las lluvias en esta zona y cuando la temperatura tuvo un ligero descenso (*vid.*, figuras 2 y 4).

Actinomicetos.

La mayor cantidad de estos microorganismos se localizaron en la capa superficial del suelo (*vid.*, *supra*, cuadro 4).

También presentaron una disminución durante los primeros 15 días después de la quema, proliferando durante los siguientes 20 días; posteriormente, el nivel permanece más o menos constante, siendo mayor en la superficie del suelo donde se quemó.

Esto indica que los actinomicetos son inhibidos por la precipitación, pues al iniciarse el período de lluvias, el nivel de microorganismos permanece más constante (*vid.*, figuras 2 y 5).

El comportamiento general de los microorganismos del suelo mostrado en el período estudiado, puede ser un indicador importante para determinar épocas de fertilización en plantaciones forestales.

Pritchett *op. cit.*, señala que los microorganismos del suelo necesitan nutrientes inorgánicos, pero la adición de fertilizantes puede afectar la actividad de estos organismos, por lo que una alternativa puede ser, aplicar fertilizantes antes que se alcance el nivel máximo de actividad en el suelo, o bien, fuera del período, cuando se presenta la mayor actividad de microorganismos.

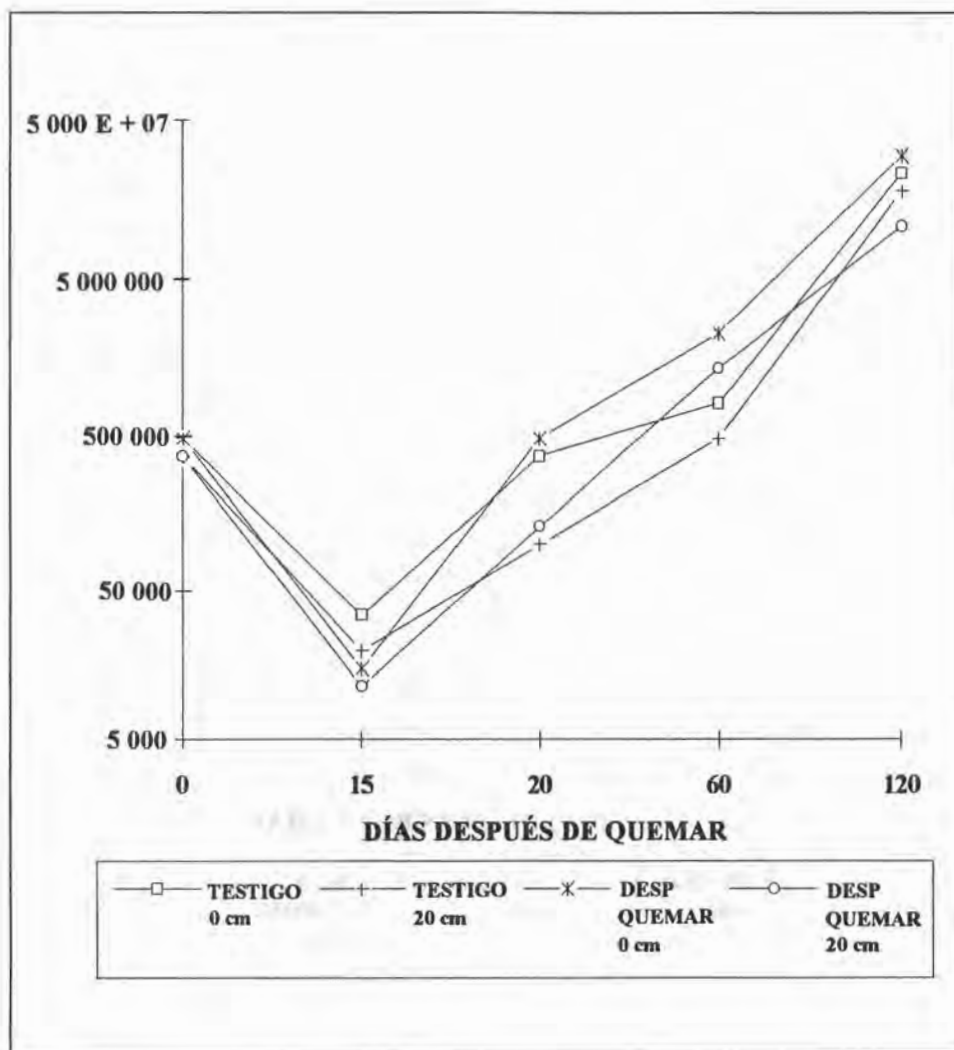


Figura N° 3. Comportamiento de las bacterias antes y después de quemar.

