

EFECTO DE LAS QUEMAS PRESCRITAS SOBRE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN UN RODAL DE PINO

Flores Garnica José Germán*
Benavides Solorio Juan de Dios*

RESUMEN

La quema prescrita es una herramienta práctica y económica utilizada en la conservación y mejoramiento del recurso forestal. En México, los casos de aplicación de las quemas controladas son pocos, ya que se desconocen los efectos del fuego en los ecosistemas forestales. Por ello el objetivo del presente trabajo fue el de realizar una evaluación para conocer el efecto del fuego en el suelo en un rodal de pino, con la aplicación de quemas controladas, las cuales se llevaron a cabo en la Sierra de Tapalpa, estado de Jalisco. Se definieron seis parcelas de 20 x 30 metros, con tres repeticiones por tratamiento (quema en retroceso y quema a favor). Las quemas se hicieron en marzo de 1991; antes y después de éstas, se tomaron muestras de suelo para evaluar los parámetros físico-químicos siguientes: a) materia orgánica, b) nutrientes (calcio, potasio, magnesio, manganeso, fósforo, nitrógeno nítrico, nitrógeno amoniacal), c) pH, y d) textura. De los resultados obtenidos en el suelo después de las quemas, destacan un ligero aumento de materia orgánica y una leve disminución en los niveles de potasio, fósforo y nitrógeno nítrico, y un aumento de los niveles de calcio. Se señala la influencia de las lluvias en los cambios de textura. Aunque hubo algunos cambios en el suelo, se concluye que no fueron significativos.

Palabras clave: Quemias prescritas, incendios forestales, bosques de pino, *Pinus michoacana*, Jalisco.

* Investigador del Campo Experimental Forestal Colomos, Zapopan, Jal., CIR-Pacífico Centro. INIFAP-SAGDR.

ABSTRACT

Prescribed burn is a cheap and practice tool in order to conservate and improve forest resources. In Mexico there are few cases of use of prescribed burns. This is due to the unknowledge of fire effects in mexican forest ecosystems. Therefore, the subject of this work was to evaluate fire effects in a forest soil when prescribed burns were applied. This work was carried out in a pine forest, at the Sierra of Tapalpa, Jalisco state, Mexico, where both backing and head fire were practiced. Six sites of 20 x 30 meters were used, corresponding three repetitions for each type of burn. The burns were carried out in March 1991. Before and after burning, soil samples were taken in order to evaluate the effect of fire on: a) organic matter, b) nutrients (calcium, potassium, magnesium, manganese, phosphorus, nitric nitrogen, amoniacal nitrogen), c) pH and d) texture. Among the most importants results, there was a slight increase of organic matter; a slight dimish of potassium, phosphorus and nitric nitrogen; and a increase of calcium. The effect of rain is consideredated too. Finally, the conclusion is that, there were not important changes in soil after burns were practiced.

Key words: Prescribed burns, forest fires, pine forests, *Pinus michoacana*, Jalisco.

INTRODUCCIÓN

Los bosques en México han sido y serán una importante fuente de bienes y servicios para el hombre. Pero para obtener su máximo beneficio debe realizarse un programa de manejo para aprovecharlos en forma racional y protegerlos de las constantes agresiones naturales o de las causadas por el hombre. Por ello, se han desarrollado planes de manejo para las condiciones de los bosques mexicanos, con el fin de conservar, fomentar y mejorar el recurso forestal. Aunado a esto se han desarrollado alternativas de apoyo versátiles y económicas, como lo son las quemas prescritas. Estas últimas han tenido gran aplicación en otros países, ya que pueden ayudar a mejorar o a proteger mejor el bosque según los objetivos que se pretendan. Para ciertas especies ayudan al establecimiento de la regeneración natural, en otros casos disminuyen el riesgo de incendios, permiten eliminar vegetación indeseable, etc. Además, la diferencia en costos entre esta práctica y cualquier otra alternativa es considerable.

A nivel mundial se han desarrollado las quemas controladas como una herramienta de apoyo en los planes de manejo forestal. En México los antecedentes al respecto son

muy pocos debido a la escasa difusión de esta técnica, o a la casi nula información de los efectos de las quemas prescritas en los elementos de los ecosistemas forestales mexicanos. La aplicación de quemas prescritas de una manera científica y justificable en los bosques de México, ha sido muy escasa, ya que sólo en los estados de Chihuahua, Durango, Jalisco, México y Michoacán (Toledo, 1988)¹, en el Distrito Federal y en San Juan Tetla, Puebla (Rodríguez, 1994)² se han realizado estudios de esta naturaleza, aunque en una escala muy pequeña.

