

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO



DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

USO DEL FUEGO EN EL MANEJO DE COMBUSTIBLES FORESTALES

EN LA SIERRA ZAPALINAMÉ.

TESIS PROFESIONAL

Presentada como requisito parcial para

Obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

P R E S E N T A:

JUAN CARLOS CAL Y MAYOR TRINIDAD

BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

Febrero de 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FORESTAL



USO DEL FUEGO EN EL MANEJO DE COMBUSTIBLES FORESTALES
EN LA SIERRA ZAPALINAMÉ.

TESIS PROFESIONAL

Presentada como requisito parcial para
Obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

P R E S E N T A:

JUAN CARLOS CAL Y MAYOR TRINIDAD

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero de 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

USO DEL FUEGO EN EL MANEJO DE COMBUSTIBLES FORESTALES
EN LA SIERRA ZAPALINAMÉ.

Por:

JUAN CARLOS CAL Y MAYOR TRINIDAD

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

ASESOR PRINCIPAL

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN

M.C. ANDRÉS NÁJERA DÍAZ

M.C. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero de 2006.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

USO DEL FUEGO EN EL MANEJO DE COMBUSTIBLES FORESTALES
EN LA SIERRA ZAPALINAMÉ.

Por:

JUAN CARLOS CAL Y MAYOR TRINIDAD

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA

ASESOR PRINCIPAL

M.C. ANDRÉS NÁJERA DÍAZ

ASESOR

ASESOR

DR. HÉCTOR FRANCO LÓPEZ

M.C. JORGE DAVID FLORES FLORES

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero de 2006.

D E D I C A T O R I A:

A mis padres, Jorge Enrique Pérez Hernández y Jesús Esperanza Cal y Mayor Trinidad, por darme la vida. Gracias por su confianza, cariño, amor y su tiempo; quiero que sientan que el objetivo logrado es también de ustedes.

A ti mi linda esposa, **Nayeli Ramírez Cruz,** gracias por depositar en mí tu amor, cariño, confianza, respeto y comprensión. A ti por todos los momentos compartidos y por traer a la vida el tesoro más grandioso del universo fruto de nuestro amor: Nuestra hija.

A mi Hijita, **Julieta Cal y Mayor Ramírez,** porque eres el ser más maravilloso del universo, a ti que has venido a llenar de felicidad y esperanza mi vida y que eres mi motivo más grande de superación.

A mis hermanos: Guadalupe de Jesús, Luis Mauricio, María Isabel y Xochitl Rubí a ustedes con amor y cariño por todos los momentos que hemos vivido y para que algún día sean unos profesionales.

A mis abuelitos, Panchito y Carmita, a ustedes por forjar en mí un hombre de respeto y de trabajo, gracias por sus sabios consejos y por llenar mi vida de felicidad.

En memoria de mis abuelitos, Juanita (†) y Valente (†), por todos los momentos compartidos y por su gran amor y consejos brindados.

A mis tíos, Ana Luisa, Eleuterio, Fco. Javier y Luz Elba, Abel y M^a Cecilia, Ana M^a Margarita, Martha Eva, Luz M^a y Juan Cruz, José Antonio y Joaquina, Rosa Aurora y Rene, Patricia, Luz Bella, Coco, Juan A. Cal y Mayor, Luis Humberto y Juani, a ustedes por el cariño y apoyo incondicional brindado.

A mis Suegros y Cuñados (as), que ya forman parte de mi familia gracias por depositar en mí su confianza y su amistad.

Al **Ing. Rogelio Pérez Niño,** por sus consejos, apoyo incondicional y desinteresado, y por todos los momentos compartidos; porque, más que un primo eres mi amigo.

A todos aquellos que ocupan un lugar muy especial en mi corazón y que mi mente deja escapar en estos momentos.

CON RESPETO Y ADMIRACIÓN.....

A G R A D E C I M I E N T O S :

A **Dios** por darme la vida y guiarme en el camino de la fé, el amor y la esperanza.

A mi "**ALMA TERRA MATER**" por acogerme en su seno y darme la oportunidad de formarme profesionalmente en las ciencias forestales.

Al personal del departamento forestal, que de una u otra forma contribuyeron a mi formación académica y por todo el apoyo y la amistad brindada.

Al M.C. Andrés Nájera Díaz, por los buenos consejos y experiencias compartidas, por su valiosa asesoría y tiempo dedicado al presente trabajo y porque mas que un maestro es un buen amigo.

Al M.C. Jorge David Flores Flores, por su valiosa revisión a este trabajo y por los conocimientos otorgados en mi formación profesional.

Al Dr. Héctor Franco López, por todo el apoyo y la asesoría brindada en este trabajo.

Al M.C. Luis Morales Quiñones, por su amistad, los consejos y los conocimientos otorgados durante mi estancia en la Universidad.

Al Ing. Modesto Curiel Ávila, por la elaboración del mapa de ubicación geográfica del área de estudio.

A las brigadas de combate de incendios forestales, de los ejidos Cuauhtemoc y Chapultepec; así como a las oficiales del Municipio de Saltillo y del Gobierno del Estado de Coahuila, por su valiosa participación en la preparación de las áreas de quema y en la ejecución de las mismas.

A la **Organización No Gubernamental, Protección de la Fauna Mexicana A. C. "PROFAUNA A. C."**, por su desinteresado apoyo y participación en el presente trabajo, especialmente a la Biol. Englantina Canales, Ing. Sergio Marines, Ing. Juan Marines, Rafa y a todo el personal en general.

A mis amigos y compañeros, por los momentos compartidos y por ser mi única familia durante mi estancia en esta Universidad: Emmanuel Pérez, Rogelio Pérez, mis compadres José D. Barrera y Paulino Hernández, Sergio L. Santos, Arturo Velásquez, José A. López, Silas Figueroa, German Cruz, Ignacio Avendaño, Enoc Barrera, Rocío Dodany Chacon, Gerardo Molina, Edgar Cruz, y a Juan A. y Jesús E. De los Santos.

A las personas que hicieron posible la culminación de este trabajo: Gabriela García, José D. Barrera, Armando E. Sierra, Julio Godinez y a los integrantes del Equipo de Manejo de Combustibles de la Antonio Narro (EMC-AN) gracias por su ayuda desinteresada en los trabajos de campo.

A todos los compañeros de la **generación XCVIII** de ingenieros forestales de la Antonio Narro, por todos la amistad brindada.

A todas aquellas personas que me apoyaron y que en este momento deja escapar mi mente.

SINCERAMENTE GRACIAS.....

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Páginas
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Importancia del estudio.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Hipótesis.....	5
1.4.1 Hipótesis nula.....	5
1.4.2 Hipótesis alternativa.....	5
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1 Definiciones y conceptos.....	6
2.1.1 Régimen de fuego.....	6
2.1.2 Combustible forestal.....	6
2.1.3 Comportamiento del fuego.....	6
2.1.4 Manejo de Combustibles.....	7
2.1.5 Quema controlada.....	7
2.1.6 Quema prescrita.....	7
2.1.7 Manejo integral del fuego.....	8
2.2 Ecología del fuego.....	8
2.3 Antecedentes del uso del fuego.....	12
2.4 Manejo de combustibles.....	14
2.4.1 Descripción del método práctico para calcular la cantidad de combustibles leñosos y hojarasca.....	19
2.5 Quemadas prescritas.....	23

2.5.1	Objetivos de las quemas prescritas.....	24
2.5.2	Técnicas de ignición.....	25
2.5.3	Equipos de ignición.....	27
2.5.4	Plan de quema.....	29
2.5.5	Prescripción de la quema.....	30
2.5.6	Ejecución de la quema.....	30
2.5.7	Evaluación de la quema.....	32
2.6	Perspectiva mundial y nacional sobre incendios forestales.....	33
2.6.1	Perspectiva mundial sobre incendios forestales....	33
2.6.2	Perspectiva nacional sobre incendios forestales...	36
III	MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1	Descripción del área de estudio.....	39
3.1.1	Topografía.....	39
3.1.2	Hidrología.....	39
3.1.3	Clima.....	41
3.1.4	Geología y edafología.....	41
3.1.4	Vegetación.....	42
3.2	Metodología de campo.....	42
3.2.1	Establecimiento de las parcelas.....	42
3.2.2	Procedimiento de muestreo.....	43
3.2.3	Planificación y ejecución de las quemas.....	46
3.2.3.1	Preparación de las áreas de quema.....	46
3.2.3.2	Pronóstico del comportamiento del fuego....	47
3.2.3.3	Aplicación de la técnica de ignición.....	49
3.2.3.4	Evaluación de las quemas.....	51
3.2.4	Análisis y procesamiento de Datos.....	51
3.2.4.1	Análisis estadístico.....	55
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
4.1	Comportamiento del fuego.....	57

4.1.1 Quemadas del 17 de Marzo de 2005.....	57
4.1.2 Quemadas del 28 de Abril de 2005.....	57
4.2 Reducción en la carga de combustibles.....	58
4.3 Afectación de la vegetación.....	61
V CONCLUSIONES.....	63
VI RECOMENDACIONES.....	66
LITERATURA CITADA.....	68
APÉNDICE.....	72

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Principales características de los combustibles forestales.....	16
Cuadro 2. Categorías de combustibles de acuerdo a su diámetro y tiempo de retardación.....	21
Cuadro 3. Equipos para la ignición.....	28
Cuadro 4. Superficie mundial anualmente afectada por el fuego (medias estimadas).....	35
Cuadro 5. Estadística nacional de incendios forestales en los últimos años.....	38
Cuadro 6. Datos del inventario de combustibles leñosos y muertos antes y después de aplicar la técnica de ignición, Sierra Zapalinamé 2004.....	52
Cuadro 7. Factor de corrección por pendiente a una base horizontal para conversión a toneladas / hectárea.....	54
Cuadro 8. Efecto de los tratamientos en la carga de combustibles forestales leñosos.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Porcentaje de error, para el número de líneas muestreadas, en dos categorías, de 0 - 2.5 y de 2.6 - 7.5 centímetros de Ø.....	22
Figura 2. Quema en fajas.....	27
Figura 3. Localización geográfica del área de estudio en el ejido Cuahutémoc, Saltillo, Coahuila, México.....	40
Figura 4. Diagrama del inventario en las parcelas de quema...	44
Figura 5. Calibrador para la medición de las categorías de combustibles leñosos.....	45
Figura 6. Efecto de los tratamientos de la técnica de ignición sobre las categorías de combustibles leñosos y muertos.....	59
Figura 7. Condición del arbolado después de la quema.....	61
Figura 8. Condición del pasto y Gatuño (<i>Mimosa biuncifera</i>), después de la quema.....	62

RESUMEN

El propósito del presente trabajo fu evaluar los efectos del fuego sobre la carga de combustibles forestales leñosos, muertos y en el piso mediante la técnica de ignición en fajas con dos tratamientos y 4 repeticiones, t_1 distancias entre líneas de encendido a un metro y t_2 distancias a cinco metros; y observar la condición de la vegetación después de la aplicación de los tratamientos. Se determino la carga inicial y final de combustibles forestales muertos, leñosos y en 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 un metro cuadrado en donde se colecto el material existente y se llevo al laboratorio para determinar su peso seco y realizar el calculo a toneladas por hectárea.

Para la ejecución de las quemas prescritas se elaboró un 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 se encontró que la categoría de combustibles finos y ligeros presento 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.

En el mismo sentido se determino que los tratamientos disminuyeron en un 38.77% la carga de combustibles forestales muertos; ya que existía una carga inicial de 37.87 toneladas por hectárea y se obtuvo una carga final de 23.52 toneladas por hectárea.

Al termino 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.

I INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del Estudio.

El fuego como factor ecológico forma parte del complejo ambiente abiótico que, junto con el biótico, ha influenciado en la evolución de las especies; generando así una serie de mecanismos de adaptación para poder subsistir ante la presencia de este y enmarcando más la importancia que tiene en la dinámica de la flora y la fauna (Rodríguez, 1996).

Asimismo, menciona que desde antes que la vida apareciera en nuestro planeta ya existían fuentes de ignición (Erupciones volcánicas, caída de aerolitos, chispas producidas por la caída de piedras, etc.); es por esto que con la colonización de la superficie terrestre por los vegetales, hace aproximadamente unos 345 millones de años, surgen los primeros incendios forestales sobre la tierra.