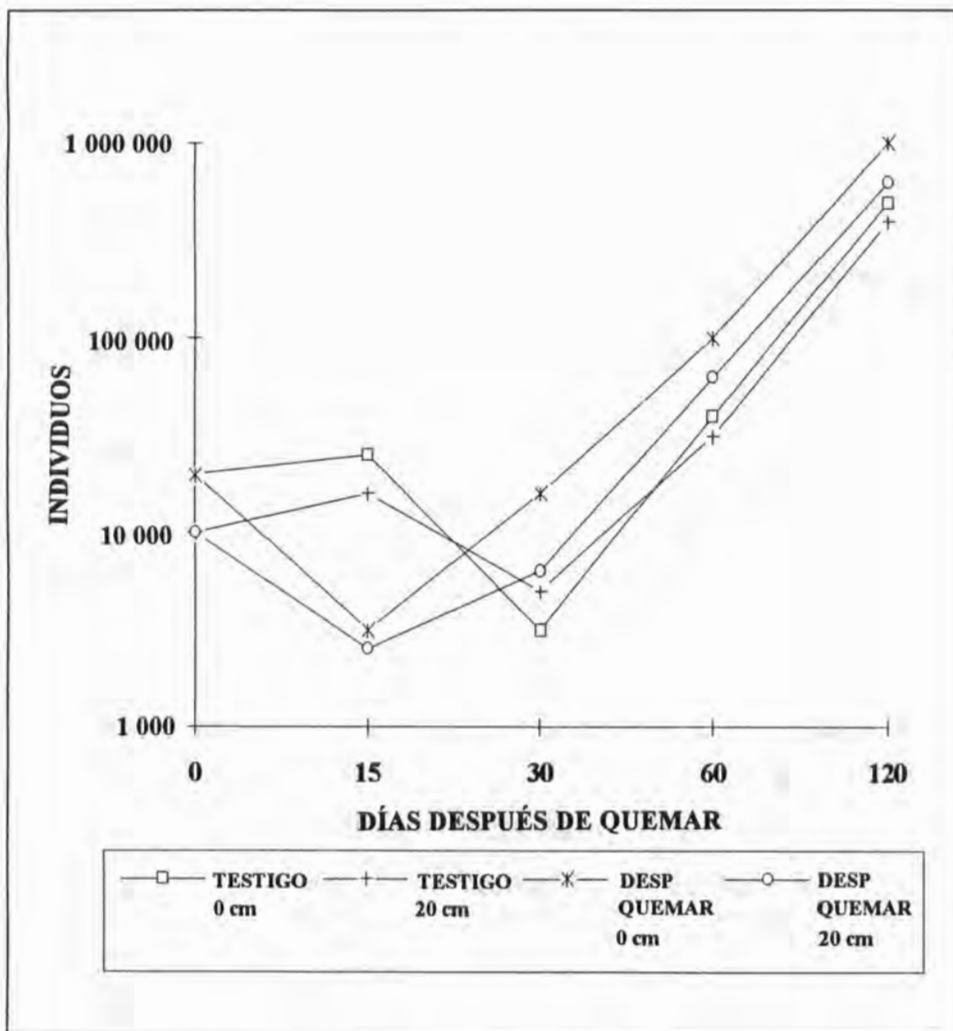


Figura N° 4. Comportamiento de los hongos antes y después de quemar.

