

USO DEL FUEGO EN EL MANEJO DE COMBUSTIBLES FORESTALES EN LA SIERRA ZAPALINAMÉ, COAHUILA, MEXICO

¹ Andrés Nájera Díaz.

² Juan Carlos Cal y Mayor Trinidad

³ Marcos Pedro Ramos Rodríguez.

1 Profesor e Investigador Titular de Tiempo Completo. Maestro en Ciencias Forestales. Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

2 Ingeniero Forestal, Comisión Nacional Forestal Región XI en Frontera Sur, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

3 Profesor e Investigador. Doctor en Ciencias Forestales. Centro de Estudios Forestales. Doctor en Ciencias Forestales. Universidad "Hermanos Saíz Montes de Oca" Pinar del Río, Cuba.

RESUMEN

El presente trabajo evalúa efectos del fuego sobre la carga de combustibles forestales leñosos, muertos y del piso, mediante la técnica ignición en fajas con dos tratamientos y 4 repeticiones, t_1 distancias entre líneas de encendido de un metro y t_2 distancias a cinco metros; y observar la condición vegetación después de aplicación de tratamientos. Se determino carga inicial y final de combustibles muertos, leñosos y del piso, mediante la técnica de intercepciones planares descrita por James K. Brown en 1972 y adaptada para México por Sánchez y Zerecero en 1983; para determinar la carga de combustibles finos y ligeros, especialmente pastos se levantaron sitios de muestro de metro cuadrado, donde se colecto material existente para determinar su peso seco y realizar el calculo en toneladas por hectárea.

En la ejecución de quemas prescritas se elaboró el plan de quema que incluye: pronóstico del comportamiento del fuego, técnicas de ignición y plan de contingencia. Los resultados señalan que no existen diferencias entre los

tratamientos aplicados de acuerdo al Análisis de Covarianza y la prueba de medias de Tukey; ya que el t_1 muestra valor promedio de consumo de combustibles de 1.174 toneladas por hectárea y el t_2 de 1.148 toneladas.

De igual manera, la categoría de combustibles finos y ligeros presento mayor cantidad de combustible eliminado de 8.17 toneladas por hectárea que representa el 42.5% de la carga inicial de esta categoría.

Asimismo, se determino que los tratamientos disminuyeron 38.77% de la carga de combustibles muertos; existiendo carga inicial de 37.87 toneladas por hectárea y se obtuvo carga final de 23.52 toneladas por hectárea.

Al término de la aplicación de los tratamientos se observó que no existen daños en el arbolado; sin embargo si se manifestó daño en las especies del estrato arbustivo y herbáceo.

PALABRAS CLAVE: manejo de combustibles, carga de combustible, quema prescrita y técnica de ignición.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con The Nature Conservancy (2004), los incendios son tan antiguos como la Tierra misma. Durante millones de años, el fuego ha sido y continua siendo, una fuerza evolutiva mayor que define el tipo de vida en la Tierra. Cada día se queman miles de hectáreas de bosques, sabanas, pastizales, matorrales, tundras, desiertos, humedales y campos agrícolas, en todos los continentes, excepto en la Antártica. En los últimos años, México se ha visto afectado de manera significativa por los incendios que se presentan cada año en los diferentes tipos de ecosistemas, provocando perdidas de recursos naturales de gran valor ecológico y económico; la SEMARNAT (2003), menciona que los años más críticos en donde se ha registrado mayor superficie afectada son 1998 con 849,632 hectáreas y 14,445 incendios registrados y el año 2003 con 322,448 hectáreas afectadas y 8,211 incendios; esto es atribuido a la acumulación de combustibles forestales, dado principalmente por el cambio climático global y por la política nacional, que se comparte con muchos países, de supresión de los incendios forestales.

Sánchez y Zerecero (1983), señalan que las actividades de prevención de incendios forestales juegan un papel preponderante en la protección de los recursos; además consideran que la acumulación de combustibles en el piso del bosque es un factor que determina el riesgo de incendios cuando este alcanza niveles peligrosos de cantidad y continuidad.

Los mismos autores consideran que el tamaño y forma, y la cantidad de materiales inflamables son características indispensables cuando se piensa en la aplicación de quemas prescritas como medida preventiva de los incendios forestales. Particularmente en la sierra Zapalinamé con el paso de los años se ha venido acumulando una considerable cantidad de combustibles forestales disponibles, mismos que representan un latente peligro para que se presenten incendios intensos, frecuentes y de gran magnitud. Es por esto que en el presente trabajo se propone la aplicación del fuego como tratamiento para la disminución de la carga de combustibles forestales leñosos y muertos, que se encuentran sobre el suelo forestal.