Con base a lo anterior, en la Sierra de Tapalpa, Jalisco, se aplicaron quemas prescritas con el objetivo de hacer una evaluación de sus efectos en algunas propiedades físicas y químicas del suelo. La hipótesis que se plantea es que la aplicación del fuego a bajas intensidades no afecta las propiedades físico-químicas de un suelo forestal.

REVISIÓN DE LITERATURA

Definición de Quemias Prescritas

Sánchez y Zerecero (1983)³, definieron a una quema controlada o quema prescrita, como la aplicación del fuego en un área determinada, bajo condiciones climáticas conocidas, para la consecución de uno o más objetivos en el manejo de los recursos forestales.

Las quemias controladas han sido desarrolladas desde principios de siglo (1920), y en Estados Unidos de América se empezó a estudiar la utilidad del fuego controlado y sus efectos. Actualmente en muchos países se practican las quemias controladas destacando Estados Unidos de América, Canadá, ex-Unión Soviética, España y algunos países africanos entre otros. En Latinoamérica se realizan de manera operativa en países como Honduras, Venezuela, Chile y Nicaragua principalmente (Hudson y Salazar, 1981)⁴. No obstante en México no han sido utilizadas de manera generalizada en áreas boscosas, principalmente por el desconocimiento de sus efectos y de técnicas prácticas. Por lo que la mayoría de las quemias controladas en bosques se han realizado a nivel experimental, tomando en consideración condiciones ambientales propicias

¹Toledo, M. R. 1988. Niveles de riesgo en incendios forestales.

²Rodríguez T., D.A. 1994. Comunicación personal.

³Sánchez C., J. y G. Zerecero L. 1983. Método práctico para calcular la cantidad de combustibles leñosos y hojarasca.

⁴Hudson, J. y M. Salazar. 1981. Las quemias prescritas en los pinares de Honduras.

para su ejecución, el comportamiento del fuego y la reducción de material combustible. No obstante, Rodríguez (*op. cit.*) señala que las quemas prescritas son de uso común en el manejo de agostaderos, especialmente en el norte del país.

Quemas prescritas y efecto en el suelo

A nivel mundial existen varios estudios que tratan sobre el efecto del fuego en el suelo en incendios forestales (Aguirre, 1981)⁵, pero específicamente sobre las quemas controladas, las evaluaciones del efecto en el suelo, principalmente se han desarrollado en los Estados Unidos de América.

El fuego afecta significativamente las propiedades de los suelos especialmente porque la materia orgánica que se encuentra sobre la superficie es quemada muy rápidamente. Los cambios en esta materia orgánica afectan varias propiedades físicas y químicas del suelo, aunque algunos nutrientes se volatilizan y se pierden, la mayoría queda con mayor disponibilidad para ser aprovechados por las plantas (St. John y Rundel, 1976, citados por DeBano, 1991)⁶.

El fuego actúa como un rápido agente mineralizador, ya que libera nutrientes de forma inmediata en contraste con los procesos normales de descomposición que pueden tardar años y en algunos casos décadas (DeBano, *op. cit.*). Aunque se tengan pérdidas en las cantidades de algunos nutrientes a través del fuego controlado, son insignificantes si se comparan estas cantidades con otras pérdidas ocurridas con incendios descontrolados.

Las características físicas del suelo que son dependientes de la materia orgánica (estructura del suelo y espacios porosos), son afectadas por el calor durante el fuego (Scott y Burgy, 1956)⁷. Pero si el efecto del fuego se combina con la lluvia, se tienen otros efectos acumulativos que pueden observarse en la textura como es la arena, arcilla o limo (DeBano y Conrad, 1976)⁸.

El nitrógeno, fósforo y azufre son nutrientes que a bajas temperaturas son rápidamente volatilizables (DeBano, *op. cit.*). El nitrógeno es un buen indicador de las pérdidas de nutrientes por volatilización, porque es un nutriente limitante para el crecimiento de las plantas en los ecosistemas forestales, como en chaparrales y también el más

⁵Aguirre, B. 1981. Efecto del fuego en algunas propiedades físicas de suelos forestales

⁶DeBano, L.F. 1991. "The effect of fire on soil properties". pp. 151-156.

⁷Scott, V.H. and R.H. Burgy 1956. "Effects of heat and brush burning on the physical properties of certain upland soils that influence infiltration": pp. 63-70.

⁸DeBano, L. F. and Conrad, C.E. 1976. "Nutrients lost in debris and runoff water from a burned chaparral watershed". pp. 3-13 to 13-27.

fácilmente volátil durante el fuego (Dunn *et al.* 1979⁹; DeBano y Conrad, 1978)¹⁰.

