

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL



Efectos de Quema Prescrita en la Estructura y Diversidad de Especies en la
Reforestación de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila

Por:

MARCOS RIVERA GUILLÉN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Efectos de Quema Prescrita en la Estructura y Diversidad de Especies en la
Reforestación de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila

Por:

MARCOS RIVERA GUILLEN

TESIS

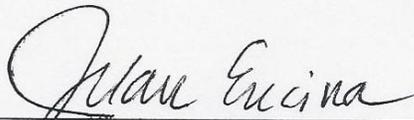
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

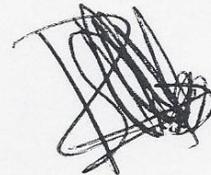
Aprobada



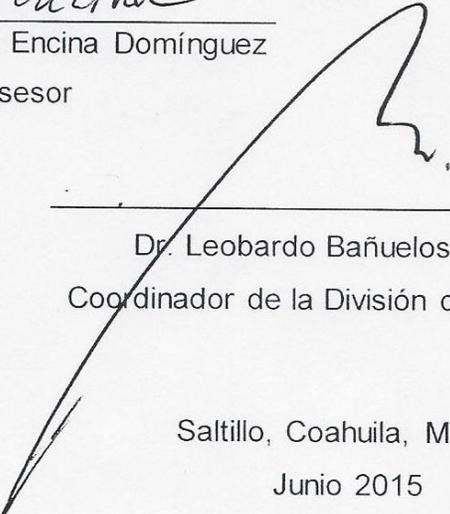
M.C. Andrés Najera Díaz
Asesor Principal



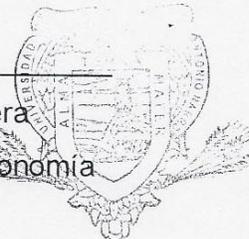
M.C. Juan Antonio Encina Domínguez
Coasesor



Dra. Gabriela Ramírez Fuentes
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México

Junio 2015

DEDICATORIA

Dedicada con un profundo agradecimiento y admiración a mis padres por todo su apoyo para darme una formación profesional, por su comprensión y sacrificios en cada etapa de mi vida personal y académica; por su ejemplo de persistencia, dedicación, honestidad, respeto y por toda la formación integral que me brindaron.

A mi madre, Nicolasa Guillén Juárez por su consejos, amor y ejemplo de lucha constante en el día a día.

A mi padre, Marcos Rivera Rojas por su tolerancia, esfuerzo y confianza puesta en mí.

A mis hermanos, Juan Diego y Emilia Vianey por su apoyo y ejemplo de superación. Porque somos el reflejo del esfuerzo y dedicación de nuestros padres, que nos ofrecen la oportunidad de tener una educación a pesar de todas las carencias del hogar.

A Verónica, por escucharme, aconsejarme y apoyarme en momentos difíciles gracias por estar ahí cuando más lo necesité.

A todas aquellas personas que directamente o indirectamente colaboraron para que culminara este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

A mi “Alma Terra Mater” por darme la oportunidad de formarme profesionalmente en las ciencias forestales.

A cada profesor que contribuyó a mi formación académica, por su apoyo y amistad brindada en cada uno de sus cursos.

Al M.C. Andrés Nájera Díaz, por sus buenos consejos, por el tiempo dedicado en la asesoría, revisión del presente estudio, por ser la motivación de hacer este trabajo y su gran amistad, muchas gracias.

Al M.C. Juan Antonio Encina Domínguez, por su apoyo en la identificación taxonómica de muestras de plantas y sus conocimientos aportados en la revisión del presente estudio, por su amistad y motivación a la lectura.

A la Dra. Gabriela Ramírez Fuentes, por su valiosa revisión y aportación a mi tesis y su amistad.

Al Ing. Adin Helber Velázquez Pérez, gracias por sus consejos, motivación, tiempo en la revisión, contribución y su apoyo incondicional a lo largo de esta tesis.

A mis amigos y compañeros, por los momentos compartidos, en mi estancia en la Universidad; Néstor Darío, Chuy Hernández, Alejandra Jiménez, Cecilia Pérez, Alex Quiróz, Manuel Alfredo, Cristóbal Flores y José Luis Cárdenas en general a todos mis compañeros de la generación CXIX, por pasar un buen rato con cada uno de ustedes.

El equipo de Rugby-Buitres lleva un lugar muy especial en mi corazón por enseñarme que los buenos valores aún existen, gracias por los momentos que pase al lado mis amigos de equipo.