En los últimos años, México se ha visto afectado de manera significativa por los incendios que se presentan año con año en los diferentes tipos de ecosistemas, provocando pérdidas de recursos naturales de gran valor ecológico y económico para el país; la SEMARNAT (2003), menciona que los años más críticos en donde se ha registrado mayor superficie afectada son 1998 y 2003, esto es atribuido a la acumulación de combustibles forestales dado por la política de supresión de los incendios

forestales en las últimas décadas, aunado a lo anterior, el cambio climático global (fenómenos meteorológicos "el niño" y "la niña").

Situación que hace necesario implementar programas de Manejo del Fuego, incluyendo el manejo de combustibles forestales y teniendo como herramienta la aplicación de Quemadas Prescritas, tema que según Flores y Benavides (1995) en México son muy pocos los antecedentes y no ha sido desarrollado de manera generalizada sino únicamente a nivel experimental y docente, debido al desconocimiento de sus efectos y de técnicas prácticas. Negrete et al (1986), mencionan que las quemadas a pesar de ser una práctica tan antigua, el conocimiento y las bases científicas del comportamiento del fuego son incipientes. Siendo las quemadas prescritas parte de la solución al problema que hoy nos aqueja, que es la magnitud y la frecuencia con que se presentan los incendios forestales; además si se capacitara a la gente del sector agropecuario sobre el uso del fuego, se generarían otras alternativas, como su aplicación en el manejo de los combustibles forestales; además de que se disminuiría el impacto de los incendios forestales en los recursos forestales.

1.2 Planteamiento del Problema.

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 carga 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.

1.3 Objetivos.

1.3.1 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.

1.3.2 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.

1.4 Hipótesis.

1.4.1 Ho: No existen diferencias, en la carga final de combustibles forestales leñosos y muertos, entre los dos tratamientos aplicados.

1.4.2 Ha: Existen diferencias significativas, en la carga final de combustibles forestales leñosos y muertos, entre los dos tratamientos aplicados.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Definiciones y conceptos:

2.1.1 Régimen de Fuego: Es un conjunto de condiciones recurrentes relacionadas con el fuego que caracterizan un ecosistema. Estas condiciones están inscritas en un rango específico de frecuencia, comportamiento del fuego, severidad, momento, tamaño, y modelo de quema (Myers, 2004).

2.1.2 Combustible forestal: Material vegetal que puede arder. Se presenta en dos condiciones: muertos (ramas caídas, hierba y hojas secas, pasto seco, etc.), y vivos (hierbas, matorrales, árboles, plantaciones, etc.) (SEMARNAT-CONAFOR, 2004).

2.1.3 Comportamiento del fuego: Se refiere a la velocidad de propagación, su dirección de avance, su forma, el largo de las llamas, su intensidad, la probabilidad de que se generen focos secundarios, se convierta de incendio superficial a incendio de copas, etc. (Rodríguez, 1996).

El comportamiento del fuego está dado por tres grandes factores que son: Tiempo atmosférico, considerando principalmente la temperatura, humedad relativa, y dirección y velocidad del viento; combustibles que influyen sus ocho características principales; y la Topografía del terreno

principalmente la pendiente, exposición, configuración y altitud.

2.1.4 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).

2.1.5 Quema controlada: Según Rodríguez (1996), cuando se habla de quemas controladas debemos tener presente que se involucra en realidad un control relativo, y no absoluto, de la misma, por el carácter aleatorio del estado del tiempo atmosférico.

2.1.6 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).

2.1.7 Manejo integral del fuego: Se define como un enfoque para hacer frente a los problemas causados por los incendios, tanto deseables como indeseables, dentro del contexto de los ambientes naturales y de los sistemas socioeconómicos en que ocurren, mediante la evaluación y el balance de los riesgos relativos planteados por el fuego y los papeles ecológicos, económicos y benéficos que pueden jugar en un área determinada. Busca métodos eficaces para prevenir incendios no deseados a un costo adecuado y cuando los incendios ocurren, provee un proceso para evaluar el impacto de los efectos; evaluar los beneficios y riesgos relativos; y responder adecuada y eficazmente (Myers, 2004).

2.2 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.

Vélez (2000), menciona que el fuego como elemento natural, es un factor más entre los que definen la estación y han contribuido, desde siempre, a la repartición y selección de las especies, a la composición de las formaciones vegetales, y a la estabilidad, alternancia ó sucesión de sus etapas. También comenta que existe gran cantidad de especies llamadas pirófitas, que necesitan del factor fuego para poder diseminar sus semillas y liberar grandes cantidades de nutrientes contenidos en sus frutos.

Rodríguez (1996) y Vélez (2000), hacen alusión a los mecanismos de adaptación que las especies han desarrollado ante la presencia del factor fuego y que muestran la evidencia de que éste es un disturbio natural que se presenta de manera periódica (regímenes de fuego) según el tipo de ecosistema y la influencia que tiene en la sucesión vegetal; ya que puede detener su curso e iniciar ó reiniciar una sucesión secundaria, o promover la sucesión cíclica.

Asimismo, Flores y Benavides (1995) y Rodríguez (1996), expresan que el fuego participa en el ciclo hidrológico y los ciclos biogeoquímicos impactando a estos de forma positiva o negativa, según la intensidad, frecuencia, y el mismo estado en que el ecosistema se encuentre en el momento que éste se presente.

Por otra parte Flores y Benavides (1995), encontraron que después de que el fuego se presenta, el suelo se torna susceptible a la erosión eólica e hídrica dado, 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, sin que esto implique que se afecte la fertilidad del suelo, de algunos elementos como el fósforo, potasio y nitrógeno; 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.

En otro trabajo 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 beneficiando 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 recursos naturales (Liñeiro, 2004).

2.3 Antecedentes del uso del fuego.

Negrete et al (1986), mencionan que el uso del fuego es la práctica más antigua conocida por el hombre para manipular la vegetación de tierras de pastoreo con varios propósitos. Actualmente, como técnica, puede ser utilizada para ciertos objetivos específicos tales como el control de plantas indeseables, mejoramiento del hábitat para la fauna silvestre, incrementar la producción y calidad forrajera, y mejorar el manejo del pastoreo.

Es posible que el hombre primitivo al igual que los animales temiera al fuego, pero puede que por curiosidad tomó un leño ardiendo sin quemarse con lo que se cree empezó a familiarizarse con él y que después de muchas generaciones aprendió a generarlo y usarlo, de manera que lo utilizaba como medio de calefacción en sus cavernas. Las evidencias más antiguas del uso en fogatas se hallaron en la caverna de Chukutian, Pekín, China, y datan de hace más de 500,000 años (Howell, citado por Rodríguez, 1996).

Asimismo, Rodríguez (1996), señala que los primitivos hacían fogatas para asar sus alimentos, prendían fuego a la vegetación para acorralar a sus presas y así facilitar su caza,

pero también debió servirles con fines bélicos al aplicarlo contra grupos humanos con los que rivalizaban, lo que nos hace suponer que de manera empírica tenían conocimientos sobre los factores que determinan el comportamiento del fuego principalmente de la influencia de la dirección y velocidad del viento.

Con el paso del tiempo el hombre pasa de ser nómada a sedentario con el descubrimiento de plantas para cultivar y animales que domesticar lo que hizo que empezara a formar sus primeras poblaciones; además de que con el crecimiento de su población empezaron a demandar más cantidad de alimentos de manera que se empiezan a abrir nuevos terrenos para la agricultura haciendo uso del fuego mediante el sistema roza-tumba y quema.

En México y durante la época de la conquista que inicia con la llegada de los españoles, quienes trajeron otros tipos de cultivos y otras actividades como es la ganadería que demanda terrenos para potreros y la minería que necesitaba de grandes cantidades de combustibles, se intensifica la explotación de los bosques y por consecuencia se incrementa la incidencia de incendios forestales provocados.

Ante la preocupación de cuidar los recursos naturales los españoles dictaron una serie de normas para poder aprovechar los recursos; además establecieron sistemas de vigilancia y

promovieron el combate a los incendios forestales (Rodríguez, 1992).

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.

2.4 Manejo de combustibles.

SEMARNAT-CONAFOR (2004), dice que el manejo de los combustibles puede darse con diversos propósitos como: control

de incendios forestales, control de plagas y enfermedades, preparación del terreno para repoblación y para la modificación de la composición vegetal.

En el mismo sentido, 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 es importante señalar que cuando existe alta carga de combustibles el incendio se resiste más al control.

Para la evaluación de esta característica se pueden utilizar los siguientes métodos: Pesar muestras, Inventario (Estadístico), Fotografías (Foto-Series); debiendo considerar costos, tiempos de realización y recursos humanos disponibles.

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).

En este sentido 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.

Vélez (2000), menciona que el manejo de combustibles se puede hacer mediante: desbroce manual, desbroce mecánico, poda

manual, pastoreo controlado, empleo de químicos y fuego prescrito.

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, 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 por 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 capa de combustible existente en 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.

2.4.1 Descripción del 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.

Para aplicar la técnica es necesario conocer algunos principios básicos:

1.- Las Piezas leñosas menores a 7.5 centímetros de diámetro se registran por categorías (Cuadro 2) y las mayores a 7.5 centímetros de diámetro se registran por su diámetro y estado de putrefacción.

2.- El número y tamaño de las líneas se define tomando en cuenta varios factores como son: la continuidad y el tamaño de los combustibles, como regla general a

mayor cantidad de combustibles en un área, se requerirá un menor número y longitud de líneas, la precisión del muestreo dependerá del número y longitud de las líneas.

Cuadro 2. Categorías de combustibles de acuerdo a su diámetro y tiempo de retardación.

Diámetro (cm.)	Categorías	Tiempo de retardación (hrs.)
0 - 0.5	Finos y ligeros	1
0.6 - 2.5	Regulares	10
2.6 - 7.5	Medianos	100
> 7.5	Gruesos ó pesados	1000

Fuente: Rodríguez, 1996.

Se considera como tiempo de retardación, la forma de medir el tiempo en que un combustible alcanza el contenido de humedad de equilibrio (con el ambiente). Es el tiempo requerido para perder o ganar el 60% (2/3 partes) del contenido de humedad para establecer el equilibrio con la humedad relativa del ambiente (Rodríguez, 1996).

Se recomienda muestrear de 15 a 20 líneas para obtener un error de muestreo del 20 % o menos y para áreas mayores a 20 hectáreas que contenga alta diversidad en cantidad y distribución de combustibles se deben muestrear más de 20 líneas (Figura 1).

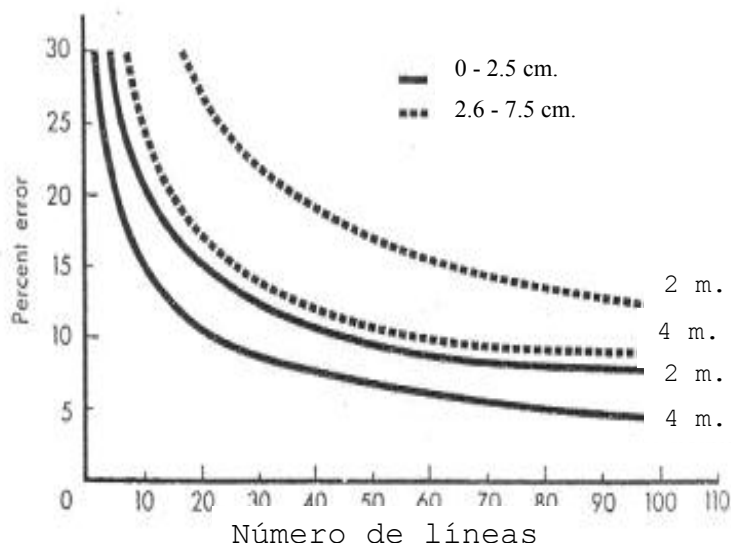


Figura 1. Porcentaje de error, para el número de líneas muestreadas, en dos categorías, de 0 - 2.5 y de 2.6 - 7.5 centímetros de \emptyset .