La cantidad total de N (nitrógeno) volatizable durante la combustión es directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica consumida (Raison *et al.* 1985)¹¹. Pero esta relación puede no ser mantenida a bajas temperaturas porque la materia orgánica, puede descomponerse sin la volatilización del N, por lo tanto en estas condiciones, la pérdida de N no es proporcional con la pérdida de materia orgánica (DeBano, *op. cit.*).

El N que no fue volatizado permanece estable en el sitio, disponible como N amoniacal en el suelo. Por lo tanto el N amoniacal dependiendo de la severidad y duración del fuego, puede incrementar su concentración, decrecer o permanecer estable (DeBano, 1991). Cuando el suelo está húmedo durante la quema, el N amoniacal intercambiable se incrementa, pero no ocurre así en un suelo seco (DeBano *et al.* 1977)¹².

El pH también puede influenciar la disponibilidad del N. Por lo general el N nítrico se localiza en suelos ácidos y el N amoniacal se presenta en suelos básicos y neutros (Gigon y Rorison, 1972)¹³. El fósforo responde diferente pero también puede incidir a la baja en una quema controlada, como cuando los combustibles son consumidos totalmente se tiene una pérdida del 60 % del fósforo (Raison *et al.*, *op. cit.*).

El calor del suelo durante un fuego puede afectar los microorganismos responsables de la transformación del N en dos sentidos:

1. Si la temperatura del fuego es demasiado alta para ser letal, puede esterilizar al suelo y retrasar la amonificación y subsecuente nitrificación hasta que el suelo sea nuevamente reinoculado. El proceso de nitrificación parece ser mas sensitivo al disturbio y se recupera lentamente (DeBano, 1974)¹⁴.

2. En el segundo sentido los microorganismos se afectan por la producción de sustratos orgánicos en el humus y el suelo después del fuego. Con lo cual los microorganismos se incrementan y estimulan su crecimiento (Ahlgren, 1974)¹⁵.

⁹Dunn, P.H., L.F. DeBano and Eberlein, 1979. "Effects of burning on chaparral soils: II. Soil microbes and nitrogen mineralization", pp. 509-514.

¹⁰DeBano, L.F. and Conrad, C. E. 1978. "The effect of fire on nutrients in a chaparral ecosystem", pp. 489-497.

¹¹Raison, R. J.; P. K. Khanna and P.V. Woods, 1985. "Mechanisms of element transfer to the atmosphere during vegetation fires", pp. 132-140.

¹²DeBano, L. F.; P.H. Dunn and C.E. Conrad, 1977. "Fire's effect on physical and chemical properties of chaparral soils", pp. 65-74.

¹³Gigon, A. and I.H. Rorison 1972. "The response of some ecologically distinct plant species to nitrate and to amonium-nitrogen", pp. 93-102.

¹⁴DeBano, L.F. 1974. "Chaparral Soils", pp. 19-26.

¹⁵Ahlgren, I.F. 1974. "The effect of fire on soil organisms", pp. 47-72.

El fuego afecta los microorganismos tan dramáticamente como sucede con el N del suelo (DeBano *et al.*, 1979) pero los cambios que involucran los microorganismos ocurren incluso a bajas temperaturas. La esterilización del suelo está muy relacionada con la intensidad del fuego, su duración y el contenido de agua en el mismo, ya que el agua modera el calentamiento del suelo, en un suelo húmedo existe menos pérdida de N, pero en bajas temperaturas y suelos húmedos no necesariamente se protegen los microorganismos del suelo (Dunn *et al.*, *op. cit.*).

En México en una zona de bosque, se trabajó en el efecto del fuego en el suelo al aplicar quemas controladas que reportan Sánchez y Dieterich en 1983¹⁶, para un rodal de *Pinus duranguensis*. En este trabajo se evaluó la disminución de los combustibles, probando dos épocas de quema: otoño e invierno. Para evaluar el efecto de las quemas prescritas en el suelo se consideraron los factores siguientes: 1) fósforo, 2) carbonato de calcio (CaCO₃), 3) materia orgánica, 4) nitrógeno, 5) pH, 6) color, y 7) textura. Los autores concluyen que las quemas controladas evaluadas no tuvieron efectos significativos en las propiedades físicas y químicas del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló en un rodal de la Sierra de Tapalpa, cuyo clima es templado subhúmedo denominado C (W1) (W) (i') g. , con una topografía sumamente accidentada. La vegetación está formada por bosques de pino (*Pinus michoacana*, Martínez) principalmente, pino-encino y pino con otras latifoliadas (Benavides, 1987)¹⁷. La elección de ésta área de estudio se debió a que reúne características deseables para la utilización de quemas controladas, como lo es el fácil acceso, límites naturales al avance del fuego (arroyo), arbolado con fustes sin ramas en las partes bajas y características similares a esta con otras áreas.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos correspondieron a cada tipo de quema (a favor y retroceso). Ya que no se contó con

¹⁶Sánchez C., J. y J.H. Dieterich. 1983. Efecto de quemas controladas en *Pinus duranguensis* en Madera, Chihuahua.