Al Ing. Claudio Leal por sus consejos de seguir adelante, su amistad sincera, su apoyo en la realización de la presente tesis y en mi formación profesional.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivo específico	4
1.3 Hipótesis.....	4
2 REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Definiciones y conceptos.....	5
2.1.1 Quema controlada	5
2.1.2 Quema prescrita.....	5
2.1.3 Prescripción	6
2.1.4 Combustible forestal	6
2.1.5 Unidad de quema	6
2.1.6 Diversidad.....	7
2.2 Métodos para el control de arbustivas.....	7
2.3 Manejo del fuego.....	7
2.4 Ecología del fuego.....	8
2.5 Régimen del fuego.....	9

2.6	Clasificación de los ecosistemas en relación al papel del fuego	9
2.6.1	Ecosistemas dependientes del fuego.	10
2.6.2	Ecosistemas sensibles al fuego.	10
2.6.3	Ecosistemas influidos por el fuego.	10
2.6.4	Ecosistemas independientes del fuego	11
2.7	Sucesión vegetal.....	11
2.8	Plan de manejo del fuego en áreas naturales protegidas y sitios de interés	11
2.9	Manejo del paisaje.....	13
2.10	Capacitación, educación e investigación en quemas prescritas	13
2.11	Normatividad aplicable al uso del fuego	14
3	MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1	Localización del área de estudio	16
3.2.	Descripción del área de estudio	18
3.2.1	Clima	18
3.2.2	Edafología	18
3.2.4	Hidrología	19
3.3	Metodología.....	19
3.3.1	Análisis de la información.....	21
3.4	Cálculos para obtener índice de diversidad de especies	22
3.4.1	índice de Shannon-Wiener	22
4	RESULTADOS.....	24
4.1	Composición florística del matorral micrófilo antes de la quema prescrita	24
4.1.1	Aspectos estructurales del matorral micrófilo antes de la quema prescrita ...	24
4.2	Composición florística del matorral micrófilo después de la quema prescrita	25

4.2.1 Aspectos estructurales del matorral micrófilo después de la quema prescrita	26
4.3 Diversidad vegetal para el estrato herbáceo y arbustivo del área antes y después de la quema prescrita.....	27
4.4 Análisis estadístico.....	28
4.4.1 Composición de especies del estrato herbáceo antes y después de la quema prescrita.....	28
4.4.2 Composición de especies del estrato arbustivo antes y después de la quema prescrita.....	29
5 DISCUSIÓN.....	30
6 CONCLUSIONES	34
7 RECOMENDACIONES.....	36
8 LITERATURA CITADA	37
9 ANEXOS	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Índices de diversidad vegetal del estrato herbáceo y arbustivo, antes y después de la quema prescrita.	27
Cuadro 3. Especies arbustivas con grado de significancia antes y después de la quema prescrita.	29
Cuadro 2. Especies herbáceas con grado de significancia en el área antes y después de la quema prescrita.	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.	17
Figura 2. Delimitación del área de estudio y distribución de sitios de muestreo. ...	20
Figura 3. Dimensiones de los sitios de muestreo.....	20

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de una quema prescrita, combinada con el método manual en la estructura y diversidad de especies en la reforestación de la Sierra de Zapalinamé, a través de comparar los resultados de estructura y diversidad del antes y después de la quema prescrita, esta se realizó a finales de febrero de 2014, mediante un muestreo selectivo se evaluó a 8 meses la cobertura y altura media de las especies herbáceas en 5 sitios de 1 m², y en arbustivas 5 sitios circulares de 100 m². Los atributos de la vegetación fueron utilizados para obtener el valor de importancia ecológica, se utilizó el índice de Shannon-Wiener para comparar los estratos del área antes y después de la quema prescrita. Se utilizaron las pruebas G y X² para la prueba de hipótesis. El estrato herbáceo obtuvo una ganancia en diversidad de especies después de la quema prescrita, cambiando de 3.32 a 3.54 bits, igual el estrato arbustivo presentando un aumento en el índice de diversidad de especies de 2.73 a 2.84 bits; el matorral micrófilo incrementó la riqueza de especies, además del índice de diversidad para todos los estratos.

El área de estudio fue significativamente diferente después de la quema prescrita cuando $p < 0.05$, lo cual indica que existen diferencias significativas en la composición de especies en el área antes y después de la quema prescrita, las especies más abundantes del estrato arbustivo son: *Acacia greggii*, *Ephedra compacta* y *Mimosa aculeaticarpa*, esta última presentó una reducción después de la quema prescrita de 18,540 a 6,820 ind ha⁻¹ una disminución de 63.2 por ciento. Mientras que el estrato herbáceo, las especies que se favorecieron después de la quema prescrita fueron: *Acalypha monostachya*, *Bahia absinthifolia*, *Calylophus hartwegii*, *Croton dioicus* y *Gnaphalium semiamplexicaule*; por lo anterior, se concluye que la quema prescrita combinada con el método manual es eficiente en la reducción de arbustivas y en el aumento de la diversidad del sitio, transcurrido ocho meses de la quema prescrita.