OBJETIVOS

GENERAL. Evaluar los efectos del fuego en la carga de combustibles forestales, en un bosque abierto de *Pinus cembroides* Zucc. asociado con pastizal y matorral.

ESPECÍFICOS. Cuantificar los efectos de la técnica de ignición en fajas con las variantes de uno y cinco metros entre líneas de encendido, en la carga de combustibles forestales leñosos, muertos y en el piso.

Observar la afectación de la vegetación después del tratamiento aplicado.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CONCEPTOS:

Manejo de combustibles, Consiste en el tratamiento de los combustibles del suelo y los combustibles aéreos cercanos a la superficie, que permiten la propagación de los incendios desde el suelo hacia el dosel forestal (OIMT, 1997).

Es la modificación, ordenamiento y eliminación de materiales vegetales, con objeto de facilitar el desarrollo de diversas actividades en operaciones forestales (SEMARNAT-CONAFOR, 2004).

Quema prescrita, Las quemas prescritas se definen como la aplicación del fuego de manera planificada para el manejo de los combustibles forestales en un área específica bajo condiciones atmosféricas seleccionadas para el buen logro de los objetivos predeterminados y que fueron plasmados en un plan de quema prescrita (USDA-FOREST SERVICE, 1989).

ECOLOGÍA DEL FUEGO

USDA-FOREST SERVICE (1989), en su publicación una guía para la aplicación del fuego prescrito en los bosques del sur de los Estados Unidos, mencionan que el fuego ha jugado un papel muy importante determinando la distribución de plantas en el sur y que algunas comunidades vegetales como lo es el pino de hoja larga asociado con el pasto de alambre requieren del fuego periódico para su misma supervivencia, de la misma manera, dicen que una premisa básica de la ecología del fuego, es que en bosques naturales, ni es naturalmente destructivo, ni constructivo: causa el cambio simplemente. Si estos cambios se ven como deseables o no dependen de su compatibilidad con los objetivos marcados, un punto de vista independiente del hombre es que el cambio es biológicamente necesario para mantener un ecosistema saludable. Los manejadores del recurso han aprendido a manipular los cambios causados por el fuego para satisfacer las necesidades de plantas y animales, y aquellos de la humanidad en general, conservándolo bajo los procesos naturales y funciones al mismo tiempo, ellos realizan lo anterior variando el tiempo, la frecuencia e intensidad del fuego.

En el mismo sentido Kauffman (1990), dice que a través de milenios el fuego ha estado afectando significativamente la composición, estructura y numerosos procesos ecológicos de los ecosistemas forestales, todos los organismos forestales del pacífico noroeste están íntimamente preparados para la supervivencia en su medio ambiente, y estos incluyen adaptaciones específicas que garantizan su persistencia ante el fuego.

En general las adaptaciones al fuego pueden estar ampliamente generalizadas ó incluir aquellas características distintivas que facilitan la reproducción, y por lo tanto, la perpetuación de la especie. Un ejemplo de característica de sobrevivencia al fuego es la corteza gruesa que mantiene vivo los tejidos ó a la capacidad de rebrotar a partir de órganos que están por debajo del suelo.

USOS DEL FUEGO

Flores y Benavides (1995), encontraron que después de que el fuego se presenta, el suelo se torna susceptible a la erosión eólica e hídrica, debido a que se elimina la materia orgánica y la cama de combustibles, quedando el suelo parcial o completamente descubierto; en cuanto a los nutrientes, encontraron que el fuego actúa como rápido agente mineralizador y que se registran pérdidas sustanciales de algunos elementos como el fósforo, potasio y nitrógeno; sin que esto implique que se afecte la fertilidad del suelo, si la intensidad del fuego es de moderada a fuerte, en contraparte, encontraron que la cantidad de calcio se ve favorecida y que el nitrógeno es el elemento más susceptible a los cambios causados por el fuego. En este mismo trabajo, concluyen que el fuego necesita ser muy intenso para que la estructura del suelo se vea afectada.

Flores y Benavides (1994), observaron que la regeneración natural se ve favorecida después del paso del fuego, aunque no de manera inmediata pero sí con el paso del tiempo.