3.- Para determinar la longitud de las líneas de muestreo en función de la cantidad, disposición y diámetro del material leñoso se utiliza la tabla siguiente:

Cantidad y disposición	Longitud de las líneas en metros		
	\emptyset 0 - 2.5	\emptyset 2.6 - 7.5	\emptyset > 7.5
	(cm.)	(cm.)	(cm.)
Escaso y discontinuo	2	3 - 4	11 - 16
Abundante y continuo	1	2	5 - 8

Tomado de: Brown, 1974.

La técnica también contempla la metodología para calcular la cantidad de combustible fino u hojarasca y la cuantificación de estos se hace mediante los parámetros de profundidad y peso por hectárea.

1.- Profundidad: se mide con una regla graduada en milímetros y consiste en medir el perfil orgánico desde la superficie hasta el suelo mineral. Se recomienda medir la profundidad en tres puntos a lo largo de las líneas de muestreo, este parámetro servirá como índice de continuidad de la hojarasca.

2.- Peso: Es conveniente estimar la cantidad en toneladas métricas por hectárea, al igual que los combustibles leñosos, se realiza mediante la colecta de hojarasca y humus en un metro cuadrado. Con fines prácticos, se recomienda hacer la colecta en 30 centímetros cuadrados. Posterior a estos se elimina la humedad de por lo menos tres muestras de 100 gramos en una estufa de secado y después se hace referencia a una hectárea en base a la cantidad de material colectado.

2.5 Quemias prescritas.

Martín (1990), señala que la quema prescrita es una valiosa técnica de manejo de los recursos naturales. El uso de esta técnica implica una serie de decisiones sistemáticas comenzando con la filosofía en general y la finalidad de la organización y culminando con una exhaustiva evaluación después de completada la quema. Los pasos intermedios del proceso incluye la elaboración de un plan de quema, establecer

objetivos para la quema, desarrollo de la prescripción, obtención del permiso y los recursos necesarios, revisar las condiciones del tiempo atmosférico y de los combustibles, seleccionar la técnica y equipo para la ignición, ejecutar la quema, liquidar, vigilar y documentar los resultados de la quema.

Por otra parte Norris (1990), menciona que la clave para el uso exitoso del fuego, es el desarrollo de una prescripción que incluya los elementos que influyen el comportamiento del fuego (combustibles, tiempo atmosférico y topografía), la técnica de ignición, las condiciones de la vegetación y la fauna silvestre del sitio. Una ejecución exitosa de la prescripción requiere de buena planeación, uso de personal adiestrado y con experiencia.

Flores y Benavides (1995), definen las quemas prescritas como la herramienta más práctica y económica en la conservación y manejo de los recursos forestales.

2.5.1 Objetivos de las quemas prescritas.

Los objetivos fundamentales de las quemas prescritas son: la reducción del peligro de incendios por eliminación de combustibles, la preparación de sitios para la siembra ó plantaciones, la reducción ó eliminación de los desechos de aprovechamiento, la mejora del hábitat para la fauna silvestre,

el manejo de competencia de la vegetación, el control de plagas y enfermedades, la mejora del forraje en pastizales, el mejoramiento del paisaje, crear y mantener accesos, y para perpetuar ó mantener las especies dependientes del fuego (USDA-FOREST SERVICE, 1989).

2.5.2 Técnicas de ignición.

La técnica de ignición se refiere a la forma y momento en que se inicia el fuego y se conduce la quema.

Martín (1990), señala que la técnica de ignición es el factor principal que afecta el comportamiento del fuego y los efectos de una quema prescrita; además, indica que conforme se desarrolla la quema la técnica de ignición puede ser modificada para continuar dentro de los límites programados del comportamiento del fuego. Finalmente la técnica de ignición es el elemento que puede usarse de forma segura para lograr los objetivos propuestos.

Asimismo, menciona que las técnicas de ignición son clasificadas y ejecutadas considerando principalmente: la dirección y velocidad relativa del viento, y la pendiente.

Algunos autores como USDA-FOREST SERVICE (1989), Martín (1990), Rodríguez (1996) y SEMARNAT-CONAFOR (2004) describen las principales técnicas de ignición que existen de las cuales podemos mencionar: quema progresiva, quema en retroceso, quema

frontal, quema por fajas, quema por manchones o puntos, quema por los flancos, quema circular simple, quema circular con concentración de calor y la quema chevron que es una variante de la quema por los flancos.

A continuación se describe la quema en fajas, que es la técnica de interés para el presente estudio.

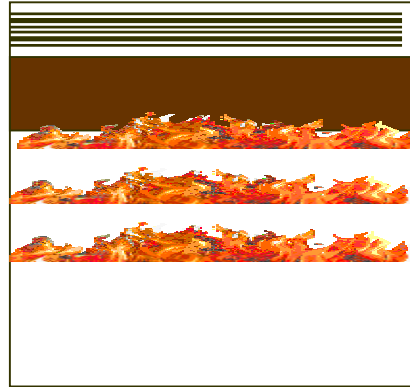
2.5.2.1 Quema en fajas.

A menudo es deseable tener fuegos de propagación más rápida que la quema en retroceso y tener intensidad lineal más baja que la frontal ó quemar una unidad más rápido (Martín, 1990).

Es la técnica más versátil, segura y de fácil control; consiste en quemar fajas en sentido perpendicular a la pendiente o al viento (Figura 2), el fuego se inicia en lo más alto de la ladera o en contra de la dirección del viento. La segunda línea de encendido se hace a una distancia compatible con el largo de las llamas deseadas y así sucesivamente hasta terminar (SEMARNAT-CONAFOR, 2004).

La distancia entre fajas es determinada por la intensidad del fuego requerida, usando la longitud de la llama y la velocidad de propagación como indicadores (Martín, 1990).

Línea de encendido



Efecto del viento o pendiente

2.5.3 Equipos de Ignición.

Se refiere a la forma en que se ha de iniciar el fuego ó a la fuente que provocará el encendido (Rodríguez, 1996).

Existe una gran variedad de equipos para la ignición, desde lo más simple como un fósforo hasta los más sofisticados como la heliantorcha y dispositivos eléctricos. El equipo de ignición a utilizar debe estar acorde a la técnica de ignición y superficie a quemar y estos pueden variar en su costo, versatibilidad y conveniencia (Martín, 1990).

Según SARH (1986), en nuestro país los equipos de ignición más utilizados son: Madera resinosa (ocote), fósforos, candilejas ó luces de bengala, manajo de zacate seco en palas y antorcha de goteo.

En el Cuadro 3, se señalan los equipos de ignición su aplicación y sus ventajas y desventajas.

Cuadro 3. Equipos para la ignición.

Equipo	Tipo de aplicación	Ventajas	Desventajas
Antorcha o Fusee	Prácticamente en toda técnica de quema. Normalmente se le emplea como apoyo a otros equipos.	Fácil de transportar y su aplicación es simple. Relativamente barata.	Muy suave, a veces requiere tiempo para provocar la ignición.
Antorcha Goteo	Es aplicable a toda técnica de quema.	Manejo y transporte simple, muy efectiva, barata y de fácil mantenimiento.	Es más suave que el lanzallamas. Lo que la hace un poco más lenta en la ignición de combustibles pesados.
Lanzallamas	Es adecuada para la eliminación de desechos de aprovechamientos forestales a mata raza y limpia de terrenos para la regeneración natural o reforestación.	Transporte manual, muy efectivo y rápido para la quema.	Su uso debe ser cuidadoso, requiere de personal con experiencia. Puede ser cara por el gasto de combustible.
Granadas	Útil en la quema por puntos o manchones. Puede aplicarse por tierra o desde el aire.	Su aplicación es simple y es muy efectiva. La ignición es muy rápida. El transporte es fácil, útil en terrenos inaccesibles.	Debe emplearla personal experto. Puede ser cara.
Balas Incendiarias	Útil en la quema por puntos o manchones. Puede aplicarse por tierra o desde el aire.	De fácil transporte y uso. La ignición es rápida. Útil en terrenos de difícil acceso.	Es cara y debe emplearse con personal experto.
Heliantorcha	Aplicación aérea, en terrenos de grandes extensiones y exposición, para la limpia de aprovechamientos forestales.	La ignición es muy rápida y no requiere un plan estricto de aplicación.	El costo es alto, por el uso de helicóptero. Puede haber problemas de seguridad. La mezcla del combustible debe estar bien hecha.
Cápsulas Incendiarias	Útil para grandes extensiones de terreno. Su aplicación puede ser terrestre, pero normalmente se usan con elementos aéreos.	La quema es relativamente rápida. Pero muy efectiva	Es cara en aplicaciones aéreas, por lo que se recomienda sólo para grandes extensiones.
Dispositivos Eléctricos	Es útil en la limpia de terrenos con desecho de aprovechamientos forestales a mata raza o los arbustos y otros vegetales indeseables.	Ignición muy rápida. Es excelente por la dispersión del humo que provoca.	Es cara y su instalación es complicada. Se requiere de personal experto.

Fuente: SEMARNAT-CONAFOR (2004).

2.5.4 Plan de quema.

En toda quema prescrita debe existir un plan escrito, con el objeto de tener bien definidos los objetivos y los trabajos que se tienen que realizar para su logro.

El plan de quema es útil porque permite dar seguimiento paso por paso, evaluar los resultados durante y al final de la quema que permite corregir los errores y sobre todo reafirmar resultados positivos (SEMARNAT-CONAFOR, 2004).

De acuerdo con SEMARNAT-CONAFOR (2004), las partes principales que integran un plan de quema prescrita son las siguientes:

- 1.- Introducción.
- 2.- Importancia de los objetivos del plan de quema.
 - Objetivo general de la quema.
 - Objetivo específico de la quema.
- 2.- Descripción del área.
- 3.- Descripción de los efectos deseados.
- 4.- Localización (mapa).
- 5.- Descripción de las características deseadas de la quema.
- 6.- Preparación de la prescripción.
- 7.- Comprobación de la prescripción (modelos matemáticos ó experiencia).
- 8.- Preparación necesaria del sitio.
- 9.- Observaciones necesarias durante la quema.
- 10.- Preparación del plan de ignición.
- 11.- Preparación del plan de control.
- 12.- Preparación del plan de liquidación y vigilancia.
- 13.- Preparación del plan de contingencia.

- 14.- Elaboración del plan de manejo del humo.
- 15.- Seguridad del personal.
- 16.- Organización (organigrama).
- 17.- Información y educación al público.
- 18.- Otras consideraciones (Presupuesto y colaboradores, etc.).

2.5.5 Prescripción de la quema.

La prescripción de la quema define el rango aceptable de temperatura, humedad relativa, humedad de los combustibles y dirección y velocidad del viento. También esquematiza los trabajos a realizar durante la quema, desde la ignición hasta la liquidación e incluye una descripción de la vegetación, de sus especies, la pendiente y exposición, así como el propósito de la quema (Vélez, 2000).

2.5.6 Ejecución de la quema.

USDA-FOREST SERVICE (1989), propone una lista de chequeo para la ejecución de las quemas prescritas, que considera lo siguiente:

- 1.- Estar seguro de tener todo el equipo y herramientas, trabajar en orden y utilizarlo con seguridad.
- 2.- Llevar mapas del lugar y planos de la quema.
- 3.- Evaluar las condiciones atmosféricas antes de iniciar la quema y durante su desarrollo.

4.- Verificar las líneas de control, limpiarlas y reforzarlas de ser necesario.

5.- Notificar a los propietarios y a las organizaciones locales encargadas del control de incendios forestales antes de iniciar la quema.

6.- Dar breve instrucción sobre los procedimientos, incluyendo precauciones de seguridad, rutas de escape, zona de seguridad y la operación apropiada del equipo y herramientas manuales.

7.- Establecer anuncios al tráfico público y estar preparado para controlarlo en caso de la disminución de la visibilidad por la existencia de mucho humo.

8.- Determinar la humedad del combustible, materia orgánica y del suelo.

9.- Realizar una pequeña quema de prueba antes del encendido, para observar el comportamiento del humo y estar seguro de que el fuego será el esperado en la quema. Si esto no fuera así, decidir si el comportamiento del fuego es aceptable y si no, estamos a tiempo de cancelar la quema.

10.- Dar un breve informe sobre los puntos de encendido y la secuencia del fuego y de ser posible señalarlo en un mapa.

11.- Tener un medio de comunicación instantáneo con todo el personal, los radios portátiles son los más utilizados.