¹⁷Benavides S., J. de D. 1987. Estimación de la calidad de sitio mediante índices de sitio del *Pinus michoacana* cornuta Martínez y *Pinus oocarpa* Shiede, para el A.D.F. Tapalpa, Estado de Jalisco.

información previa de los parámetros a evaluar, no fue posible estimar el error estándar por unidad de cálculo del número de repeticiones necesarias. Sin embargo, de acuerdo con la homogeneidad de las condiciones del área de estudio (pendiente, vegetación, profundidad de materia orgánica, etc.), se consideró suficiente trabajar con tres repeticiones por tratamiento. También se tomaron en cuenta las limitaciones de seguridad requeridas para la aplicación de las quemas (contar con vías de escape, establecer brechas cortafuego, control de la velocidad de avance del fuego, etc.)

Parcelas experimentales

Para la aplicación de las quemas, así como para la ubicación de las áreas a muestrear, se trabajó con seis parcelas de 20 metros de ancho por 30 metros de largo. Cada parcela correspondió a una repetición de los tratamientos.

Tipos de quema

Se aplicaron dos tipos de quema. La primera se denomina "a favor" y la otra "en retroceso", las cuales van en relación a la dirección que tome el fuego con respecto a la pendiente del terreno o la dirección del viento. La diferencia básica entre estas dos técnicas es referente al comportamiento del fuego y la generación de calor en cada una de ellas. En la quema a favor de la pendiente o del viento, el fuego se desplaza más rápido que en la de retroceso, ya que tiene las condiciones favorables para un desarrollo rápido. De acuerdo con las condiciones del terreno esta proporción puede ser hasta de diez veces.

Época de quema

En esencia las quemas prescritas pueden aplicarse en cualquier época del año dependiendo de los objetivos, sin embargo, éstas deben hacerse dentro de ciertas condiciones de seguridad dadas por la temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento. Tomando en cuenta tales consideraciones, las quemas se realizaron el 25 y 26 de marzo de 1991 (época de estiaje). Ambas quemas tuvieron que realizarse a las 7:00 horas, considerando principalmente contar con condiciones permisibles de humedad relativa, preferentemente alta.

Obtención de las muestras de suelo

Una vez ubicadas y delimitadas las parcelas, dentro de cada una se establecieron pequeñas subparcelas, dos por parcela de 3 x 3 metros cada una. En éstas se marcaron los vértices con estacas, con el propósito de tener una referencia y tomar las muestras de suelo en los mismos lugares, antes y después de aplicar las quemas. Las muestras de suelo se tomaron con una barrena a una profundidad de 10 centímetros. Cada muestra se colocó individualmente en bolsas de plástico, con identificación referente al número de parcela, número de subparcela y el vértice al que corresponde.

Análisis de suelos

Para la determinación de la textura referente a cantidades de arena, arcilla y limo, se utilizó el hidrómetro y los resultados se expresan en porcentaje.

Para la materia orgánica, el método usado fue el de Walkley-Black, con los resultados también expresados en porcentaje.

Para el análisis de los nutrientes como son el calcio y potasio los resultados se expresaron en Kg/Ha, y para el magnesio, manganeso, fósforo, N nítrico y N amoniacal, el método usado fue el de Morgan con los resultados expresados en ppm (partes por millón).

Análisis estadístico

El análisis de los datos se hizo a través de un diseño experimental completamente al azar, en el que se compararon dos tratamientos: A) datos antes de la quema y B) datos después de la quema, donde se analizaron por separado cada uno de los datos de nutrientes y las características físicas del suelo.

Bajo el mismo diseño experimental se realizó otro análisis en el que los tratamientos probados fueron 1) la quema a favor y 2) la quema en retroceso. Estos análisis se llevaron a cabo con información obtenida después de realizada la quema. Esto con la finalidad de observar los efectos que hubo en el suelo y su diferencia estadística en los dos tipos de quema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento del fuego

En el desarrollo de las quemas el comportamiento del fuego tuvo variaciones considerables en ambos tipos de quemas. En lo que respecta a las quemas en retroceso el comportamiento fue el siguiente: la velocidad de propagación del fuego fue de aproximadamente 24 m/hora. El viento se presentó sólo en pequeñas rachas de 3 Km/hora. La altura promedio de la flama de la quema fue de 0.5 m, lo cual representó una intensidad de calor baja.