Palabras clave: índice de diversidad, matorral micrófilo, riqueza de especies, valor de importancia.

ABSTRACT

With the aim to study the effect of a prescribed burn, combined with the manual method in the structure and species diversity in the reforestation of Sierra de Zapalinamé through comparing the structure and diversity index after burning prescribed, it was held in February 2014, by a selective sampling was assessed 8 months later the coverage and height of herbaceous species in 5 sites 1 m², and shrubs 5 circular sites of 100 m². Vegetation attributes were used to obtain the value of ecological importance, the Shannon-Wiener index was used to compare the strata of the area after prescribed burning. G and X² tests for hypothesis testing were used. The herbaceous layer increased the species diversity after prescribed burning, from 3.32 to 3.54 bits, as the shrub layer showing an increase in species diversity index of 2.73 to 2.84 bits; microphyllus desert scrub increases species richness, also diversity index for all strata.

The study area was significantly different after prescribed burning when $p < 0.05$, indicating that there are significant differences in the composition of species in the area before and after prescribed burning, the most abundant species in the shrub layer are: *Acacia greggii*, *Ephedra compacta* and *Mimosa aculeaticarpa*, the latter showed a reduction after prescribed burning of 18,540 to 6,820 a decrease 63.2 percent of ind ha⁻¹, the herbaceous species favored with the prescribed burning were *Acalypha monostachya*, *Bahia absinthifolia*, *Calylophus hartwegii*, *Croton dioicus* and *Gnaphalium semiamplexicaule*; therefore, we conclude that prescribed burning, combined with the manual method are efficient in reducing shrubs and increasing the diversity of the site, after eight months of prescribed burning.

Key words: diversity index, microphyllus desert scrub, species richness, ecological importance value.

INTRODUCCIÓN

Las comunidades semiáridas constituyen un tercio de la superficie mundial y se localizan en zonas climáticas extremas, en ellas la productividad neta de la vegetación y su desarrollo está limitada por la disponibilidad de agua (Boisvenue y Running, 2006).

En México, las zonas áridas ocupan el 48.29 por ciento del territorio nacional (González, 2004). El matorral xerófilo es la formación vegetal más frecuente en tales regiones, razón por la cual es considerado el más abundante del país (Rzedowski, 2006). El matorral xerófilo junto con el pastizal representa alrededor del 20 por ciento de la flora total del país y cubren el 50 por ciento del territorio nacional, afirmando que son las comunidades vegetales más diversas (Rzedowski, 1991). Además García (2008) afirma que el matorral xerófilo es el recurso más abundante e históricamente también más utilizado en zonas áridas y semiáridas de México. Estas comunidades se caracterizan por sus condiciones climatológicas extremas y por la reducida temporada de lluvias, sin embargo, cuando estas precipitaciones se presentan lo hacen de manera intensa y de corta duración, lo cual propicia periodos de abundancia que sólo ciertos organismos adaptados a estas condiciones logran aprovechar (Thomas, 2011).

El incremento de matorrales se debe a la supresión de incendios o quemas prescritas y/o su uso excesivo, el control de matorrales no contribuye a la deforestación, es la reducción de especies leñosas indeseables para las áreas de interés, regulando su competencia por el agua, luz, espacio y nutrientes, con las especies deseables. El control de los matorrales no constituye su erradicación (FAO, 1993). El fuego desempeña un rol importante dentro del ciclo vital de los ecosistemas considerados como dependientes del fuego, igual que otros fenómenos naturales, como huracanes y sequías, entre otros, siendo el mayor problema la intervención humana (CONAFOR, 2015).

Las quemas prescritas son una herramienta cada vez más importante en el mantenimiento y en la restauración de ecosistemas dependientes del fuego dentro de las áreas naturales protegidas, para la protección de la infraestructura humana, en

paisajes propensos al fuego y en el desarrollo de operaciones agrícolas y forestales de gran escala (Myers, 2006). Por su parte, Huerta *et al.* (2004) observaron que en las comunidades de matorral xerófilo de México, las variables físicas del sustrato y paisaje son las responsables de la diversidad y riqueza de especies. Las quemas prescritas son una herramienta de gestión forestal y representa un recurso de enorme potencialidad para el avance en el estudio del comportamiento y manejo de los incendios forestales (Águeda, 2004). Las quemas son una de las prácticas más antiguas conocidas para el control de malezas (FAO, 1996). Las quemas prescritas son una práctica de mejoramiento viable para la mayoría de los pastizales y herbáceas en el noreste de México (Larry, 2001).