Mientras los regímenes de fuego son respetados este sigue siendo un factor ecológico que beneficia de cierta manera a los ecosistemas, pero cuando este ritmo natural se altera y/o se modifica, se alteran también los factores que dan origen a los incendios, principalmente la carga de combustibles, propiciando que cuando se presenten los incendios estos tengan efectos catastróficos sobre los

En la actualidad se sigue haciendo uso del fuego en las actividades agrícolas y pecuarias de forma aún no tecnificada y regulada, que aunque contamos con leyes que norman la utilización de los recursos naturales y la

NOM-015-SEMARNAP/SAGAR-1997; que regula el uso del fuego en terrenos forestales y agropecuarios, y que establece las especificaciones, criterios y procedimientos para ordenar la participación social y de gobierno en la detección y el combate de los incendios forestales; combinando que el gobierno y las instituciones encargadas no refuerzan la asistencia técnica necesaria para el uso del fuego, además de no motivar la observancia de la ley y que la comunidad rural hace caso omiso a estas normativas se siguen provocando incendios forestales que dejan vastas extensiones deforestadas y expuestas a la erosión del suelo. Situación que se hace necesario realizar acciones del uso del fuego de manera consciente y planificada mediante la ejecución de quemas prescritas, con diferentes objetivos.

MANEJO DE COMBUSTIBLES

Los combustibles forestales son un factor determinante en el comportamiento del fuego, y para lo cual se deben considerar las ocho principales características y que se muestran en el Cuadro 1.

De las características que se mencionan la que interesa en el presente estudio es la cantidad de combustibles ó carga; ya que está directamente relacionada con la intensidad calórica de la línea de fuego; es de saberse que a mayor cantidad de combustibles la intensidad será mayor y por lo tanto provocará más daños a la vegetación y al suelo; también al haber más biomasa que se pueda quemar, la velocidad de propagación se torna alta, propiciando fuegos intensos y de mayor tiempo residual de combustión, de igual forma, cuando existe alta carga de combustibles el incendio se resiste más al control.

Cuadro 1. Principales características de los combustibles forestales.

Característica	Definición	Observaciones
1.- Cantidad de combustible	Carga o peso por unidad de superficie kg/m ² ó Ton/ha.	A mayor cantidad de combustible el incendio presenta mayor intensidad.
2.- Tamaño y forma	Relación del área superficial y el volumen de la partícula.	Existen categorías de combustibles de acuerdo a su diámetro. Los combustibles más finos arden y se consumen más fácilmente porque tiene mayor superficie expuesta en relación a su volumen; además de que son fuente de focos secundarios.

3.-Compactación	Espaciamiento entre los combustibles y % de aire contenido.	Afecta la tasa de secamiento y la velocidad de propagación del fuego.
4.-Continuidad horizontal	Distribución de los combustibles en el plano horizontal del suelo.	Define hacia donde se propagara el fuego y su velocidad, también si es uniforme o no uniforme su propagación.
5.-Continuidad vertical	Distribución de los combustibles en el plano vertical (del suelo hacia la copa de los árboles).	Influye en que el incendio superficial se convierta en aéreo o de copa.
6.- Densidad de la madera	Es la capacidad de absorber energía calórica sin cambiar su temperatura.	Las maderas más densas necesitan más tiempo expuestas al calor para encender pero tardan más en apagarse.
7.- Sustancias químicas	Son sustancias inflamables que facilitan la combustión.	Las resinas de coníferas y las gomas en latifoliadas.
8.-Contenido de humedad	Es la cantidad de agua en el combustible expresada en porcentaje del peso seco del combustible.	Es el factor más importante a evaluar; ya que determina si se inicia o no un incendio su comportamiento y control.

Fuente: SEMARNAT-CONAFOR (2004).

Se han realizado una serie de trabajos para estudiar los efectos del fuego en la carga de combustibles y otras características de los ecosistemas, así tenemos el estudio sobre: las propiedades físicas de combustibles leñosos en las montañas azules de Oregon y Washington realizado por Ryan y Pickford (1978); la estimación del consumo por el fuego de combustible forestales muertos en rodales de *Pinus montezumae* Lamb. elaborado por Alvarado (1988); los trabajos establecidos por Flores y Benavides (1994 y 1995) cuyos objetivos fueron determinar la influencia de dos tipos de quemas controladas en bosques de pino en Jalisco y evaluar el efecto de las quemas prescritas sobre algunas características del suelo en un rodal de pino; de igual manera Rodríguez y Sierra (1995), realizaron un estudio para la evaluación de los combustibles forestales en los bosques del Distrito Federal; y Flores y Omi (2003), hicieron el mapeo de combustibles forestales para simulación del comportamiento espacial del fuego usando estrategias de geomática.

Según SEMARNAT-CONAFOR (2004), de manera práctica el manejo de los combustibles puede ser realizado mediante actividades como:

- a) Uso del fuego.
- b) Eliminación manual, para uso como combustible.
- c) Intervenciones silviculturales.