La quema en avance resultó más intensa que la de retroceso y la velocidad de propagación fue de casi diez veces mayor, la velocidad fue de 276 m/hora, influida por un viento constante. La velocidad promedio del viento fue de 5.5 Km/hora. La altura de la flama alcanzó hasta 5 m, y en promedio fue de 1.5 m.

Complejo de combustibles

Antes y después de las quemas se evaluó el material combustible, fino, liviano y grueso. El combustible fino se infirió a una hectárea, con base en el contenido de material en una superficie de 1 m², por cada parcela. El combustible grueso se estimó a través del método desarrollado por Brown (Sánchez y Zerecero, *op. cit.*). En las parcelas donde se practicó la quema en retroceso, el material combustible inicial fue en promedio, el siguiente: fino 41.3 Toneladas métricas (Tm)/Ha, liviano 1.0 Tm/Ha, y grueso 13.75 Tm/Ha (Figura N° 1).

Después de la quema, el material combustible fue el siguiente: fino 0.0 Tm/Ha, liviano 0.24 Tm/Ha y grueso 1.38 Tm/Ha. En las parcelas con quema en avance antes de la quema se tuvieron las cantidades siguientes: fino 36.0 Tm/Ha, liviano 0.79 Tm/Ha y grueso 53.34 Tm/Ha; después de la quema, los combustibles se estimaron en: fino 0.5 Tm/Ha, liviano 0.23 Tm/Ha y grueso 27.45 Tm/Ha.

Cambios en el suelo.

La respuesta del suelo a la aplicación de quemas controladas varió de acuerdo al factor evaluado. En la Figura N° 1 se presentan los porcentajes en que se modificaron los niveles originales de cada factor. A continuación se señalan los cambios más relevantes que se presentaron.

Materia orgánica. Con base en el Cuadro N° 1, el incremento en materia orgánica no fue estadísticamente significativo. La presencia de materia orgánica se vio afectada por el fuego. En este caso hubo un ligero incremento en su porcentaje (Figura 1 y Cuadro 1). Lo cual se debe a que al quemarse el material combustible, las cenizas resultantes aportan esa cantidad extra. De acuerdo con lo que reportan Wells *et al.* (1979)¹⁸, se esperaba una mayor aportación de materia orgánica, principalmente porque fueron de baja intensidad. Pero, se tuvo una influencia grande que se considera en este caso, que puede atribuirse a la presencia de lluvias, las cuales se presentaron antes de la segunda toma de muestras, por lo que se tuvo un acarreo de cenizas que influyó en los aportes al suelo.

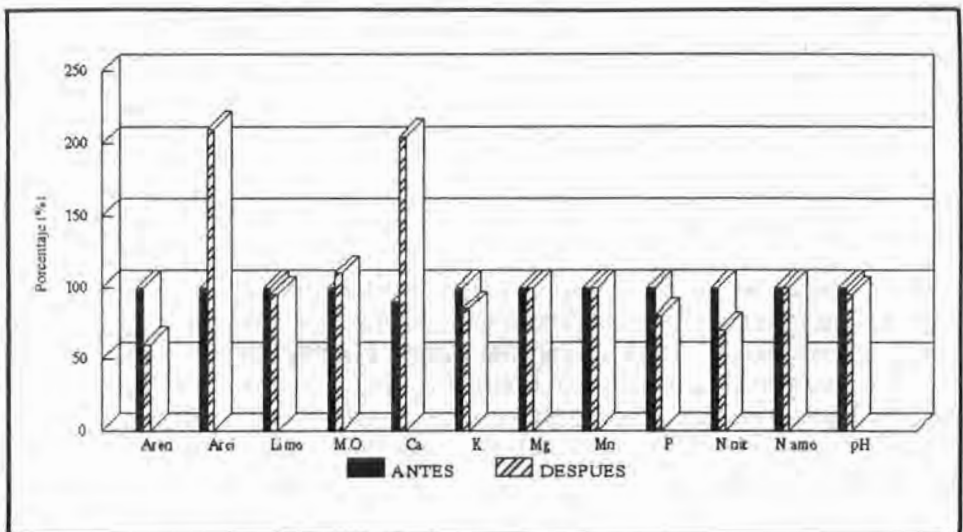


Figura N° 1. Efecto del fuego en los factores evaluados del suelo.

Nutrientes. De acuerdo con Komarek (1967)¹⁹, DeBano, (*op. cit.*) y Spurr y Barnes (1982)²⁰, uno de los primeros cambios en el suelo, debido al efecto del fuego, es la pérdida de cantidades sustanciales de nutrientes importantes para las plantas. Sin embargo, en las quemas prescritas practicadas en este trabajo, se estimó que unas

¹⁸Wells, C.G.; R.E. Campbell; L. F. de Bano; C.E. Lewis; R.L. Fredriksen; E.C. Franklin; R.C. Froelich and P.H. Dunn. 1979. Effects of fire on soil: A state-of-knowledge review.