El principal objetivo del uso de quemas prescritas es eliminar el exceso de vegetación, destruir malezas, controlar enfermedades e insectos, retornar el Nitrógeno y Fosforo fijándolos al suelo y aumentar su pH. La quema prescrita requiere pocos insumos, como cortar la vegetación indeseable y dejarla secar para su disponibilidad al fuego (FAO, 1996). Implica la combinación del equipo de ignición y la técnica de ignición, temporada de quema y condiciones meteorológicas, topográficas y de combustibles. Sin embargo, estos no son los únicos factores que afectan la respuesta de la vegetación al fuego. La cantidad y distribución de la lluvia tienen un efecto significativo en la recuperación después de una quema. El manejo del pastoreo también es importante en el tiempo y la tasa de recuperación de la vegetación (Larry, 2001).

El uso del fuego combinado con otras prácticas de manera integral ofrece un mejor resultado y mejora la tasa de retorno económico seleccionando los sitios para su aplicación y objetivos; dependiendo de la temporada y las condiciones *in situ* el día de la quema, se obtendrá el mejor resultado esperado (Larry, 2001). La realización de quemas prescritas combinadas con el método manual, es una de las herramientas más eficaces para la reducción de especies arbustivas (Santos, 1992).

En los ecosistemas dependientes o mantenidos por el fuego, él elemento es un fenómeno natural y considerado como una herramienta ecológica de manejo, por lo que se plantean estrategias y acciones de uso y control de fuego para el manejo de

combustibles, control de especies indeseables, mejora del ecosistema y restauración, mediante la aplicación de quemas prescritas en unidades demostrativas, que permitan entre otras cosas, disminuir la carga de combustibles, eliminar plantas no deseadas, mejorar el hábitat de la fauna silvestre principalmente; además proporcionar datos experimentales y científicos en compatibilidad con los objetivos de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé (ZSCESZ), siendo uno de ellos mantener la recarga de los mantos acuíferos y disfrute de los servicios ecosistémicos que ofrece a la sociedad (PROFAUNA, 2008).

1.1 Planteamiento del problema

La reforestación de Zapalinamé se encuentra contenida dentro del polígono del Área Natural Protegida Sierra de Zapalinamé, constituida principalmente por *Pinus halepensis*, *P. cembroides* y *Cupressus arizonica*, colindando al Noroeste con la carretera federal número 54 Saltillo-Zacatecas. Desde sus inicios la reforestación ha sido frecuentada por visitantes, que la utilizan para campismo, recreación y como ruta de ciclismo a campo traviesa.

Por lo anterior, el presente trabajo considera evaluar el efecto de una quema prescrita combinada con el método manual, mediante la evaluación de su composición y estructura, generando resultados que sirvan de base para la toma de decisiones de manejo de fuego en esta vegetación y fundamentar la aplicación de quemas prescritas como una alternativa para el control de arbustivas y mejora de la diversidad de especies en la reforestación de Zapalinamé.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Generar información sobre el efecto de una quema prescrita combinada con el método manual en la estructura y diversidad de especies para contribuir en el manejo de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé.

1.2.2 Objetivo específico

- Controlar especies arbustivas para el mejoramiento del área para recreación mediante quema prescrita combinada con el método manual.
- Comparar los resultados de la composición de especies antes y después de la quema prescrita.
- Obtener información para el control de especies no deseables que ayuden al mejoramiento del área protegida.

1.3 Hipótesis

Ho: La composición de especies en el área antes de la quema prescrita combinada con el método manual, es igual a la composición de especies en el área después de la quema prescrita combinada con el método manual.

Ha: La composición de especies en el área antes de la quema prescrita combinada con el método manual, es diferente a la composición de especies en el área después de la quema prescrita combinada con el método manual.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Definiciones y conceptos

2.1.1 Quema controlada

La NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007; define quema controlada como la aplicación del fuego en áreas forestales o agropecuarias mediante la utilización empírica de las características del combustible, de la topografía y de las condiciones meteorológicas, traducidas en estimación práctica del comportamiento del fuego. Se ejecuta con la utilización de equipo y herramientas para conducir y regular su magnitud. Por lo regular, la quema controlada se realiza con experiencia práctica (DOF, 2009). Por su parte Myers (2006) afirma que las quemas controladas son básicamente lo mismo que las quemas prescritas, pero sin un plan escrito y sin objetivos de compatibilidad ecológica.

2.1.2 Quema prescrita

La NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007; define quema prescrita como la aplicación controlada del fuego a combustibles forestales en su estado natural o modificado, bajo condiciones ambientales específicas que llevan a confinar el fuego en un área predeterminada y al mismo tiempo, producir una intensidad calórica y velocidad de propagación requeridas para cumplir objetivos planeados de manejo de recursos naturales, que se realiza de acuerdo a los procedimientos legales y técnicos establecidos en la presente norma, que se efectúan en terrenos forestales, preferentemente forestales y temporalmente forestales (DOF, 2009).