- d) Uso de maquinaria pesada.
- e) Uso de astilladora y equipos para el aprovechamiento.
- f) Silvopastoreo.
- g) Aplicación de productos químicos.

Es importante que para la elección de la técnica de manejo de combustibles, en cada caso se deberá emplear la más adecuada, teniendo en cuenta las condiciones sociales y de uso del fuego, ecológicas y económicas del área en donde se piense aplicar (Nájera, 2004).

El uso del fuego para el manejo de los combustibles de acuerdo con Vélez (2000), es el método más eficaz, económico y de mayor aplicación; además tiene la ventaja de poder hacer combinaciones con otros métodos, por ejemplo:

- Productos químicos en vegetación leñosa y después quema de la biomasa muerta.
- Quema si hay abundante biomasa muerta y la aplicación de productos químicos para eliminar rebrote provocado por el fuego.
- Pastoreo seguido de la aplicación de productos químicos.
- Aplicación de pastoreo, productos químicos y quema prescrita.

Coria et al (1989), mencionan que los aprovechamientos forestales que se realizan dejan en el área de explotación una enorme cantidad de desechos (combustibles) que adicionado a los materiales acumulados por caída natural y en las épocas secas, representan un alto índice de inicio y/o propagación de incendios forestales, por lo que proponen quemas prescritas como una herramienta más en el manejo forestal especialmente en el manejo de los combustibles, ya que generalmente reduce la carga de materiales existente en las zonas forestales.

Algunos autores como Negrete et al (1986), Coria et al (1989), y Flores y Benavides (1995); mencionan que la aplicación de las quemas prescritas como herramienta en el manejo forestal es una técnica relativamente no explorada en

México y que a pesar de ser esta práctica tan antigua son pocos los antecedentes de su uso práctico en los bosques, y que solamente se realizan a escala experimental, debido al desconocimiento de sus efectos y la forma práctica de aplicación.

METODOLOGÍA

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra dentro de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé (ZSCESZ) al sureste del Estado de Coahuila, entre los municipios de Arteaga y Saltillo; al sureste y al norte colinda con la carretera 57 (Saltillo-México), mientras que al Oeste con la carretera 54 (Saltillo-Zacatecas); sus coordenadas extremas son los paralelos 25°15'09" y 25°25'57.6" de Latitud Norte y los meridianos 101°05'36" y 100°47'47" de Longitud Oeste (INEGI, 2000), definiendo específicamente como área de estudio el Bosque de *Pinus cembroides* Zucc. que se encuentra al noroeste del ejido Cuahutémoc en las coordenadas 25°17'34.1" de Latitud Norte y 100°59'24.0" de Longitud Oeste (INEGI, 2001)

MÉTODO PRÁCTICO PARA CALCULAR LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLES LEÑOSOS Y HOJARASCA.

Para realizar el inventario de combustibles leñosos y muertos en el presente trabajo se utilizó la metodología denominada "Intercepciones planares" y la colecta de hojarasca en sitios de 30 centímetros cuadrados.

Sánchez y Zerecero (1983), consideraron que para poder evaluar los efectos del fuego, es indispensable conocer la cantidad de combustible existente en un bosque antes y después de efectuar la quema.