¹⁹Komarek, E. U. 1967. Fire and ecology of man.

²⁰Spurr, H. y Barnes, B. 1982. Ecologia Forestal.

generaron una baja intensidad de calor (retroceso) y en otras su propagación fue rápida y de más intensidad (a favor). Lo anterior implicó (Cuadro N° 1), un efecto leve en la mayoría de los nutrientes del suelo.

En relación al fósforo, el fuego tuvo en promedio, el mismo efecto tanto en las parcelas con quemas a favor, como en las de quemas en retroceso. En ambos casos hubo una disminución de los niveles de este elemento (Cuadro N° 1). Esto concuerda con lo que reportan Vlamis y Gowans (1961) y White *et al.* (1973) (Citados por Wells *et al.*, *op. cit.*), así como Sánchez y Dieterich (*op. cit.*, 1983) para quemas en otoño. Sin embargo con base al Cuadro N° 1, los cambios que corresponden a las quemas a favor tuvieron una significancia estadística al 5 %. Esto debido probablemente a que se requieren intensidades de calor moderadas para sufrir pérdidas de este elemento (DeBano, 1991) y las quemas en retroceso son de menos intensidad que las de a favor.

CARACTERÍSTICAS	ANTES DE LA QUEMA		DESPUÉS DE LA QUEMA		SIGNIFICANCIA (%)	
	RETRO	AVANCE	RETRO	AVANCE	RETRO	AVANCE
Arena %	41.4	54.1	30.2	29.9	0.7	0.1
Arcilla %	28.9	7.0	36.8	39.5	0.3	0.1
Limo %	29.6	36.1	32.3	30.6	28.0	0.2
M.O.	6.9	6.0	7.5	7.5	97.9	10.2
Calcio kg/ha	500	840	840	1,100	17.0	59.5
Potasio kg/ha	170	440	170	330	59.3	0.4
Magnesio ppm	12	12	12	12	*	37.6
Manganeso ppm	5	5	5	5	*	*
Fósforo ppm	25	25	12	12	1.7	2.3
N Nitrógeno ppm	3	6	3	3	*	4.9
N Amoníaco ppm	12	12	12	12	*	20.4
pH	6.2	6.2	6.3	6.5	62.8	13.2

* No hubo cambios

Cuadro N° 1. Cambios en un suelo forestal debido al efecto del fuego en quemas prescritas y la significancia estadística.

El nitrógeno es el elemento más sensible a los cambios causados por el efecto del fuego, sin embargo no siempre responde igual a una disminución en sus niveles de concentración ya que está afectado por la intensidad del fuego y su duración, si es un

suelo seco o si está húmedo (DeBano *et al.*, 1977). En referencia a los resultados obtenidos de este elemento en las quemas el N nítrico se mantuvo constante en las parcelas correspondientes al tratamiento de quemas en retroceso. Sin embargo existió una disminución estadísticamente significativa en las parcelas de quemas a favor. También para el N amoniacal existió una pérdida pero no fue significativa (Cuadro N° 1), ya que este elemento dependiendo de las características del fuego puede permanecer estable, decrecer o aumentar (DeBano, 1991) y por lo general en un suelo seco como en este caso disminuye su concentración (DeBano *et al.*, *op. cit.*). También el efecto del fuego en los nutrientes es más grande en suelos arenosos que en los arcillosos (Tryon, 1978; citado por Wells *et al.*, *op. cit.*), lo cual está relacionado porque los suelos del área de estudio son arcillosos (Gómez-Tagle y Chávez, 1984)²¹ (*cf.* Revista Ciencia Forestal N° 9).

El calcio manifestó un ligero incremento para los dos tipos de quema, lo cual probablemente sea resultado directo de la combustión de las trozas, ramas y hojarasca, que corresponde con lo que señalaron Wells *et al.* (*op. cit.*) en 1979. Este incremento fue significativo estadísticamente solo en las parcelas con quema en retroceso. Se esperaba que este aumento de calcio pudiera influir en el pH del suelo, sin embargo permaneció sin cambios significativos. Para que el calcio (resultante de una quema) se incorpore al suelo solo se requiere de la presencia de humedad. (Figura N° 1 y Cuadro N° 1).

El potasio manifestó una reducción después de la quema (Figura N° 1), lo cual está relacionado con lo que reportan Wells *et al.*, (*op. cit.*). Esta reducción solo fue estadísticamente significativa para las parcelas con quemas a favor (Cuadro N° 1). La diferencia en la respuesta, entre los dos tipos de quema, se debe a que en las quemas a favor el calor generado fue más intenso que en las quemas en retroceso, en una proporción de 1:5 (de acuerdo a la altura de las flamas generadas en cada caso). Pero son necesarios estudios más específicos para corroborar esto último.