12.- Estar alerta de los cambios de las condiciones atmosféricas y preparados para cambiar la técnica de ignición o apagar el fuego si una emergencia se presenta.

13.- Observar si el viento puede llevar el humo hacia áreas susceptibles.

14.- Liquidar y patrullar el perímetro constantemente durante la operación y después, asegurar que el fuego no escape ó hayan problemas de humo.

2.5.7 Evaluación de la quema.

Al respecto, Martín (1990), dice que la quema prescrita debe estar documentada y tener un registro del tratamiento y sus efectos. La documentación es importante en términos de corto plazo para la evaluación y ver si se lograron los objetivos propuestos ó ayudar a la explicación de sus efectos, facilitar la modificación de la prescripción y proveer a largo plazo precedentes de los beneficios de los programas de quemas prescritas. El nivel ó grado de documentación puede variar dependiendo de los recursos evaluados, la sensibilidad de la prescripción, resultados y de los objetivos específicos que deben ser evaluados.

La evaluación de la quema tiene elementos de la prescripción inicial, como son: carga de combustibles, humedad del suelo, temperatura, condición de la vegetación, días desde

la última precipitación, estación del año, características del viento, longitud de la llama, velocidad de propagación y técnica de ignición.

USDA-FOREST SERVICE (1989), indica que los propósitos de la evaluación de la quema es determinar lo bien que se lograron los objetivos propuestos en la quema y para generar información que pueda ser usada en quemas en el futuro. Una primera evaluación tiene que ser realizada inmediatamente después de la quema, la segunda evaluación debe ser realizada durante o después de la primera estación de crecimiento posterior al fuego; además durante el proceso de la quema se tienen que estar evaluando los factores que determinan el comportamiento del fuego, principalmente la humedad de los combustibles, temperatura, humedad relativa y dirección y la velocidad del viento; al igual que las variables del comportamiento del fuego, longitud de la llama y la velocidad de propagación.

2.6 Perspectiva mundial y nacional de los incendios forestales.

2.6.1 Perspectiva mundial sobre incendios forestales.

Martínez et al (1990), afirman que la protección contra incendios forestales es una de las actividades más importantes en todos los países que poseen recursos forestales. Los programas de protección y control de incendios forestales se

remontan al siglo XX, siendo los Estados Unidos de Norteamérica el pionero en su elaboración.

Sánchez (1989), señala que el fuego ha sido por muchos años una de las herramientas de trabajo para las actividades agropecuarias de la población rural; pero cuando se le aplica sin el debido balance con las condiciones ecológicas forestales, se rompe el equilibrio que esta regido por la capacidad de uso del suelo en una área, acarreando como consecuencia el deterioro de los recursos.

En México, como en otras partes del mundo, el uso del fuego se remonta al establecimiento de áreas forestales, cultivos agrícolas o bien de uso pecuario, prácticas que en la mayoría de los casos son realizadas en forma desordenada, constituyéndose así en las principales actividades generadoras de los incendios (Sánchez, 1989).

Por otra parte Vélez (2000), comenta que la globalización de las comunicaciones y los flujos de información que ha producido han cambiado radicalmente la perspectiva de fenómenos, como el de los incendios forestales, que parecían ligados a circunstancias locales de naturaleza y sociedad.

La perspectiva global permite entender mejor el fenómeno, limpiándolo de leyendas e interpretaciones subjetivas.

En el Cuadro 4, se recogen cifras promedio de superficies por tipos de vegetación afectadas anualmente por el fuego en el mundo (en millones de hectáreas).

Cuadro 4. Superficie mundial anualmente afectada por el fuego (medias estimadas).

Tipo de Vegetación	Superficie afectada (Millones de hectáreas)
Bosque Boreal	10
Bosque Templado	5
Bosque Lluvioso	25
Sabanas	1,000
Bosque Mediterráneo	0.6
Asia	3

Fuente: Vélez (2000).

TNC (2004), revela que científicos de todo el mundo tratan de proveer una evaluación preliminar, a escala amplia, de la medida en que el fuego es beneficioso o dañino, principalmente desde una perspectiva ecológica, manifiestan que la comprensión de regímenes de fuego es esencial para determinar si las acciones humanas son benignas ó dañinas desde una perspectiva ecológica.

Para este estudio dividen a los ecosistemas en ecorregiones y los clasifican en tres categorías amplias de regímenes de fuego: dependientes ó influidos por el fuego, sensibles al fuego e independientes del fuego. Encontraron que

de los ecosistemas existentes a nivel mundial, el 46% se encuentra dentro de la categoría dependiente ó influidos por el fuego (Bosques, pastizales y sabanas) en donde el fuego es tan esencial como el agua y la luz solar, y que el 77% de estos ecosistemas tienen regímenes de fuegos alterados; el 36% pertenece a la categoría sensibles al fuego que son ecosistemas que carecen de las adaptaciones que le permitan responder positivamente al fuego o recuperarse (bosques tropicales húmedos latifoliados), del total de estos ecosistemas el 93% presenta regímenes de fuego alterados; y por último el 18% que pertenecen a la categoría de independientes del fuego y pues en estos ecosistemas no hay incendios por la falta de vegetación ó fuentes de ignición (desiertos y tundras).

Los expertos concluyen que el 84% de estas ecorregiones son críticas para la conservación de la biodiversidad y están en peligro a causa de regímenes de fuego alterados y que solamente el 16% de estas ecorregiones presentan regímenes de fuego dentro de los límites ecológicamente aceptables.

2.6.2 Perspectiva nacional sobre incendios forestales.

Martínez et al (1990), comentan que los programas de protección en México habían sido nulos antes del siglo XX y es hasta la promulgación de la primera ley forestal del 11 de febrero de 1926, cuando la lucha contra incendios forestales

adquiere una definición más clara. No obstante, puede decirse que es en los últimos 20 años cuando se ha logrado tener un mejor control, debido a que se han modernizado los sistemas, herramientas y equipos.

Los incendios forestales en nuestro país son conceptuados como el factor de perturbación que más daño ha causado a los diferentes ecosistemas forestales que evidentemente son la resultante de la interacción de diversos factores, principalmente de carácter socioeconómico e incluso político y cultural que, influidos fuertemente por los topográficos y climáticos, los hacen difíciles de minimizar (Sánchez, 1989).

SEMARNAT (2002), revela que las estadísticas de los últimos años muestran una tendencia a incrementarse a pesar de los grandes esfuerzos de las dependencias oficiales encargadas de su prevención y control. En el ámbito nacional la ocurrencia de los incendios forestales es del orden de los 8,078.31 incendios por año en promedio; sin embargo, existen años que superan los 10,000 tal es el caso del año 1993 y 1998. En cuanto a la superficie afectada en promedio suman 254,006.31 hectáreas por año y se estima que la superficie afectada por siniestro es 33 hectáreas en promedio.

El Cuadro 5, es un resumen estadístico del número de incendios y superficie afectada en la década pasada.

Cuadro 5. Estadística nacional de incendios forestales en los últimos años.

Año	Núm. de incendios	Superficie afectada (ha)
1991	8,620	269,266
1992	2,820	44,401
1993	10,250	235,020
1994	7,830	141,502
1995	7,860	309,087
1996	9,250	248,765
1997	5,160	107,845
1998	14,440	849,632
1999	7,843	229,452
2000	8,472	221,784
2001	6,247	135,330
2002	8,066	193,998
2003	8,160	316,000
promedio	8,078.31	254,006.31

Fuente: SEMARNAT, 2003.

De la misma manera esta dependencia cita, que las principales causas de incendios forestales en México son: actividades agropecuarias (48%), intencionales (17%), fogatas (16%), fumadores (8%), actividades silvícolas (3%), derechos de vía (1%), otras actividades productivas (1%) y otras causas (6%).

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del área de estudio.

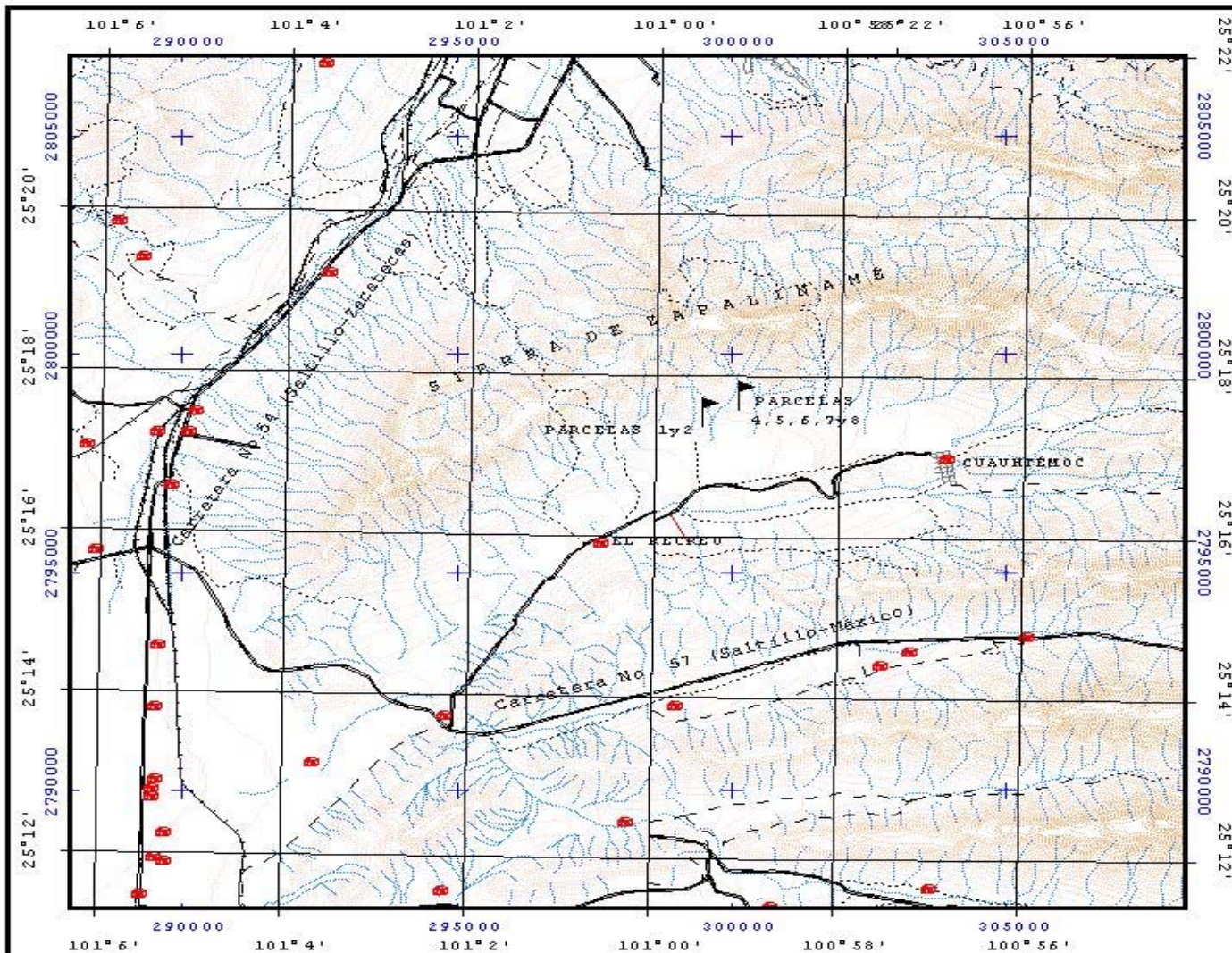
El área de estudio se encuentra dentro de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé (ZSCESZ) al sureste del Estado de Coahuila, entre los municipios de Arteaga y Saltillo; al sureste y al norte colinda con la carretera 57 (Saltillo-México), mientras que al Oeste con la carretera 54 (Saltillo-Zacatecas); sus coordenadas extremas son los paralelos $25^{\circ}15'09''$ y $25^{\circ}25'57.6''$ de Latitud Norte y los meridianos $101^{\circ}05'36''$ y $100^{\circ}47'47''$ 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 $25^{\circ}17'34.1''$ de Latitud Norte y $100^{\circ}59'24.0''$ de Longitud Oeste (Figura 3).