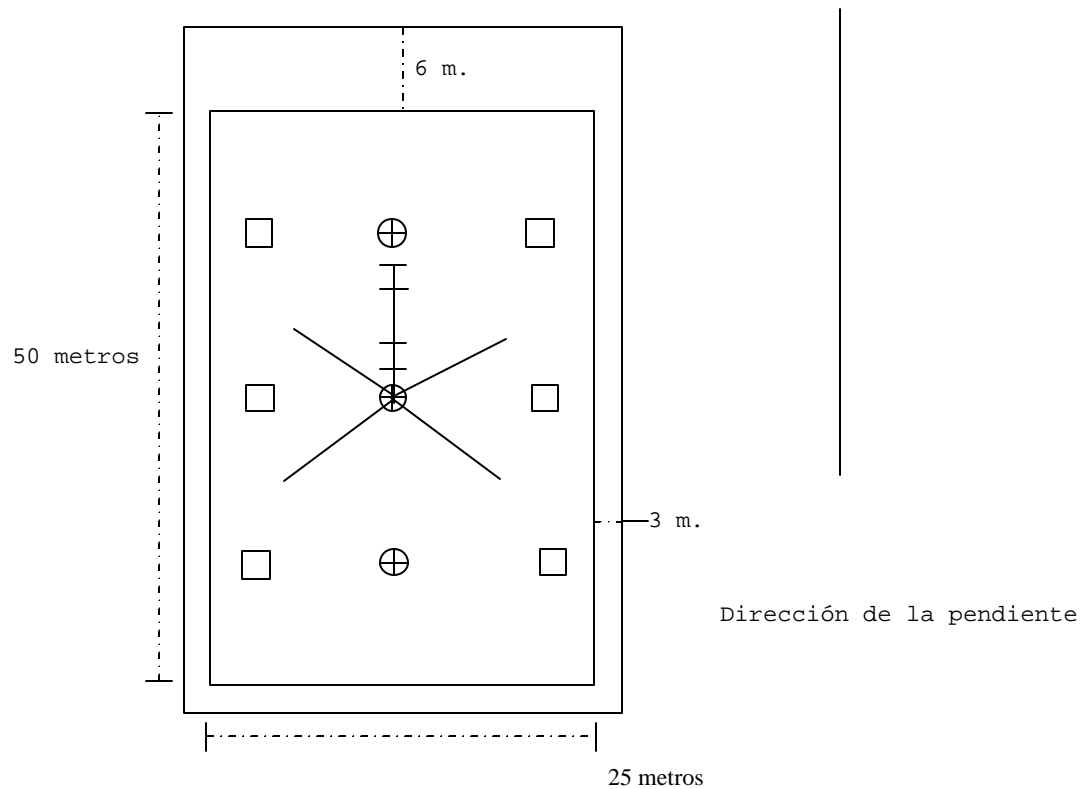
Los autores elaboraron un reporte ó guía que describe un método práctico, rápido y fácil de utilizar para la cuantificación de combustibles leñosos y ligeros (hojarasca), que se basa en la técnica de intercepciones planares que fue descrita por James K. Brown en 1972 y por James K. Brown y Roussopoulos en 1974, la cual tiene la misma base teórica que la técnica de intercepciones en

una línea que fue descrita por Van Wagner en 1968. Esta técnica consiste en el conteo de las intercepciones de las piezas leñosas en planos de muestreo vertical y que en el terreno se marca con líneas de muestreo; además presenta la metodología para estimar la cantidad de hojarasca en el piso forestal.

ESTABLECIMIENTO DE LAS PARCELAS.

El área de quema comprendió 1 hectárea, seccionada en ocho parcelas de 25 metros X 50 metros, la selección del área se hizo a partir de recorridos preliminares en donde se busco representar el tipo de vegetación bosque abierto de *Pinus cembroides* Zucc. Asociado con pastizal natural y chaparral, para evaluar el efecto de la técnica de ignición en fajas en la carga de combustibles leñosos y muertos en el piso del bosque. Las parcelas se establecieron a favor de la pendiente, es decir, que el lado de mayor longitud (50 metros) se sitúo paralelo a la pendiente y el lado de menor longitud (25 metros) perpendicular a la pendiente, se considera que es un tamaño aceptable de parcela experimental comparado con las utilizadas por Flores y Benavides (1994 y 1995) que son de 20 metros X 30 metros, y las utilizadas por Alvarado (1988) en dos de sus trabajos, que miden 10 metros X 20 metros. Se marco la brecha cortafuego a lo largo del perímetro de cada parcela, las brechas son de tres metros de ancho en tres de sus lados y de seis metros únicamente en el lado por arriba de la pendiente.

La cuantificación de la cantidad de combustibles realizó en cada una de las parcelas experimentales antes y después de la quema. Para la obtener la cantidad de combustibles en cada una de las parcelas se muestreó un total de 15 líneas por parcela, obteniendo un total de 120 líneas por hectárea que representa un error de muestreo 10%, para lo cual se utilizó el esquema que muestra en la Figura 1.



⊕ = Puntos de partida de las líneas de intercepción

□ = Sitios de colecta de hojarasca de 30 X 30 centímetros

0 m 2 m 4 m 8 m 12 m = Líneas de intercepción

Figura 1. Diagrama del inventario en las parcelas de quema.

Las líneas de intercepción se lanzaron al azar utilizando un reloj y una brújula que nos definió el azimut por donde se lanzaron las líneas de la siguiente manera, se miró el segundero del reloj en un momento dado y multiplicando el número de segundos por seis da directamente el azimut. Las líneas se marcaron utilizando longímetros de 12 metros graduados a los 2, 4, 8 y 12 metros; en los dos primeros metros se cuantificaron los combustibles leñosos de las categorías de 0 a 0.5 y los de 0.6 a 2.5 centímetros de diámetro, en los primeros cuatro

metros los de la categoría de 2.6 a 7.5 centímetros de diámetro, y a lo largo de toda la línea los que tengan diámetros mayor a 7.5 centímetros, para lo cual se utilizó un calibrador con medidas establecidas (Figura 2).