Los niveles de magnesio y manganeso, en el suelo permanecieron inalterables, lo cual concuerda con lo que reportaron Scotter en 1964 y Christensen en 1976 (citados por Wells *et al.*, *op. cit.*), ya que estos elementos son los más estables y solo son afectados a temperaturas muy altas arriba de 1,000 °C (DeBano, 1991).

En cuanto a las condiciones físicas del suelo, las quemas prescritas no lo afectaron

²¹Gómez-Tagle, A. y Y. Chavez, H. 1984. Aplicación de criterios de agrología forestal al estudio de los suelos de los bosques de la zona oeste de Tapalpa, Jalisco.

directamente. El efecto fue indirecto, ya que al descubrirse la superficie del suelo se expuso a la erosión por lluvia. El arrastre de suelo, debido a la lluvia, alteró los porcentajes de texturas (DeBano y Conrad, *op. cit.*). Para futuras aplicaciones de quemas prescritas, se debe tomar en cuenta el efecto que pueden causar las lluvias en las pérdidas de nutrientes, evaluando diferentes épocas de aplicación de las quemas. Sin embargo es importante considerar que algunas investigaciones han comprobado los efectos de la lluvia resultan insignificantes si se comparan con los efectos de los incendios (DeBano y Conrad, *op. cit.*).

Textura. Antes de analizar los efectos en la textura, es importante considerar que Wells *et al.*, (*op. cit.*), señalaron que la mayoría de los estudios indican que el fuego necesita ser muy intenso para provocar efectos directos en la estructura del suelo. Sin embargo, si el fuego es severo puede remover la capa de mantillo, dejando el suelo mineral expuesto a la erosión.

El cambio más notable en la textura fue la reducción del porcentaje de arena, el cual fue más marcado en las parcelas con quema a favor. Esta reducción fue significativa para ambos tipos de quemas. Como consecuencia de lo anterior los niveles de arcilla se incrementaron. Lo cual fue más marcado en las parcelas con quemas a favor. Por último, aunque el porcentaje de limo disminuyó, esto fue estadísticamente significativo solo para las parcelas con quemas a favor (Cuadro N° 1 y Figura N°1).

pH. Aunque hubo un aumento en los niveles de pH (Figura N° 1), de acuerdo con el Cuadro 1, éste permaneció prácticamente igual antes y después, para los dos tipos de quema. Esto se relaciona con lo que reportaron Sánchez y Dieterich, *op. cit.* (1983).

CONCLUSIONES

1. Las quemas prescritas no tuvieron efectos significativos en la mayoría de los nutrientes, sin embargo es importante considerar que algunos elementos (potasio) son afectados por el fuego, si la intensidad es de moderada a fuerte, como ocurre con las quemas a favor. El contenido de elementos importantes como el nitrógeno y el fósforo sufrieron algunos cambios, sin que esto implique que se afecte la fertilidad del suelo. El contenido de N nítrico solo se vio muy levemente afectado en la quema a favor. En contraparte el suelo recibió aportes de calcio como resultado probablemente de las cenizas producidas por las quemas. Respecto a esto último, son necesarios estudios específicos que evalúen el efecto del aumento de calcio en factores como la vegetación, microorganismos del suelo, micorrizas, etc.

2. Respecto a los contenidos de materia orgánica, éstos no fueron afectados por las quemadas prescritas. Aunque hubo un ligero aumento en su porcentaje, éste no fue significativo. Aquí también se debe considerar el efecto de las lluvias, las cuales lavaron parte de la materia orgánica aportada en las cenizas de los residuos. Siendo la materia orgánica un elemento importante en los suelos forestales, de acuerdo con los resultados del presente estudio, se encuentra en cantidades disponibles un poco más altas que antes de la quema.

3. Los cambios más notables se observaron con respecto a las quemadas a favor, los cuales conforme a la altura de las llamas generadas, se consideraron más intensas que las quemadas en retroceso.

4. El contenido de arcilla y de calcio en el suelo fueron los que presentaron mayor variación en relación con los otros elementos.

5. De acuerdo con los resultados del presente estudio, se deducen dos fuentes de variación en las condiciones físico-químicas analizadas. La primera, objeto de este estudio es el fuego y la segunda fue la lluvia. Aunque para aportar resultados concluyentes para esta última se hace necesario evaluar su efecto en combinación con el fuego y con muestras periódicas, sobre todo para analizar nutrientes y textura del suelo.

6. Otra fuente de variación es la propia naturaleza del suelo, pues especialmente sus propiedades químicas pueden cambiar somera o marcadamente de una muestra con respecto a otra, ambas tomadas en el mismo momento pero a algunos centímetros de distancia.