3.1.1 Topografía.

El área de estudio presenta una configuración inclinada, generalmente presenta pendiente del 10%, con una altitud promedio de 2,253 msnm.

3.1.2 Hidrología.

El área de estudio Sierra Zapalinamé queda comprendido en la región hidrológica (RH24) "Bravo-Conchos" con superficie de



LOCALIZACIÓN

Eso: Gráfica
0 2Km.

Elipsoide..... Clarke
Proyección..... UTM
Cuadrículas... cada 5000m
Datum Horizontal..... NAD27

Referencia
CARTAS TOPOGRÁFICAS
Escala 1:50 000
G14C33 y G14C34
G14C43 y G14C44

SIMBOLOGÍA

- Localidades Rurales
- Hidrología superficial
- Curvas a nivel
- Carretera pavimentada
- Terracería
- Brecha
- Vereda
- Áreas de quemas prescritas

DEPARTAMENTO FORESTAL

Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica

Saltillo, Coahuila, México.

95,236.33 km², en la cuenca (B) "Río Bravo-San Juan" con superficie de 46,001.62 km², y en la subcuenca (e) que se le denomina Río San Miguel con 8,918 km² (INEGI, 2001).

3.1.3 Clima.

La temperatura media anual es de entre 12 y 18 °C, presentando una precipitación media anual de 498 mm (INEGI, 2001).

De acuerdo a la clasificación climática de Kôppen modificado por García (1981); el clima es de tipo **BSoK (x') (e)** que corresponde a un clima seco o árido, templado con verano cálido extremoso, temperatura media anual entre 12° C y 18° C, la del mes mas frío -3° C y en el mes más caliente superior a 18° C, régimen de lluvias intermedias entre el verano e invierno, siendo los meses más lluviosos Julio, Agosto y Septiembre.

Los vientos predominantes provienen del sureste en casi todo el año, a excepción del invierno donde predominan los del Noreste con mayor intensidad en Febrero y Marzo.

3.1.4 Geología y Edafología.

Las rocas existentes en el lugar son de origen sedimentario tipo caliza, CETENAL (1975); a partir de las cuales se formaron los suelos de tipo Litosol que son suelos

pocos profundos y Rendzinas que son suelos pedregosos y someros que presentan clase texturial media (CETENAL, 1971).

3.1.5 Vegetación.

El área de estudio comprende bosque de Pino asociado con matorral Crasi-Rosulifolios espinoso, pastizal natural y chaparral; que se encuentran en las laderas medias, y el chaparral con mayor densidad en las parte bajas de la sierra (CETENAL, 1977).

3.2 Metodología de campo.

3.2.1 Establecimiento de las parcelas.

El área de quema comprende 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.

Para la delimitación de las parcelas se utilizó como procedimiento el levantamiento de poligonales.

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; ya que representa mayor peligro por la circulación de los vientos de ladera y por el efecto de la pendiente en el comportamiento del fuego.

3.2.2 Procedimiento de muestreo:

La cuantificación de la cantidad de combustibles leñosos y muertos que se encuentran en el piso forestal, profundidad del mantillo, peso de hojarasca y la cantidad de materia seca de los pastos se 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% según la grafica del porcentaje de

error que se muestra en la descripción de la técnica, para lo anterior se utilizó el esquema que muestra en la Figura 4.

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.

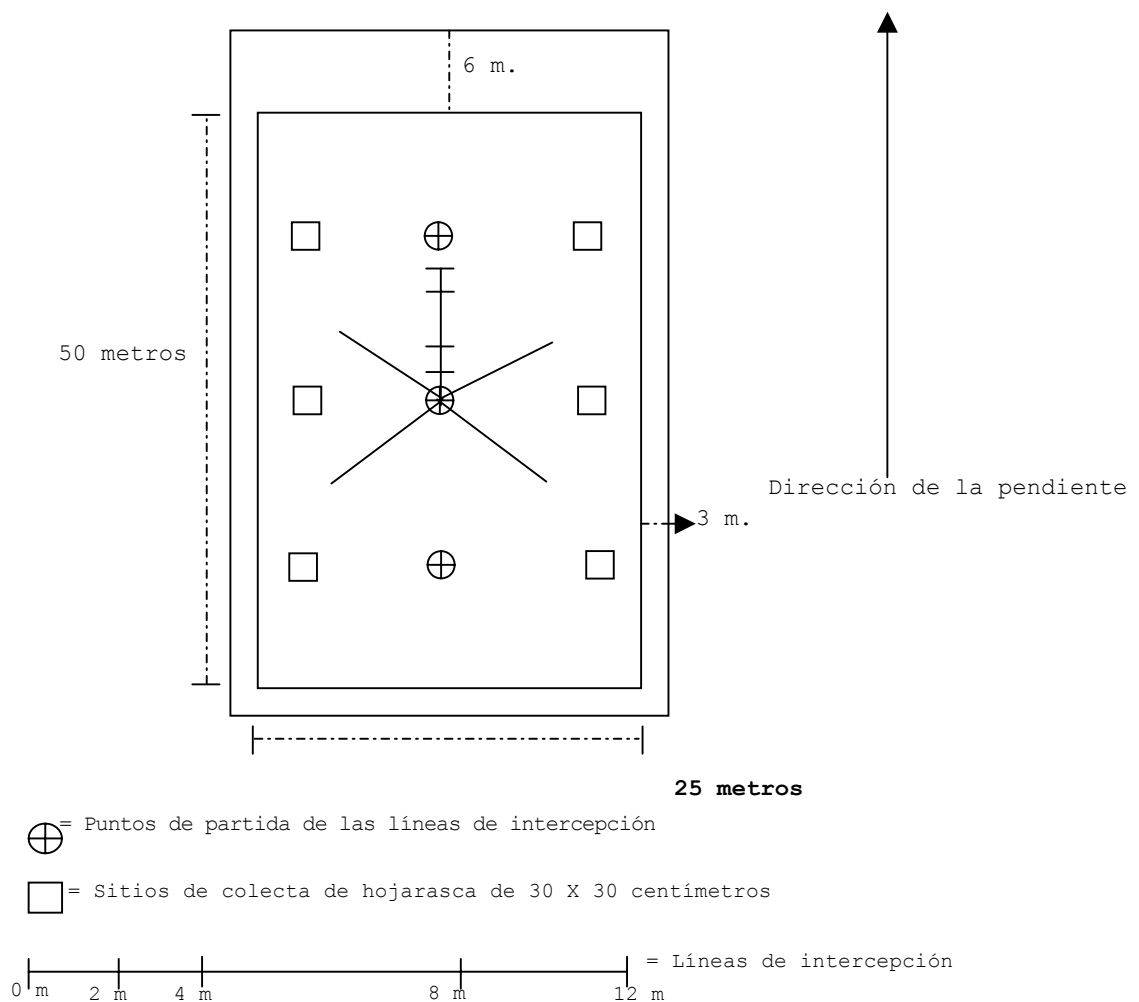


Figura 4. Diagrama del inventario en las parcelas de quema.

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 5).

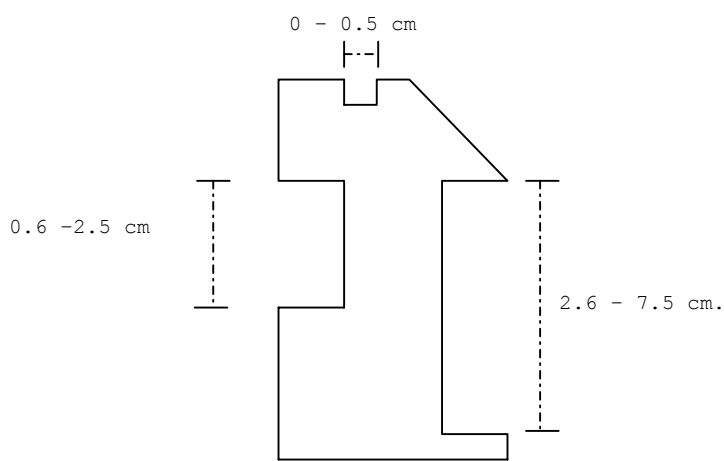


Figura 5. Calibrador para la medición de las categorías de combustibles leñosos.

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 este procedimiento se utilizó un formato de campo (Apéndice 1).

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.

3.2.3 Planificación y ejecución de las quemas.

Antes de llevar a cabo todos los preparativos para la ejecución de las quemas, primero se tuvo que obtener el consentimiento de las autoridades del ejido, lo que requirió asistir a una asamblea general del ejido para exponer los motivos, los beneficios y los objetivos que se persiguen con la aplicación de la quema, logrando de esta manera obtener el consentimiento de los ejidatarios, después de esto se giró un oficio a las autoridades de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para obtener el permiso conforme a lo establecido en la NOM-015-SEMARNAP/SAGAR-1997, y estar dentro de la normatividad del uso del fuego.

3.2.3.1 Preparación de las áreas de quema.

Para la ejecución de las quemas es importante la seguridad del personal que está realizando los trabajos, como de la vegetación aledaña que no se va a quemar. Para esto fue necesario proteger con brechas cortafuego las áreas de quema, cortar la continuidad vertical del combustible reduciendo así la posibilidad de que el arbolado sufra daños por efecto del

fuego en el follaje y elaborando un plan de quema que incluye el pronóstico del comportamiento del fuego, prescripción y un plan de contingencia.

3.2.3.2 Pronóstico del comportamiento del fuego.

La prescripción de la quema define el rango aceptable de temperatura, humedad relativa, humedad de los combustibles y dirección y velocidad del viento. También esquematiza los trabajos a realizar durante la quema, desde la ignición hasta la liquidación e incluye una descripción de la vegetación y de sus especies, de la pendiente y la exposición, así como el propósito de la quema (Vélez, 2000).

El comportamiento del fuego esta íntimamente relacionado con los efectos que éste genera sobre los ecosistemas (SARH, 1896), y es indispensable para tener una aproximación a las condiciones en que va a desarrollarse la quema para la toma de decisiones, por esto es importante realizar un análisis detallado de los elementos que se encuentran en el lugar y que definen el comportamiento del fuego: los combustibles, el tiempo atmosférico y la topografía.

Se elaboró el pronóstico del comportamiento del fuego y la prescripción de la quema que son partes del plan de quema, basándose en una serie de datos meteorológicos observados en el área antes y durante la quema con la ayuda de un estuche

meteorológico portátil y un formato de campo (Apéndice 2); además de los datos recopilados en la estación meteorológica de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) con clave 390 establecida en Saltillo, Coahuila que es la más próxima al área de estudio.

Con el respaldo los modelos de combustible, las hojas de trabajo y los nomogramas (Apéndice 3) que requieren de datos de entrada (pendiente, velocidad del viento, y humedad de los combustibles muertos y vivos), nos generan la estimación de los valores de las variables de salida que manifiestan el comportamiento del fuego que son: velocidad de propagación (m/min), calor por unidad de área (Kcal/m²), intensidad lineal del fuego (Kcal/m/s), largo de la llama (m), perímetro quemado para el tiempo pronosticado (m) y área quemada para el tiempo pronosticado (has); en base a lo anterior, se establecen rangos mínimos y máximos de las condiciones meteorológicas que respaldan el logro de los objetivos deseados.

Estos datos junto con las características de combustibles y topográficas del lugar, integraron el plan de quema prescrita (Apéndice 3) para el área de estudio.

En el pronóstico del comportamiento del fuego para las quemas del 17 de Marzo, se manejaron los rangos de temperatura de 17 a 27 °C, de humedad relativa de 45 a 35%, velocidad del viento de 3 a 7 km/hr y la humedad del combustible fino y

muerto de una hora de tiempo de retardación de 11 a 7%; y para las quemas del día 28 de abril se determinaron los rangos de temperatura de 18 a 23 °C, de humedad relativa de 41 - 26 %, de velocidad de viento de 5 a 11 km/hr y humedad del combustible fino y muerto de una hora de tiempo de retardación de 9 a 6%, en donde sólo en estos rangos predeterminados la ignición podría ser posible y cuando estos se salen de sus límites entonces la ignición debe ser suspendida o no aplicada en su defecto.