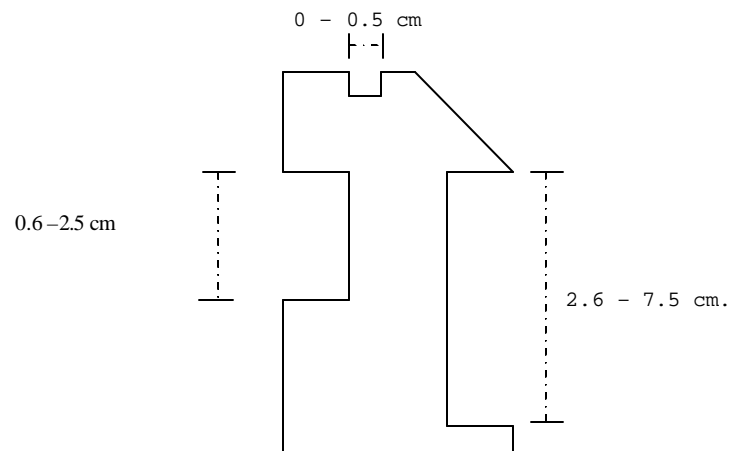


Figura 2. Calibrador para la medición de las categorías de combustibles leñosos.

Para la hojarasca se midió la profundidad en cada una de las líneas a los 4, 8 y 12 metros con una regla graduada en milímetros; para determinar el peso de hojarasca se colectaron seis muestras en cada parcela tomando como referencia los puntos de donde partían las líneas de intercepción y a una distancia de ocho metros hacia las líneas laterales se ubicó el sitio de muestreo en donde con un cuadro de 30 centímetros X 30 centímetros se delimitó el área en donde se colectó la hojarasca y el material en descomposición (humus). Para el cálculo de la cantidad de materia seca por hectárea se colectó el pasto en un metro cuadrado, en cada una de las parcelas antes y después de la quema.

Otras actividades importantes que se deben realizar son: *la planificación para la ejecución de las quemas*, que implica obtener el consentimiento de las autoridades del ejido o comunidad y la autorización de la instancia federal normativa, con base a la Norma, que para el caso fue la NOM-015-SEMARNAP/SAGAR-1997. *LA preparación de las áreas de quema*, se refiere a

construir brechas cortafuego para delimitar las áreas de quema y asegurar que el fuego no salga de ellas. *El pronóstico del comportamiento del fuego*, considerado en la prescripción y que establece el rango aceptable de condiciones de temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, las ocho principales características de los combustibles, en particular la humedad de los combustibles vivos y muertos, así como, la topografía para realizar la quema. Todo formando parte del *Plan de Quema*, que considera además, aspectos de seguridad del personal, rutas de escape y zonas de seguridad, información al público, la organización para la quema, los planes de ignición, de control, evaluación, liquidación y vigilancia y de contingencia; el monitoreo y la evaluación de la quema, principalmente.

ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.

El conjunto de datos derivados del inventario de combustibles fue evaluado en una base de datos creada en Excel mediante fórmulas que nos determinan la cantidad de combustibles en toneladas métricas por hectárea, adaptado para México por Sánchez y Zerecero (1983), tomado de Brown (1974).

Con los datos obtenidos de profundidad de hojarasca se obtuvo la media aritmética de todas las parcelas y sirvió como indicador de la continuidad de la hojarasca.

Para obtener el peso de la hojarasca en toneladas por hectárea las muestras obtenidas se secaron en una estufa de secado a 75 °C hasta que alcanzaron un peso constante y se procedió a hacer la conversión a toneladas de hojarasca por hectárea. El pasto colectado en los sitios de un metro cuadrado se le eliminó el contenido de humedad en una estufa de secado a 75 °C hasta alcanzar un peso constante y se calculó el peso en toneladas por hectárea de biomasa.

Cuadro 2. Datos del inventario de combustibles leñosos antes y después de aplicar la técnica de ignición, Sierra Zapalinamé.