7. Debido a que se consideró que la lluvia tuvo repercusiones en los resultados del presente trabajo. Se sugiere la aplicación de quemadas y la evaluación de sus efectos en diferentes épocas del año. Lo cual permitirá evaluar más específicamente el efecto de las quemadas, sin la repercusión de factores tan fuertes como la lluvia.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, B. 1981. Efecto del fuego en algunas propiedades físicas de suelos forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques. Publicación Especial. Chapingo, México. 73 p.

- Ahlgren, I.F. 1974. "The effect of fire on soil organisms". *In*: Fire and ecosystems. Academic Press, New York. pp. 47-72.
- Benavides S., J. de D. 1987. Estimación de la calidad de sitio mediante índices de sitio del *Pinus michoacana cornuta* Martínez y *Pinus oocarpa* Shiede, para el A.D.F. Tapalpa, Estado de Jalisco. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 80 p.
- DeBano, L.F. 1974. "Chaparral Soils". *In*: Symposium on living with the chaparral. University of California. Riverside. pp. 19-26.
- DeBano, L. F. and C.E. Conrad. 1976. "Nutrients lost in debris and runoff water from a burned chaparral watershed". *In*: Proceedings of the Third Fed. Inter-Agency Sedimentation Conference, March; Denver CO. Conf. Washington, DC. U.S.A. Water Resource Council: pp. 3-13 to 13-27.
- DeBano, L. F.; P.H. Dunn and C.E. Conrad,. 1977. "Fire's effect on physical and chemical properties of chaparral soils". *In*: Proceedings of the Symposium on the Environmental Consequences of fire and Fuel Management in Mediterranean Ecosystems. General Technical Report WO-3. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. pp. 65-74.
- DeBano, L.F. and C.E. Conrad. 1978. "The effect of fire on nutrients in a chaparral ecosystem". *Ecology*. Vol. 59(3): 489-497.
- DeBano, L.F. 1991. "The effect of fire on soil properties". *In*: Proceedings-management and productivity of Western Montane Forest Soils. Forest Service. Intermountain Research Station. General Technical Report INT-280. Ogden, UT. pp. 151-156.
- Dunn, P.H.; L.F. DeBano and Eberlein. 1979. "Effects of burning on chaparral soils: II. Soil microbes and nitrogen mineralization". *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43:509-514.
- Gigon, A. and I.H. Rorison. 1972. "The response of some ecologically distinct plant species to nitrate and to amonium-nitrogen". *J. Ecology*. 60:93-102.

- Gómez-Tagle, A. y Y. Chávez, H. 1984. Aplicación de criterios de agrología forestal al estudio de los suelos de los bosques de la zona oeste de Tapalpa, Jalisco. Revista Ciencia Forestal No. 9. Vol. II. Mexico, D.F. 25 p.
- Hudson, J. y M. Salazar. 1981. Las quemas prescritas en los pinares de Honduras. Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Serie Miscelanea No. 1. Siguatepeque, Honduras.
- Komarek, E. U. 1967. Fire and ecology of man. In: Proc. Tall. Timbers Fire. Ecology conference No. 6. Tallahassee, Florida, U.S.A.
- Raison, R. J.; P. K. Khanna and P.V. Woods. 1985. "Mechanisms of element transfer to the atmosphere during vegetation fires". Canadian Journal of Forest Research. 15:132-140.
- Rodríguez T., D.A. 1994. Comunicación personal.
- Sánchez C., J. y H.J. Dieterich. 1983. Efecto de quemas controladas en *Pinus duranguensis* en Madera, Chihuahua. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Nota Técnica No. 9. PR-05. Centro de Investigaciones Forestales del Norte. Chihuahua, México. 9 p.
- Sánchez C., J. y G. Zerecero L. 1983. Método práctico para calcular la cantidad de combustibles leñosos y hojarasca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Nota divulgativa No. 9. CIFONOR. 15 p.
- Scott, V.H. and R.H. Burgy. 1956. "Effects of heat and brush burning on the physical properties of certain upland soils that influence infiltration". Soil Sci. 82:63-70.
- Spurr, H. y B. Barnes. 1982. Ecología Forestal. AGT. México, D.F. 690 p.
- Toledo, M. R. 1988. Niveles de riesgo en incendios forestales. (Inedito).
- Wells, C.G.; R.E. Campbell; L. F. de Bano; C.E. Lewis; R.L. Fredriksen; E.C. Franklin; R.C. Froelich and P.H. Dunn. 1979. Effects of fire on soil: A state-of-knowledge review. U.S.D.A. Forest Service. General Technical Report WO-7. Washington, DC. U.S.A. 34 p.