La aplicación de quemas prescritas bajo condiciones topográficas, meteorológicas y de combustible definidas a fin de cumplir con objetivos de manejo ecológicos compatibles que involucran un plan escrito. Los objetivos incluyen efectos deseados del fuego en cada quema, más una tendencia a largo plazo o meta de la aplicación del fuego a lo largo del tiempo (Myers, 2006).

2.1.3 Prescripción

Es el conjunto de condiciones (factores meteorológicos, topográficos y combustibles) que se especifican para el pronóstico del comportamiento del fuego en una quema prescrita. Estimación formal del comportamiento del fuego (velocidad de propagación, largo de llamas e intensidad calorífica) que puede hacerse con gráficas (también conocidas como ábacos o nomogramas de Albin), modelos matemáticos (como el de Rothermel) o programas de cómputo como Behave Plus basado en rangos de variables de temperatura, humedad relativa, humedad del combustible y velocidad y dirección del viento. Tiene que plasmarse por escrito como parte del formato del plan de quema prescrita (DOF, 2009).

2.1.4 Combustible forestal

Material vegetal vivo o muerto que tiene la capacidad de encenderse y arder, el cual se clasifica por sus dimensiones en fino o ligero, mediano, regular y pesado. El primero arde y se consume rápidamente, como el caso de: hojarasca, pasto, materia orgánica en descomposición, acículas de pino. El combustible mediano tarda más tiempo en arder que los ligeros y menos que los pesados, como el caso de ramas, raíces y conos. El combustible pesado presenta una ignición lenta y un tiempo de combustión más tardado generando altas temperaturas, tal es el caso de troncos, ramas gruesas y materia orgánica compacta (DOF, 2009).

La FAO (2006) señala que se permite el uso de las quemas prescritas como herramienta para el manejo forestal, con el fin de reducir las cargas de combustibles que, son conducentes para crear y hacer prosperar los incendios catastróficos.

2.1.5 Unidad de quema

Un área de recursos naturales en la que se busca conseguir objetivos específicos de manejo y en la que se aplica la quema prescrita para favorecer el cumplimiento de dichos objetivos compatibles. Además de los objetivos de manejo, la unidad de quema está definida por las restricciones de manejo, las características topográficas, accesos,

valores a ser protegidos, límites, tipo de combustibles, régimen de fuego dominante, etc. que la diferencian de otras unidades de quemas adyacentes (DOF, 2009).

2.1.6 Diversidad

Ricklefs y Miller(1999) señalan que la diversidad de especies se refiere al número y abundancia de especies en una comunidad o región. Sin embargo, CONABIO (2009) aumenta el concepto asegurando que la diversidad incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca a la diversidad de especies de plantas que viven en un sitio, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas; también incluye los procesos ecológicos y evolutivos.

2.2 Métodos para el control de arbustivas.

Los métodos para el control de arbustivas se pueden dividir en cuatro categorías: mecánicos, químicos, quemas y biológicos. Los métodos mediante los cuales se elimina efectivamente una parte del sistema radicular proporcionan control a largo plazo. Dentro del método mecánico está inmerso el método manual, consiste en extraer las plantas con herramientas manuales, chapoleo y podas en árboles. Cada método se aplica según los objetivos y las condiciones del área (Welch, 2000).

2.3 Manejo del fuego

El manejo del fuego es la gama de decisiones y acciones técnicas posibles dirigidas a la prevención, detección, control, contención, manipulación o uso del fuego en un paisaje dado para cumplir con metas y objetivos específicos (Myers, 2006). Por su parte CONANP *et al.* (2012) considera que el manejo de fuego incluye todas las actividades necesarias para la protección contra el fuego para lograr las metas y objetivos establecidos de manejo y ordenación de los recursos.

Por su parte, Myers (2006) reconoce que dentro del manejo del fuego está inmerso el manejo integral del fuego, se ha usado para definir de manera estricta la integración de acciones de supresión del fuego, mientras lo define como un enfoque para hacer frente

a los problemas y a las preocupaciones causados por los incendios, tanto dañinos como beneficiosos, dentro del contexto de los ambientes naturales y de los sistemas socioeconómicos en los que ocurren, mediante la evaluación y el balance de los riesgos relativos planteados por el fuego con los papeles ecológicos y económicos beneficiosos o necesarios que puede jugar en un área de conservación, región o paisaje determinado. Indica también, que integra (1) los tres componentes técnicos del manejo del fuego: prevención, supresión y uso del fuego, con (2) los atributos ecológicos clave del fuego, es decir, el régimen de fuego ecológicamente adecuado y (3) las necesidades socioeconómicas y culturales del uso del fuego junto con los impactos negativos que el fuego puede tener sobre la sociedad.