	Carga Ton/ha	Carga Ton/ha	Media de la Profundidad del mantillo (cm.)	Media de la Profundidad del mantillo (cm.)
No de Parcela	Antes de quema	Después de quema	Antes de quema	Después de quema
1	5.294	2.773	2.21	1.52
2	4.635	3.020	0.82	0.82
3	2.950	1.778	0.98	0.50
4	1.557	0.414	0.94	0.29
5	4.810	1.838	0.47	0.47
6	4.266	3.404	0.91	0.78
7	2.431	1.488	0.59	0.24
8	3.816	3.556	0.62	0.59
Total Leñosos Ton/ha	29.759	18.271	0.94 cm.	0.65 cm.
Total Leñosos + pastos + Hojarasca Ton/ha	37.87	23.52		

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

El modelo estadístico que se utilizó es el Análisis de Covarianza (ANCOVA), la carga final de combustibles (cf) como variable dependiente y carga inicial de combustibles (ci) como covariable, lo anterior para hacer la comparación entre los dos tratamientos aplicados.

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + t_j + ?X_{ij} + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor observado.

μ = Efecto de la media poblacional para la variable evaluada.

β_i = Efecto de las repeticiones.

t_j = Efecto del tratamiento

X_{ij} = Covariable

$?$ = Coeficiente de Covarianza

e_{ij} = Efecto aleatorio (error de muestreo).

$i = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

$j = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos)

La interpretación del modelo es que la variable de respuesta esta en función de una media poblacional, más el efecto de i -ésima repetición, el efecto del j -ésimo tratamiento, el efecto de un coeficiente de covarianza, el efecto de la covariable y el error de muestreo.

Se consideró el uso del ANCOVA porque inicialmente se había realizado un análisis de varianza en donde los datos presentaban un alto coeficiente de variación que nos indica que no existe relación entre nuestros datos, fue por esto que se decidió experimentar con el ANCOVA ya que este es un procedimiento estadístico que considera el efecto de una covariable que para este trabajo fue la carga inicial de combustibles forestales.

El análisis de estadístico para la variable cf se llevo a cabo a través del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS), con los procedimientos PROC GLM y PROC MEANS TUKEY, para realizar el análisis de covarianza y prueba de medias, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

☉ Pronóstico de comportamiento del fuego: en las quemas del día 17 de Marzo de 2005, el comportamiento del fuego no varió y se manifestó dentro de los rangos prescritos; las condiciones atmosféricas se mantuvieron dentro del rango mínimo según la prescripción, esto debido a la entrada de un frente frío. Se registró la velocidad de propagación de 2.5 metros/minuto, largo de llama de 0.30 metros en promedio, intensidad lineal del fuego baja de 45 kcal/m/s y calor por unidad de área de 1,100 kcal/m².

☉ En las quemas del día 28 de Abril de 2005, el comportamiento del fuego varió entre los valores mínimos y máximos de la prescripción; al inicio de la quema se observó velocidad de propagación del orden de los 6.25 metros/minutos, altura promedio de las llamas de 0.5 metros, intensidad lineal del fuego baja de 120 Kcal/m/s y calor por unidad de área de 1,250 kcal/m²; al final de la quema se

presentaron velocidades de propagación de hasta 30 metros/minutos, alturas promedio de las llamas de 1.2 metros lo que generó intensidad lineal del fuego de moderada a alta de 700 Kcal/m/s y calor por unidad de área de 1,393 kcal/m².

⊙ Los resultados señalan que no existen diferencias entre los tratamientos aplicados de acuerdo al Análisis de Covarianza y la prueba de medias de Tukey. El t1 con valor promedio de consumo de combustibles de 1.174 toneladas por hectárea y el t2 de 1.148 toneladas.

⊙ Se encontró que la categoría de combustibles finos y ligeros registro mayor cantidad de combustible eliminado con valor de 8.17 toneladas por hectárea que representa el 42.5% de la carga inicial de esta categoría. Asimismo, se determinó que los tratamientos disminuyeron en 38.77% la carga de combustibles forestales muertos; existiendo una carga inicial de 37.87 toneladas por hectárea y se obtuvo una carga final de 23.52 toneladas por hectárea. Se observó que no existió daños al arbolado y sí se manifestó daño en las especies del estrato arbustivo y herbáceo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

⊙ Según el ANCOVA no existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados; ya que el p-value calculado mediante el SAS es de 0.1087, con una $r^2 = 0.955$ y coeficiente de variación de 18.84% . Se obtuvo disminución del combustible fino y ligero de 42.5%, es conveniente señalar que es la categoría de combustibles, fuente de calor inicial, que pierden más rápidamente la humedad, donde se inicia el fuego y son los que proporcionan la energía para ignición de los combustibles de las categorías mayores.

⊙ Es determinante tener un plan de quema prescrita, ya que permite apegarse a una prescripción que nos proporciona los rangos de las variables atmosféricas, humedad del combustible ligero y estabilidad atmosférica, en los cuales puede darse o no la quema para lograr nuestros objetivos planteados y evitar que el fuego se salga de control.