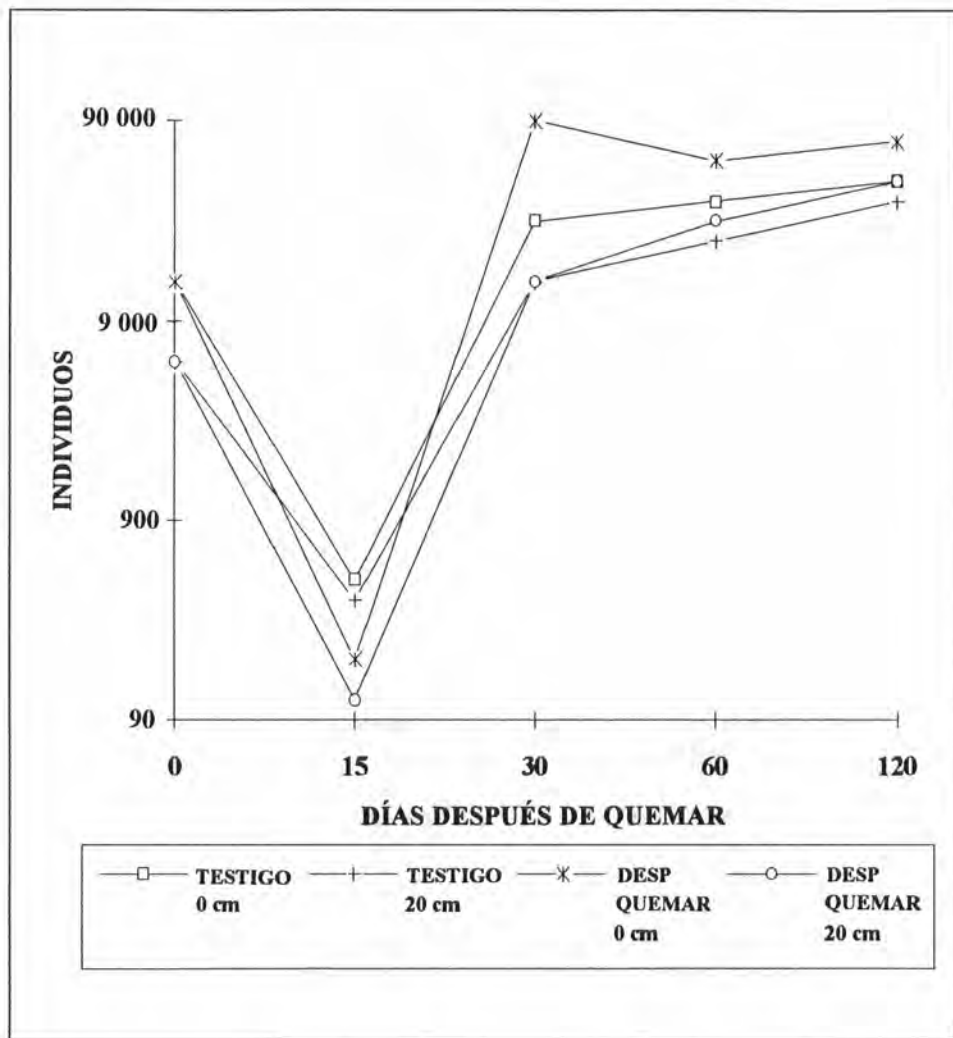


Figura N° 5. Comportamiento de actinomicetos antes y después de quemar.

CONCLUSIONES.

- El comportamiento de los microorganismos estudiados es semejante; disminuyen cuantitativamente durante los primeros 30 días después de la quema, recuperándose a continuación rápidamente, influenciados por la temperatura y precipitación, alcanzando niveles superiores en los lugares donde se aplicó la quema.

- Los factores profundidad del suelo, temperatura y precipitación, son los que más inciden en la actividad microbiológica del suelo.

- De los microorganismos cuantificados, las bacterias fueron las más abundantes, seguidas de los hongos y los actinomicetos.

- Las bacterias fueron las más afectadas por el fuego, pero también las que más proliferaron a los 120 días, después de quemar.

BIBLIOGRAFÍA.

- Connell, A. M. 1990. "Microbial decomposition (respiration) of litter in *Eucalyptus* forests of south-western Australia; an empirical model based on laboratory incubations". *Soil Biol Biochem Great Britain*. 22 (2). pp. 153-160.
- Chavelas, P. J. 1976. "Campo Experimental Forestal San Felipe-Bacalar". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. *Revista Ciencia Forestal*. Vol 1. N° 3. pp. 65-74.
- García, E. 1983. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 246 p.
- Hernández, X., E. 1962. Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Revista Chapingo. México. 63 p.
- Pritchett, W. L. 1986. Suelos forestales; propiedades, conservación y mejoramiento. Ed LIMUSA. México. 634 p.
- Reyes, C. R. 1980. "Efecto del fuego sobre algunas características de un suelo yaax-hom y la vegetación en Quintana Roo". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. *Revista Ciencia Forestal*. Vol 5. N° 26. pp. 15-41.

- Sánchez, P, A. 1981. "Suelos del trópico. Características y manejo". Trad Edilberto Camacho. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. pp. 354-421.
- Solie, E. y Maass, J. 1989. Tasa de respiración del suelo en una selva tropical estacional. Memoria del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Colegio de Postgraduados. Montecillos, estado de México.
- Soria, M. 1987. La actividad microbiana del suelo y su efecto sobre la producción de tomate (*Lycopersicum esculentum*), en el norte de Yucatán. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, estado de México.
- Stotzky, G. 1965. "Microbial respiration". *In: Methods of soil analysis*. Part 2. Ed Black, C A. Soc of Agron. Madison Wisconsin. U S A. pp. 1550-1571.
- Tate, R, C. 1987. Soil organic matter biological and ecological effects. Ed John Willey and Sons. U S A.