3.2.3.3 Aplicación de la técnica de ignición.

La aplicación del fuego fue programada para los días 17 y 18 de marzo de 2005 de 08:00 a 11:00 horas, se inicio la ignición el día 17 de marzo logrando quemar 5 parcelas, pero debido la presencia del fenómeno meteorológico de una nevada, no fue posible continuar con las quemas el día 18 de marzo, por lo que se reprogramaron para el día 28 de abril de 2005, esperando contar con las condiciones atmosféricas favorables para la quema.

Con la finalidad de proporcionar información y tener el apoyo en las medidas de control del fuego, se extendió oficialmente una invitación para la colaboración de las brigadas oficiales de la CONAFOR, gobierno del Estado, Municipio, H. Cuerpo de bomberos y las brigadas rurales de la

ZSCESZ. A quienes inicialmente se les proporcionó la explicación del proyecto, objetivos de la quema, medidas de seguridad, zona de seguridad, rutas de escape, técnicas y equipo de ignición, plan de ignición, de control, de liquidación y de contingencia en caso de que el fuego se saliera de control.

La técnica de ignición aplicada fue por fajas, con dos variantes o tratamientos líneas de encendido a un metro en cuatro de las parcelas y a cinco metros en las cuatro parcelas restantes, que es una técnica muy versátil, segura y de fácil control; además, de ser la recomendada por SARH (1986), para la reducción de combustibles bajo un rodal de pino. Este tipo de ignición resulta relativamente barata ya que no requiere de cortafuegos intermedios, su propagación es rápida y de baja intensidad calórica lo que hace no significativo los daños a la vegetación y la regeneración natural.

En la aplicación de la ignición se utilizó la antorcha de goteo con preparación de combustible con proporción 2/3 de diesel y 1/3 de gasolina, en todos los casos se inicio la ignición en lo mas alto de la pendiente y en dirección contraria al viento estableciendo puntos de anclaje y reforzando con quema de ensanche la brecha de seguridad ó cortafuego y evitar el escape del fuego por efecto del viento y la pendiente.

La ignición se realizó por parcelas y al completar la quema en la parcela se procedía a realizar las labores de liquidación que según, SEMARNAT-CONAFOR (2004), es la acción mediante la cual se extingue completamente el fuego, ya sea en toda la superficie ó en una faja de seguridad por todo el perímetro.

3.2.3.4 Evaluación de las quemas.

Una vez que se completaron las quemas prescritas en cada una de las parcelas se realizó nuevamente el inventario de combustibles con la misma técnica para cuantificar los efectos en la carga de combustibles (Cuadro 6), y se tomaron fotografías de la condición de las parcelas después de las quemas para observar sus efectos en la condición de la vegetación.

Durante el proceso de quema se evaluaron las variables que determinan el comportamiento del fuego y los factores que lo generan.

3.2.4 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).

Cuadro 6. Datos del inventario de combustibles leñosos antes y después de aplicar la técnica de ignición, Sierra Zapalinamé 2004.

	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		

Las formulas para cada categoría de combustible son las siguientes:

1.-Para combustibles de 0 a 0.5 centímetros de diámetro.

$$P = \frac{0.484 * f * c}{N * L}$$

2.-Para combustibles de 0.6 a 2.5 centímetros de diámetro.

$$P = \frac{3.369 * f * c}{N * L}$$

3.-Para combustibles de 2.6 a 7.5 centímetros de diámetro.

$$P = \frac{36.808 * f * c}{N * L}$$

Donde:

P = Peso de los combustibles expresado en toneladas métricas por hectárea.

f = Frecuencia o número de intercepciones.

c = Factor de corrección por pendiente (Cuadro 7).

N =Número de líneas de muestreo

L = Longitud del transecto muestreado dado en pies.

Las formulas para materiales mayores a 7.5 centímetros de diámetro son las siguientes:

1.- Para materiales sin pudrición:

$$P = \frac{1.46 * \sum d^2 * c}{N * L}$$

2.- Para materiales con pudrición:

$$P = \frac{1.21 * \sum d^2 * c}{N * L}$$

Donde:

P = Peso de los combustibles expresado en toneladas métricas por hectárea.

Σd^2 = Sumatoria de los cuadrados de los diámetros de los materiales.

c = Factor de corrección por pendiente (Cuadro 7).

N =Número de líneas de muestreo

L = Longitud del transecto muestreado dado en pies.

Cuadro 7. Factores de corrección por pendiente a una base horizontal para conversión a toneladas por hectárea.

Pendiente(%)	Factor de corrección (c)	Pendiente(%)	Factor de corrección (c)
0	1.00	60	1.17
10	1.00	70	1.22
20	1.02	80	1.28
30	1.04	90	1.35
40	1.08	100	1.41
50	1.12	110	1.49

Fuente: 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.

De la misma manera al 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.

3.2.4.1 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.

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

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

γ = Coeficiente de Covarianza

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

i = 1,2...r (repeticiones)

j = 1,2...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 (Apéndice 4).

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comportamiento del fuego.

4.1.1 Quemadas del día 17 de Marzo de 2005: el comportamiento del fuego no varió y se dieron dentro de los rangos prescritos; ya que las condiciones atmosféricas se mantuvieron dentro del rango mínimo según la prescripción, esto debido a la entrada de un frente frío. Se registró una velocidad de propagación de 2.5 metros/minuto, un largo de la 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 el Apéndice 3 se muestra la hoja de trabajo y nomograma del comportamiento del fuego.

4.1.2 Quemadas 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, con valor 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 con valor de 700 Kcal/m/s y calor por unidad de área de 1,393 kcal/m². Ver Apéndice 3.

4.2 Reducción en la carga de combustibles.

La reducción de la carga de combustibles por parcela se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. Efecto de los tratamientos en la carga de combustibles forestales leñosos.

Tratamiento	No. De Parcela	CI	CF	CC	CC
		Ton/ha	Ton/ha	Ton/ha	%
t ₁	1	5.294	2.773	2.521	47.62
	4	1.557	0.414	1.143	73.41
	5	4.810	1.838	2.972	61.79
	8	3.816	3.556	0.260	6.81
	Promedio	3.869	2.145	1.724	
t ₂	2	4.635	3.020	1.615	34.84
	3	2.950	1.778	1.172	39.73
	6	4.266	3.404	0.862	20.21
	7	2.431	1.488	0.943	38.79
	Promedio	3.571	2.423	1.148	

Donde: t₁ = Distancias entre fajas a un metro, t₂ = Distancias entre fajas a cinco metros, CI = carga inicial, CF = carga final, CC = combustible consumido.

Según el análisis estadístico ANCOVA no existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto los tratamientos aplicados pueden considerarse iguales.

Por otra parte encontramos que los efectos de los tratamientos sobre las categorías de combustibles se manifestaron como se muestra en la Figura 6, en donde se puede observar que la categoría de combustibles gruesos muestra un consumo del 100% y la de medianos con 69.57% de consumo, que no es real; Asimismo podemos ver que la categoría de combustibles

finos y ligeros fue la que mas disminuyo en toneladas por hectárea con un total de 8.17 ton/ha que representa un 42.50% de total de la carga inicial de esta categoría.

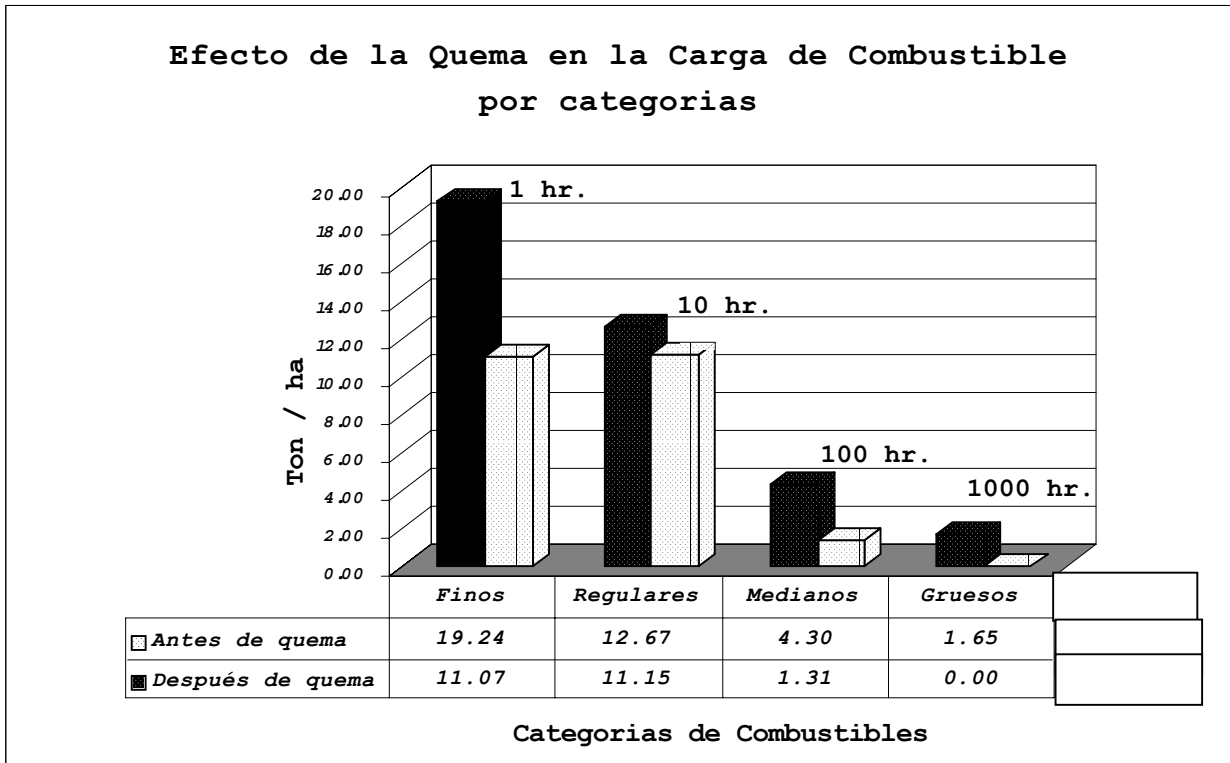


Figura 6. Efecto los tratamientos de la técnica de ignición sobre las categorías de combustibles leñosos y muertos.

La carga inicial total del combustible forestal fue de 37.87 toneladas por hectárea y la carga final total fue de 23.52 toneladas por hectárea que representa una diferencia de 14.34 toneladas por hectárea y el 37.88% de consumo.

Los resultados observados se vieron afectados por la forma de evaluación de los combustibles antes y después de la aplicación de los tratamientos; ya que se detectó un error de muestreo porque al momento de realizar el inventario final las

líneas se aleatorizaron de nuevo lo que provocó que los combustibles gruesos y medianos pudieran o no ser tocados por la línea debido a que estas categorías no son abundantes ni continuas.

En la revisión de literatura no se encontraron trabajos de quemas prescritas que apliquen la técnica de ignición por fajas, en cambio si se encontraron trabajos que comparan el uso de la técnica de quema en retroceso contra la técnica de quema frontal, en este sentido Flores y Benavides (1995), encontraron que la quema en retroceso resulta ser más efectiva en la disminución de los combustibles con un 97% de consumo de combustible, contra la quema frontal que arrojó un 68% de consumo, esto se debe a que la quema en retroceso genera velocidades de propagación lenta y alta intensidad lineal de fuego.

En otro trabajo realizado por Alvarado (1988), encontró que la técnica de ignición frontal disminuyó la carga de combustible en un 53.5% con respecto a la carga inicial, resultando la categoría de los combustibles finos con 96.45% de consumo por el fuego.

Es importante señalar que existe una gran diversidad de estudios sobre la aplicación de quemas, pero ninguno de estos presenta una prescripción, ni las técnicas y equipos de

ignición, por lo que se dificulta hacer comparaciones, además de que una gran parte de los trabajos están encaminados hacia otros objetivos por ejemplo: efectos del fuego sobre algunos microorganismos en un sitio de plantación forestal realizado por Rodríguez et al (1993).

4.2 Afectación de la vegetación.

Se observó que no existe daño de consideración sobre la especie *Pinus Cembroides* Zucc. solo se observa el chamuscado del follaje hasta 2 metros de altura, en las zonas donde había acumulación de combustibles, pero esto no significa que exista mortalidad por efecto del calor del fuego (Figura 7).



Figura 7. Condición del arbolado después de la quema.