Visto de otro enfoque el manejo del fuego incluye la integración de la ciencia y la sociedad en múltiples niveles. Supone un enfoque amplio, holístico o completamente unificado para hacer frente a asuntos relacionados con el fuego, que tome en cuenta las interacciones biológicas ambientales, culturales, sociales, económicas y políticas (Kaufmann *et al.*, 2003).

2.4 Ecología del fuego

Desde una perspectiva ecológica, los incendios que se inician naturalmente y aquéllos que las personas provocan, refuerzan los ciclos naturales del fuego, estos son beneficiosos y ayudan a mantener la vida en los ecosistemas que han evolucionado con el fuego (TNC, 2004).

El fuego es un disturbio que puede ser parte de la dinámica de casi todas las comunidades de pastizal y matorrales de México, pero el efecto del fuego sobre la biota depende de la intensidad, frecuencia, extensión y tipo de fuego (Flores, 2006).

El fuego es un elemento natural y esencial en el funcionamiento de numerosos ecosistemas forestales. Además es uno de los elementos naturales que ha influido en las comunidades vegetales a lo largo del tiempo y como proceso natural cumple una función importante para mantener la salud de determinados ecosistemas (FAO, 2001).

2.5 Régimen del fuego

La NOM-015 SEMARNAT/SAGARPA-2007, define régimen de fuego como: la frecuencia (cada cuántos años), intensidad (alta, regular, baja), severidad (alta, regular, baja), extensión (superficie) y época del año (invierno, primavera, verano, otoño) que caracterizan la presencia de incendios forestales, tanto de origen humano como natural y que ayudan a la preservación de un ecosistema forestal mantenido por el fuego (DOF, 2009). Mientras que CONANP *et al.* (2012) menciona que es la descripción de los modelos de acontecimientos de fuego, frecuencia, tamaño y severidad.

Myers (2006) señala que todos los ecosistemas terrestres tienen un régimen de fuego, lo define como un conjunto de condiciones recurrentes del fuego que caracteriza a un ecosistema. Se interpretan como frecuencia, comportamiento del fuego, severidad, momento y tamaño de la quema, modelo de propagación del fuego y modelo y distribución de la quema. Si se elimina o se aumenta el fuego o se altera o restringe uno o más de los componentes del régimen del fuego de manera que el rango de variabilidad en un ecosistema dado ya no sea el adecuado, este ecosistema se transformará en algo diferente y se perderán hábitats y especies.

También menciona que existen regímenes de fuego y se describen a continuación: un régimen de fuego ecológicamente adecuado es aquél que mantiene la viabilidad o la estructura, la composición y el funcionamiento deseados del ecosistema, aunque este no necesariamente sea un régimen natural del fuego. Mientras que un régimen de fuego alterado o indeseable es aquél que ha sido modificado por actividades humanas tales como la supresión y prevención de incendios, las quemas excesivas o inadecuadas, la conversión del ecosistema o la fragmentación del paisaje. Considera que un régimen de fuego prescrito es un modelo repetido de quemas, diseñado para lograr un resultado deseado o anticipado.

2.6 Clasificación de los ecosistemas en relación al papel del fuego

Al reconocer el fuego como una herramienta ecológica de manejo y de conservación, es importante comprender los diferentes papeles que el fuego cumple en los diferentes

ecosistemas, en este sentido Myers (2006) identificó cuatro categorías amplias de respuestas de la vegetación al fuego:

2.6.1 Ecosistemas dependientes del fuego.

Son aquéllos donde el fuego es esencial y las especies han desarrollado adaptaciones para responder positivamente al fuego y para facilitar su propagación, es decir, la vegetación es inflamable y propensa al fuego. A menudo se los denomina ecosistemas adaptados al fuego o mantenidos por el fuego. En estas áreas, el fuego es un proceso absolutamente esencial. Ejemplos de estos ecosistemas son: las sabanas, pastizales y muchos de los bosques de coníferas y encinares.

2.6.2 Ecosistemas sensibles al fuego.

Estos ecosistemas no se han desarrollado con el fuego como un proceso importante y recurrente. Las especies de estas áreas carecen de las adaptaciones para responder a los incendios y la mortalidad es alta incluso cuando la intensidad del fuego es muy baja. La estructura y la composición de la vegetación tienden a inhibir la ignición y la propagación del fuego. En otras palabras, no son inflamables. Ejemplos de estos ecosistemas son: bosques tropicales latifoliados y bosques subtropicales latifoliados.

2.6.3 Ecosistemas influidos por el fuego.

Esta categoría incluye tipos de vegetación que se encuentran en la zona de transición entre los ecosistemas dependientes del fuego y los ecosistemas sensibles al fuego o independientes del fuego, las cuales las perturbaciones del fuego juegan un papel en la creación de ciertos hábitats, favoreciendo la abundancia relativa de ciertas especies y manteniendo la biodiversidad. Ejemplos de éstos son: Bosque húmedo tropical, vegetación riparia o los bosques de galería.