⊙ Es necesario seguir realizando estudios de este tipo; ya que esto marcará la pauta del uso del fuego en el manejo de combustibles como una herramienta en la prevención de incendios forestales y para sentar precedentes sobre el manejo del fuego en la región. Asimismo, Es conveniente tomar en cuenta las necesidades reales de la comunidad rural y consultarles sobre sus dudas y temores; ser técnicamente flexible hacia lo que ellos buscan o desean experimentar para convencerlos de los beneficios del uso del fuego.

⊙ Los programas nacionales de protección contra incendios forestales y manejo del fuego deben considerar de manera prioritaria el manejo de combustibles, como una alternativa para reducir el impacto de los incendios forestales.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarado C., E. 1988. Estimación del consumo por el fuego de combustibles forestales en rodales de *Pinus montezumae* Lamb. Combustibles muertos. *Agrociencia* 72: 74-85 pp. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Brown K., J. 1974. Handbook for inventorying downed woody material. USDA-Forest Service. General technical report INT-16. Intermountain forest and range experiment station. Utah. USA. 24 p.

Coria Q., J. L.; J. Sánchez C. y A. Quiñónez Ch. 1989. Efectos en la vegetación y el suelo ocasionados por el fuego. Tomo II de las memorias del congreso forestal Mexicano. CIFADF, INIFAP, SARH. Toluca, México. 706-710 pp.

Flores G., J. G. y J. de D. Benavides S. 1994. Efecto de dos tipos de quemas controladas en bosques de pino en Jalisco. Folleto técnico Núm. 5. CIPAC-JALISCO, INIFAP, SARH. México. 12 p.

Flores G., J. G. y J. de D. Benavides S. 1995. Efecto de las quemas prescritas sobre algunas características del suelo en un rodal de pino. *Ciencia Forestal* 77 (20) 113–127 pp.

- Flores G., J. G. y P. N. Omi. 2003. Mapeo de combustibles forestales para simulaciones del comportamiento espacial del fuego usando estrategias de geomática. *Agrociencia* 37:65-72. Colegio de postgraduados. Montecillo, México.
- INEGI. 2001. Cuaderno Estadístico Municipal "Saltillo" del Estado Coahuila de Zaragoza. Edición 2001. Aguascalientes, Ags. México. 176 p.
- Kauffman, J. B. 1990. Ecological Relationships of Vegetation and Fire in Pacific Northwest Forests. Library of congress cataloging-in-publication data, "Natural and Prescribed Fire in Pacific Northwest Forest". Oregon State University Press. U. S. A. 39-52 pp.
- Nájera D., A. 2004. Manejo de combustibles forestales. Apuntes de la materia Control y Uso del Fuego. Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Negrete R., L. F.; C. M. Britton; L. C. Fierro y L. Mena H. 1986. Respuesta de seis gramíneas tropicales a la quema prescrita en la costa de Nayarit. Memorias del 2° congreso Nacional sobre manejo de pastizales. Departamento de Recursos Naturales Renovables, UAAAN, Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México. 284 – 287 pp.
- Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT). 1997. Directrices de la OIMT sobre el manejo de incendios en los bosques tropicales. Serie OIMT de políticas forestales No 6. Yokohama, Japón. 42 p.
- Rodríguez T., D. A. y A. Sierra P. 1995. Evaluación de los combustibles forestales en los bosques del Distrito Federal. *Ciencia Forestal*. 20 (77): 193 – 217 pp.
- Sánchez C., J. y G. Zerecero L. 1983. Método práctico para calcular la cantidad de combustibles leñosos y hojarasca. Nota divulgativa No 9 PR – 03. CIFONOR – INIF, SFF. SARH. México.
- SEMARNAT - CONAFOR. 2004. Apuntes del curso internacional de protección contra incendios forestales. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

- SEMARNAT. 2003. Reporte de las delegaciones federales de la SEMARNAT 1998-2003 y de las gerencias regionales de la CONAFOR. México, D. F.
- The Nature Conservancy (TNC). 2004. El fuego los ecosistemas y la gente, una evaluación preliminar del fuego como un tema global de conservación. Iniciativa mundial sobre el fuego. Taller de expertos. Sigrisvil, Suiza. 9 p.
- Servicio Forestal del Departamento de Agricultura (USDA-FOREST SERVICE). 1989. A guide for prescribed fire in southern forests. Technical publication R8-TP 11. Southeastern forest experiment Station. 56 p.
- Vélez M., R. 2000. La defensa contra incendios forestales, fundamentos y experiencia. 1ª Edición al español. Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid, España. 1301 p.