En cambio, si se observaron daños en los arbustos de *Mimosa biuncifera*, *Opuntia rastrera*, *Opuntia imbricata* (Figura 8), que en realidad es un daño requerido; ya que no representa ningún valor económico para el área que generalmente es utilizada como pastos para cabras, y que no permiten el acceso del ganado a los pastos.

De igual manera se señala que existe un daño a corto plazo en los pastos, porque toda la materia seca que existía fue consumida por el fuego (Figura 8), que según los autores Negrete et al (1986) y Mena et al (1986), quienes realizaron estudios del efecto de la quema en pastizales, y que al final concluyen que el fuego genera incremento en la producción de forraje en el mediano y largo plazo.



Figura 8. Condición del pasto y *Mimosa biuncifera*, después de la quema.

V CONCLUSIONES

Considerando los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye:

1.- 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% (Apéndice 4).

2.- Se tuvo una disminución del material combustible fino y ligero del 42.5%, es importante comentar que esta categoría de combustibles es la fuente de calor inicial, ya que son los combustibles que pierden más rápidamente la humedad, por donde se inicia el fuego y son los que proporcionan la energía para ignición de los combustibles de las categorías mayores.

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

4.- La técnica de ignición en fajas, es una combinación de las técnicas de quema en retroceso y frontal, y es la recomendada

en estudios realizados por Flores y Benavides (1994), ya que estos autores aplicaron quema frontal y en retroceso que al final concluyen utilizar la quema en retroceso o una combinación de estas, que comparando los resultados del presente trabajo con los de los autores, tenemos que en la quema por fajas se observa una menor proporción de combustibles quemados, pero su ventaja radica en que nos permite regular el comportamiento del fuego a través del ancho entre sus líneas de encendido.

5.- Considerando el aspecto social comunitario se logró que la gente del ejido Cuahutémoc se convenciera de que la aplicación de quemas bajo una prescripción no representa riesgo alguno y que es una herramienta en la prevención de incendios forestales; quedando motivados y comprometidos a buscar más áreas para tratamiento de combustibles en su ejido y en otros ejidos de la zona.

6.- Se observó que seleccionando la técnica de ignición compatible con los objetivos y las condiciones atmosféricas, la aplicación del fuego no representa amenaza alguna sobre la vegetación que forma el dosel.

7.- Se concluye que el comportamiento del fuego tiene una relación directa con relación al efecto en la carga de combustibles.

8.- Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron afectados por el efecto de los métodos de evaluación de los combustibles (error de muestreo); por lo que se concluye que se debe tener más control en cuanto a la metodología de evaluación de los combustibles forestales de manera que nos permita realizar una estimación más precisa de las cargas de combustibles antes y después de aplicar los tratamientos.

VI RECOMENDACIONES

1.- Se recomienda que para estudios futuros las líneas de intercepción y sitios de colecta de hojarasca, se establezcan en forma permanente, de manera que disminuya el efecto del error de muestro y nos permitan realizar una estimación mas precisa del material consumido por el fuego, y también buscar otras herramientas estadísticas para explicar la relación entre las variables evaluadas.

2.- Es necesario seguir realizando estudios de este tipo; ya que esto marcara la pauta del uso del fuego en el manejo de combustibles como herramienta en la prevención de incendios forestales y para sentar precedentes sobre el manejo del fuego en la región.

3.- Es conveniente tomar en cuenta las necesidades reales de la comunidad rural y consultarles sobre sus dudas y temores; ya que no estan familiarizados con la aplicación del fuego en la región, y se debe ser flexible hacia lo que ellos buscan o desean experimentar para convencerlos de los beneficios del uso del fuego.

4.- Es relevante señalar que las quemas prescritas deben considerarse desde la planeación en el manejo de recursos naturales terrestres y no deben ser resultado de la improvisación.

5.- Los programas operativos de prevención de incendios forestales deben considerar de manera prioritaria el manejo de combustibles forestales, como una medida para reducir el impacto de los siniestros forestales.

IV LITERATURA CITADA

- 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.
- CETENAL. 1971. Carta Edafológica. Clave G14 C32, Arteaga, Coahuila. Esc. 1:50,000. México D.F.
- CETENAL. 1975. Carta Geológica. Clave G14 C32, Arteaga, Coahuila. Esc. 1:50,000. México D.F.
- CETENAL. 1977. Carta de Uso del Suelo. Clave G14 C32, Arteaga, Coahuila. Esc. 1:50,000. México D.F.
- 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 dl comportamiento espacial del fuego usando estrategias de geomática. *Agrociencia* 37:65-72. Colegio de postgraduados. Montecillo, México.
- García M., E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana). 3ª Edición. Editorial FOCET Larios S.A. México D.F. 217 p.

- INEGI. 2000. Carta Topográfica. Clave G14 C32, Arteaga, Coahuila. Esc. 1:50,000. Aguascalientes, Ags. 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.
- Liñeiro A., H. 2004. El beneficio del fuego en la naturaleza. Internet-abril/05.www.imades.org/dhr/fires/uei.html. 15 de Abril de 2005.
- Martín, R. E. 1990. Goals, Methods and elements of prescribed burning. Library of congress cataloging-in-publication data, "Natural and Prescribed Fire in Pacific Northwest Forest". Oregon State University Press. U. S. A. 55-66 pp.
- Martínez, M. A.; J. G. Flores G. y J. de D. Benavides S. 1990. Índices de riesgo de incendio en la sierra de Tapalpa, Estado de Jalisco. Ciencia Forestal. 15 (67): 1-19 pp.
- Mena H., L.; R. Herrera; F. Villanueva; L. F. Negrete R. y F. Gómez R. 1986. Respuesta a la quema y fertilización del zacate Jaragua en la costa central de Nayarit. Memorias del 2° congreso Nacional sobre manejo de pastizales. Departamento de Recursos Naturales Renovables, UAAAN, Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México. 309 - 312 pp.
- Myers, L. R. 2004. Incendios y Ecosistemas un enfoque integral del manejo del fuego en América Latina y el Caribe. Forestal XXI. 7 (5): 28-30 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.

Norris L., A. 1990. An overview and synthesis of knowledge concerning natural and prescribed fire in Pacific Northwest forest. Library of Congress Cataloging-in-Publication data, "Natural and Prescribed Fire in Pacific Northwest Forest". Oregon State University Press. U. S. A. 7 - 22 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 S., B.; X. García C. y A. Gutiérrez B. 1993. Efectos del fuego sobre algunos microorganismos en un sitio de plantación forestal. Ciencia Forestal 18 (73): 57-75 pp.

Rodríguez T., D. A. y A. Sierra P. 1992. Bosquejo histórico sobre diversos aspectos de los incendios forestales en México. Ciencia Forestal. 17 (72): 115 - 159 pp.

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.

Rodríguez T., D. A. 1996. Incendios Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo -Mundi -Prensa. México, D.F. 630 p.

Ryan C., Kevin y Stewart G. Pickford. 1978. Physical properties of woody fuels in the blue mountains of Oregon and Washington. USDA FOREST SERVICE RESEARCH NOTE PNW-315. Forest and Range Experiment Station. 9 p.

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.

Sánchez C., J. 1989. Los Incendios Forestales y las prioridades de investigación en México. Tomo II de las memorias del congreso forestal Mexicano. CIFADF, INIFAP, SARH. Toluca, México. 719-723 pp.

SARH. 1986. Como se realiza una quema controlada. SARH-SDSAF. México D.F. 50 p.

SEMARNAP / SAGAR. 1997. Norma Oficial Mexicana 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. Diario Oficial de la Federación 21 de Julio de 1997. México.

SEMARNAT - CONAFOR. 2004. Apuntes del curso internacional de protección contra incendios forestales. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

SEMARNAT. 2002. Hectáreas afectadas y número de incendios por entidad federativa durante 2000 y 2002. Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. 2003. Reporte de las delegaciones federales de la SEMARNAT 1998-2003 y de las gerencias regionales de la CONAFOR. México, D.F.

SSP.1983. Síntesis Geográfica del Estado de Coahuila. Dirección General de Geografía. México D.F. 165 p.

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.

APÉNDICE

Apéndice 1. Formato para la evaluación de combustibles forestales leñosos y muertos con la técnica de intercepciones planares.

Combustibles leñosos (diam/cm)		0 - 2.5			2.5 - 7.5			> 7.5				
Longitud de las Líneas de muestre (m)		2.0 m.		4.0 m.	12 m							
No Sitio	Pendiente (%)	No de Intercepciones			Profundidad del mantillo (cm)			Material de diámetro > 7.5 cm				
		0 - .5 (cm)	.6 - 2.5 (cm)	2.6 - 7.5 (cm)	A 4m	8 m	12 m	Firme d d ²	Firme d d ²	Firme d d ²	Firme d d ²	Podrid o d d ²
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
Total												
Media												

No. Parcela: _____

Predio: _____

Paraje: _____

msnm: _____

Municipio: _____

Apéndice 2. Formato para la toma de datos meteorológicos en campo.

Localidad: _____

Parcela: _____ Fecha: _____

HORA	TEMPERATURA		VIENTO		HR %	HC 1HTR	OBSERVACIONES
	t	t'	Vel. Km/hr	Direc.			
08:00							
09:00							
10:00							
11:00							
12:00							
13:00							
14:00							

Localidad: _____

Parcela: _____ Fecha: _____

HORA	TEMPERATURA		VIENTO		HR %	HC 1HTR	OBSERVACIONES
	t	t'	Vel. Km/hr	Direc			
08:00							
09:00							
10:00							
11:00							
12:00							
13:00							
14:00							

Apéndice 3. Resumen del plan de quema prescrita.

Localización del área

Entidad Federativa Saltillo, Coahuila, México
Predio Ejido Cuahutemoc No. De Lote _____ Sector 1 (ha)
Sup. Neta (ha) 1

Descripción del área

Relieve: Plano: _____ Inclinado: X Ondulado: _____
Quebrado: _____ Escarpado: _____

Exposición: Norte _____ Este _____ Sur X Oeste _____
Elevación (msnm) 2253 Tipo de Suelo Litosol y Rendzina
Peligro de Erosión: Alto _____ Moderado X Bajo _____

Vegetación: Especies Pinus cembroides, Mimosa sp Clase de Rodal: Joven
Densidad: 50 % árboles y 100% pastos Altura Promedio 5 m

Combustibles Superficiales: Ligeros (1 y 10 hrs.) 19.24 ton/ha 1 cm
Tipo Cantidad Altura Promedio

Propósitos de la Quema

1° Reducción de Combustibles	<u>X</u>	5° Manejo de especies latifoliadas	
2° Preparación del terreno para la regeneración natural		6° Manejo de la vida silvestre	
3° Preparación del terreno para regeneración artificial		7° Control de plagas y enfermedades	
4° Mejoramiento de pastizales		8° Otros	

Objetivos específicos de la quema:

- Cuantificar el efecto de la técnica de ignición en fajas con la variación de las distancias entre líneas de encendido a uno y cinco metros, en la carga de combustibles leñosos y muertos, bajo dosel.
 - Observar la condición de la vegetación después los tratamientos aplicados.
-

Prescripción

Época Invierno Hora del Día 9 hrs Días después de la última lluvia 5
Temperatura: 17 a 27 (°c) Humedad Relativa: 35 a 45 (%)
Humedad Combustibles Finos: 11 a 9 (%)
Dirección del Viento: NE y SW Velocidad a: 3 a 7 km/h.
Estabilidad Atmosférica: si Método de ignición: Antorcha de Goteo (3:1)
Técnicas de Quema: Quema en fajas Alternativa: Quema por fajas

Información logística:

Brechas corta Fuego	Externos	Internos
A Mano:	<u>6</u>	<u>0</u>
Con Fuego:	<u>X</u>	<u>X</u>
Con Tractor:	<u>X</u>	<u>X</u>

Recursos Humanos (No)	Preparación	Ignición	Vigilancia y Control	Liquidación
Hombres por Día:	_____	_____	_____	_____
Equipo:	_____	_____	_____	_____
Materiales:	_____	_____	_____	_____

Resumen de la quema

Fecha 17 marzo hora 8 a 11 Días después de la última precipitación 5
Temp.. 6 a 17 (°c) Hum Rel 100 a 30 (%) Vel. Viento 5 a 12 km/h
Dirección Viento: SW Suroeste Humedad Combustibles Finos: 16 a 7 %
Velocidad de Propagación: 2.5 (m/min) Altura Promedio Llamas: 0.30 (m)
Costo total de quema: _____ Costo por hectárea: _____

Evaluación de la quema

Logro de Objetivos: Después de las quemas prescritas se realizo la evaluación de la carga final de combustibles logrando una disminución del 37.88 % de la carga inicial que es 37.87 ton/ha

Eficacia del plan de quema: Si, se refleja en el logro de los objetivos

Efectos ambientales adversos: Ninguno

Personas Responsables:	Nombre	Puesto	Fecha
Plan elaborado por:	<u>Juan Carlos Cal y Mayor</u>	<u>Tesista</u>	<u>05/Marzo/05</u>
Plan aprobado por:	<u>Andrés Nájera Díaz</u>	<u>Prof.-Invest.</u>	<u>08/Marzo/05</u>
Quema realizada por:	<u>Juan Carlos Cal y Mayor</u>	<u>Tesista</u>	<u>17/Marzo/05</u>
Quema evaluada por:	<u>Andrés Nájera Díaz</u>	<u>Prof.-Invest.</u>	<u>17/Marzo/05</u>

HOJA DE TRABAJO DE COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

LOCALIZACIÓN DE LA QUEMA: Ejido Cuauhtemoc, municipio de Saltillo, Coah.