2.6.4 Ecosistemas independientes del fuego

Son aquéllos en los cuales el fuego juega un papel muy pequeño o nulo. Son demasiado fríos, húmedos o secos para quemarse. Ejemplos de éstos son: desiertos, tundra y bosques lluviosos.

2.7 Sucesión vegetal

El término sucesión frecuentemente es utilizado para describir cambios en diferentes tipos de vegetación en escalas temporales y espaciales. De acuerdo con Huston y Smith (1987) la sucesión es un cambio secuencial en las abundancias relativas de las especies dominantes en una comunidad. El cambio secuencial implica que las especies o grupo de especies, una vez dominantes, no volverán a serlo a menos que una perturbación u otro cambio ambiental intervengan.

La sucesión originada en áreas donde anteriormente existía otro tipo de vegetación se denomina sucesión secundaria y aquella sucesión ocurrida en áreas donde anteriormente no existía vegetación, se denomina sucesión primaria (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

2.8 Plan de manejo del fuego en áreas naturales protegidas y sitios de interés

Es un documento que identifica e integra las actividades de manejo del fuego dentro del contexto del plan de manejo de los recursos naturales de un área determinada. Define el programa para manejar el fuego a través de quemas prescritas, manejo de incendios forestales o manejo del fuego agropecuario (DOF, 2009).

CONANP *et al.* (2012) menciona que el plan de manejo de fuego es un documento para una zona específica, que contiene la política de incendios y las acciones prescritas. Es un proceso de gestión sistemático, tecnológico y administrativo para determinar la organización, instalaciones, recursos y procedimientos necesarios para proteger a la población, las propiedades y las áreas forestales contra los incendios y utilizar el fuego para llevar a cabo el manejo forestal y otros objetivos de uso del suelo (plan de prevención de incendios, programación de las acciones previas a la extinción,

plan de ataque inicial, plan de extinción de incendios y evaluación de final de temporada).

Por lo anterior, se define al plan de manejo del fuego (PMF) en áreas naturales protegidas y sitios de interés, como un documento de planeación estratégico para proporcionar información ecológica-ambiental, socio-económica y técnica sobre el papel del fuego, los daños y amenazas causadas por el mismo, en el contexto de una zona de conservación (Myers, 2006). El cual debe describir las acciones para cumplir objetivos a corto, mediano y largo plazo que integran tanto los componentes clásicos del manejo del fuego (prevención, detección, supresión y uso del fuego), como los atributos ecológicos de este elemento (régimen de fuego) y las necesidades socioeconómicas y culturales de la población en su uso. Un propósito común de un plan de manejo del fuego es brindar apoyo para que administradores o manejadores tomen decisiones informadas y más acertadas sobre el manejo de incendios forestales (CONANP *et al.*, 2012).

La formulación de un plan de manejo del fuego para una ANP, debe estar soportada, al menos, por cinco bases legales: Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; Reglamento en materia de áreas naturales protegidas; Reglamento Interno de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Norma Oficial Mexicana NOM-015- SEMARNAT/ SAGARPA-2007. El plan de manejo del fuego debe incluir no sólo la aplicación planificada del fuego mediante las correspondientes prescripciones, sino contener un calendario de quemas prescritas que incluya toda la gama de necesidades de aplicación del fuego para los propósitos antes mencionados e inclusive, como ya se hace en otros países con mayor desarrollo, utilizar los incendios forestales en beneficio de los recursos naturales. Deben incluirse apartados completos en el plan de manejo del fuego que especifiquen los planes de restauración identificados con base en la aplicación de las herramientas de evaluación sobre los efectos del fuego, la dinámica del ecosistema y el pronóstico de hacia qué tipo de vegetación o hacia dónde se dirigirá el manejo de dichos ecosistemas (CONANP *et al.*, 2012).

2.9 Manejo del paisaje

Las quemas prescritas pueden emplearse para mantener o promover la belleza escénica, a mediano y largo plazo y a la creación de claros con áreas relativamente amplias, que permitan a los visitantes realizar diversas actividades que no podrían practicarse de la misma forma en un bosque cerrado (Rodríguez, 1996). Por su parte Larry (2001) menciona que para tener éxito en una quema con finalidad de reducción de matorral, se debe hacer cuando el rebrote de las especies arbustivas es joven, además las áreas donde existe matorral requieren de dos a tres quemas para lograr los objetivos planteados.

Al quemar bajo árboles adultos, debe cuidarse que la altura del chamuscado no afecte más de un tercio de la copa de los árboles, de lo contrario es probable que disminuya su crecimiento, aumentando la probabilidad de ataque de plagas y enfermedades y en caso de presencia de flores se puede afectar la producción de semillas (Rodríguez, 1996).