HORA: 08:00 HRS

FECHA: 17 de Marzo de 2005

TIEMPO DE PRONOSTICO: DESDE 08:00 HRS A 12:00 HRS

DATOS DE ENTRADA:

1. – Lugar Pronosticado
2. – Porcentaje de modelo de Combustible %
3. – Modelo de Combustible
4. – Porcentaje Cubierto
5. - Temperatura
6. – Humedad Relativa
7. – HC 1 HTR, %
8. – Humedad del Combustible Vivo
9. – Velocidad Viento, 6m, km/hr
10. – Factor de Ajuste
11. – Velocidad del Viento a media llama, km/h
12. –Pendiente Máxima %
13. – Duración del Pronostico, hr
14. – Velocidad Efectiva del Viento, km/h

1		1
100		100
2		2
100%		100%
17 °C		27 °C
45 %		35 %
11 %		10 %
100 %		100 %
N/A		N/A
N/A		N/A
3		7
10		10
3		3
3.5		7.5

DATOS DE SALIDA:

15. – Velocidad de Propagación, m/min
16. – Calor por unidad de área, Kcal/m²
17. – Intensidad lineal del fuego, Kcal/m/s
18. – Largo de la llama, m
19. – Área, has
20. – Perímetro, m

2.5		9.5
1,100		1,200
45		180
0.8		1.7
24		186.5
1,760.0		5,251.5

HOJA DE TRABAJO DE COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

LOCALIZACIÓN DE LA QUEMA: Ejido Cuauhtemoc, municipio de Saltillo, Coah.

HORA: 08:00 HRS

FECHA: 28 de Abril de 2005

TIEMPO DE PRONOSTICO: DESDE 08:00 HRS A 12:00 HRS

DATOS DE ENTRADA:

1. – Lugar Pronosticado
2. – Porcentaje de modelo de Combustible %
3. – Modelo de Combustible
4. – Porcentaje Cubierto
5. - Temperatura
6. – Humedad Relativa
7. – HC 1 HTR, %
8. – Humedad del Combustible Vivo
9. – Velocidad Viento, 6m, km/hr
10. – Factor de Ajuste
11. – Velocidad del Viento a media llama, km/h
12. –Pendiente Máxima %
13. – Duración del Pronostico, hr
14. – Velocidad Efectiva del Viento, km/h

1		1
100		100
2		2
100%		100%
18 °C		23 °C
41 %		26 %
9 %		6 %
100 %		100 %
N/A		N/A
N/A		N/A
5		11
10		10
3		3
6		12

DATOS DE SALIDA:

15. – Velocidad de Propagación, m/min
16. – Calor por unidad de área, Kcal/m²
17. – Intensidad lineal del fuego, Kcal/m/s
18. – Largo de la llama, m
19. – Área, has
20. – Perímetro, m

6.25		30
1,250		1392.86
120		700
1.2		3
109		1415.25
3,820.0		15,246.55

Apéndice 4. Análisis de Covarianza.

```

DATA QUEMAS;
INPUT TRAT REP CI CF;
CARDS;
1 1 5.294 2.773
1 2 1.557 0.414
1 3 4.810 1.838
1 4 3.816 3.556
2 1 4.635 3.020
2 2 2.950 1.778
2 3 2.431 1.488
2 4 4.266 3.404
PROC GLM;
CLASS TRAT REP;
MODEL CF = TRAT REP CI/SOLUTION;
MEANS TRAT/TUKEY;
RUN;

```

THE SAS SYSTEM

THE GLM PROCEDURE

CLASS LEVEL INFORMATION

CLASS	LEVELS	VALUES
TRAT	2	1 2
REP	4	1 2 3 4

NUMBER OF OBSERVATIONS 8

THE SAS SYSTEM

THE GLM PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE: CF

SOURCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F
MODEL	5	7.86805862	1.57361172	8.49	0.1087
ERROR	2	0.37061025	0.18530513		
CORRECTED TOTAL	7	8.23866888			

R-SQUARE	COEFF VAR	ROOT MSE	CF MEAN
0.955016	18.84827	0.430471	2.283875

SOURCE	DF	TYPE I SS	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F
TRAT	1	0.15373513	0.15373513	0.83	0.4585
REP	3	7.20511438	2.40170479	12.96	0.0725
CI	1	0.50920912	0.50920912	2.75	0.2392

SOURCE	DF	TYPE III SS	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F
TRAT	1	0.28308839	0.28308839	1.53	0.3419
REP	3	3.08513435	1.02837812	5.55	0.1565
CI	1	0.50920912	0.50920912	2.75	0.2392

PARAMETER	ESTIMATE	STANDARD ERROR	T VALUE	PR > T
INTERCEPT	2.219570319 B	0.91000655	2.44	0.1349
TRAT 1	-0.384651814 B	0.31120780	-1.24	0.3419
TRAT 2	0.000000000 B	.	.	.
REP 1	-0.915501927 B	0.47478095	-1.93	0.1936
REP 2	-1.741386633 B	0.57929398	-3.01	0.0951
REP 3	-1.665828576 B	0.44002436	-3.79	0.0632
REP 4	0.000000000 B	.	.	.
CI	0.359503981	0.21686993	1.66	0.2392

NOTE: THE X'X MATRIX HAS BEEN FOUND TO BE SINGULAR, AND A GENERALIZED INVERSE WAS USED TO SOLVE THE NORMAL EQUATIONS. TERMS WHOSE ESTIMATES ARE FOLLOWED BY THE LETTER 'B' ARE NOT UNIQUELY ESTIMABLE.

THE SAS SYSTEM 11:00 SUNDAY, JANUARY 25, 2004

THE GLM PROCEDURE

TUKEY'S STUDENTIZED RANGE (HSD) TEST FOR CF

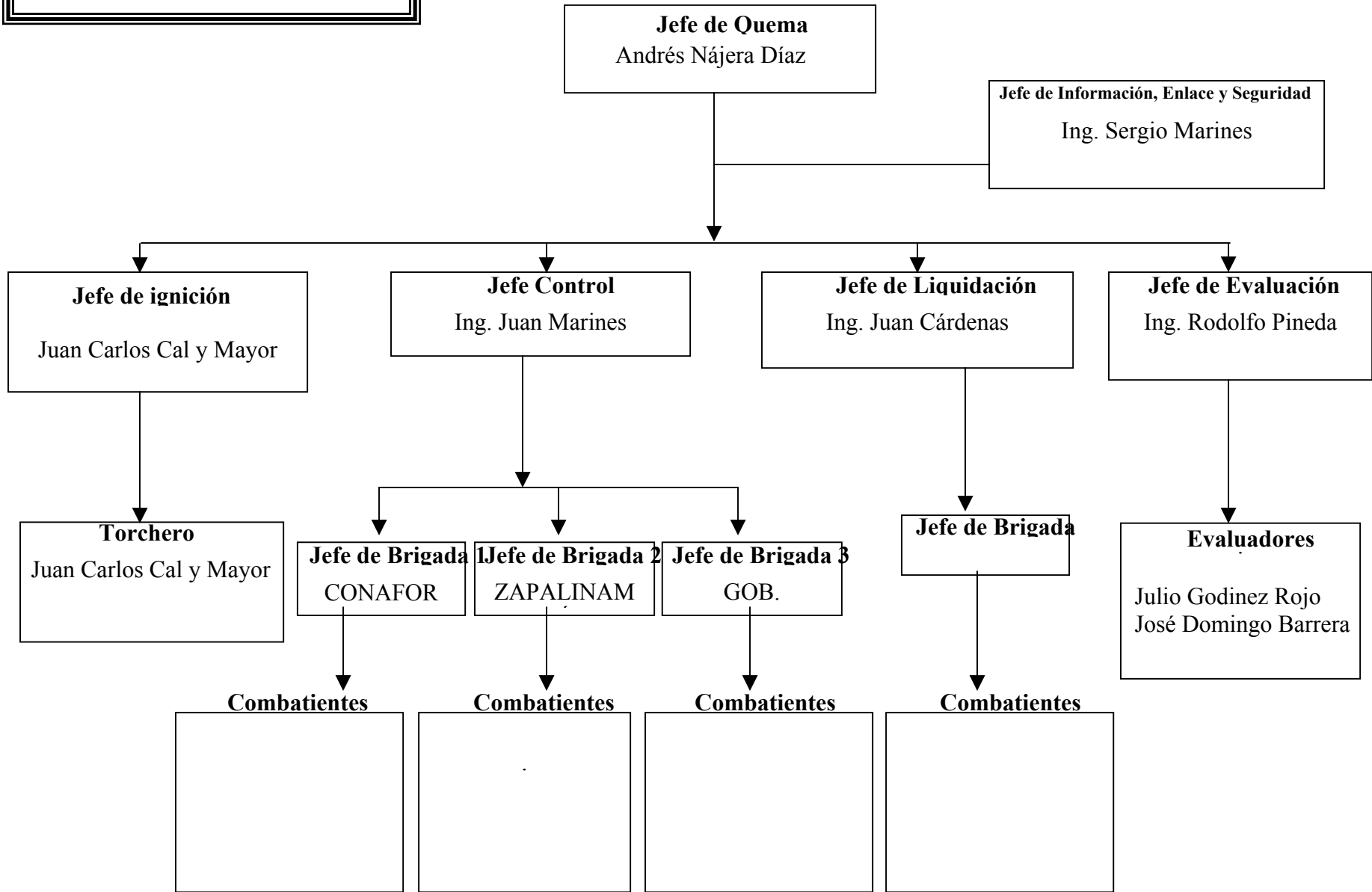
NOTE: THIS TEST CONTROLS THE TYPE I EXPERIMENTWISE ERROR RATE, BUT IT GENERALLY HAS A HIGHER TYPE II ERROR RATE THAN REGWQ.

ALPHA	0.05
ERROR DEGREES OF FREEDOM	2
ERROR MEAN SQUARE	0.185305
CRITICAL VALUE OF STUDENTIZED RANGE	6.08486
MINIMUM SIGNIFICANT DIFFERENCE	1.3097

MEANS WITH THE SAME LETTER ARE NOT SIGNIFICANTLY DIFFERENT.

TUKEY GROUPING	MEAN	N	TRAT
A	2.4225	4	2
A	2.1453	4	1

**ORGANIGRAMA PARA
LA ORGANIZACIÓN DEL
PERSONAL**



**PLAN DE CONTINGENCIA
“ORGANIZACIÓN”**

Jefe de Contingencia
CONAFOR
Ing. Rodolfo Gaytan Mtz.

Sección de Operaciones

CONAFOR
SEVICIO FORESTA EST.
ECOLOGÍA MPAL.
BRIGADAS

Sección de Planificación

Andrés Nájera Díaz
Rodolfo Gaytan Mtz.

Sección de Logística

Ing. Francisco Sifuentes
Ing. Rivas

Sección de Finanzas

Biol. Englantina Canales

Brigada

Brigada

Brigada