2.10 Capacitación, educación e investigación en quemas prescritas

De acuerdo con Rodríguez (1995) es muy grande la utilidad pedagógica práctica que provee la experiencia de ejecutar quemas prescritas, tanto para la capacitación de personal operativo, como en la enseñanza de estudiantes. Además de aprender a realizarlas, proveen un nivel de experiencia para el combate de incendios, en condiciones de seguridad y comportamiento del fuego controlado mediante la prescripción. Una detallada elaboración de la prescripción permite adentrarse en aspectos teóricos relacionados con el comportamiento del fuego.

Es relevante la experiencia práctica durante la conducción de la quema, la determinación del logro de los objetivos planteados y el porqué. Así como la estimación de los efectos generados por la quema prescrita, que estarán orientados a cubrir necesidades del área (Rodríguez, 1996).

2.11 Normatividad aplicable al uso del fuego

La Ley Forestal del estado de Coahuila de Zaragoza establece, que para realizar cualquier tipo de quema controlada en terrenos forestales y preferentemente forestales, los interesados deberán tramitar el permiso correspondiente ante la autoridad y toda quema deberá cumplir con lo siguiente:

- a) Iniciar la quema si el horario y las condiciones climáticas son las propicias para ello.
- b) No efectuar la quema de manera simultánea con predios colindantes.
- c) Circular con línea corta fuegos o guardarrayas el área que se pretende quemar.
- d) La quema deberá iniciarse de arriba hacia abajo en los terrenos con pendientes de menos de quince grados y en los terrenos planos, en sentido contrario al de la dirección dominante del viento.
- e) En terrenos colindantes con áreas de bosque o vegetación forestal continua, el propietario deberá contar con el apoyo de personal especializado en control de incendios forestales para garantizar el resguardo de las mismas.

Las quemas en terrenos colindantes con poblaciones urbanas o suburbanas que por su ubicación pongan en riesgo la vegetación forestal, están sujetas a la autorización de la Secretaría (POEC, 2006).

En el estado de Coahuila existe un decreto de veda para el uso del fuego en todas las áreas boscosas, publicado el 31 de marzo de 2006 en el Periódico Oficial del Estado de Coahuila, por lo cual se prohíbe el uso de fuego en las zonas de veda a que se refiere el artículo anterior en las siguientes modalidades:

1.- Fogatas a cielo abierto para:

- a) Recreación.
- b) Preparación de alimentos.
- c) Chamusco de nopales y maguey.
- d) Festejos campestres y
- e) Demás de naturaleza semejante a las enunciadas.

2.- Quemadas para:

- a) La preparación de forrajes para el ganado.
- b) El mantenimiento de caminos y brechas de conducción eléctrica.
- c) Los esquilmos agrícolas en áreas aledañas a zonas con vegetación.
- d) Basura o desperdicios contaminantes, y
- e) Demás de naturaleza similar a los enunciados.

Se eximen de estas prohibiciones las fogatas y quemadas que se realicen en áreas que cumplan con los requisitos mínimos de seguridad y de control de fuego, bajo la absoluta responsabilidad de quién o quienes lo estén utilizando, previa inspección y autorización expedida por la Subsecretaría de Recursos Naturales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Coahuila (POEC, 2006a).

Considerando la normatividad a nivel nacional la norma oficial mexicana NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007; que establece las especificaciones técnicas de los métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario, con el propósito de prevenir y disminuir los incendios forestales, es de obligación de las personas que pretendan hacer uso del fuego presentar un aviso de uso del fuego (DOF, 2009).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

El área de estudio se localiza dentro del Área Natural Protegida Sierra de Zapalinamé, se localiza en el sureste de Coahuila, en la transición entre el Desierto Chihuahuense y la Sierra Madre Oriental (Encina *et al.*, 2008). Fue decretada como Área Natural Protegida el 15 de octubre de 1996 por el Gobierno del Estado de Coahuila con carácter de Zona Sujeta a Conservación Ecológica (POGC, 1996). El 31 de octubre de 1996 se firma el acuerdo de colaboración con la Asociación Civil “Protección de la Fauna Mexicana” (PROFAUNA) como encargada de la operación del Área Natural Protegida, iniciando funciones en mayo de 1997 (PROFAUNA, 2008).

La Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé (ZSCESZ) cuenta con un área aproximada de 71,424ha, de las cuales 28,921 ha pertenecen a áreas de amortiguamiento, se enmarca dentro de los municipios de Saltillo y Arteaga, se divide en cinco zonas de manejo, el área de estudio se encuentra dentro de la zona de manejo cañón de San Lorenzo, sector las terneras, se ubica cerca de la zona de amortiguamiento las Teresitas. Geográficamente se ubica a 25°20'44.66" Latitud N y 101°01'42.24" Longitud O (PROFAUNA, 2008).

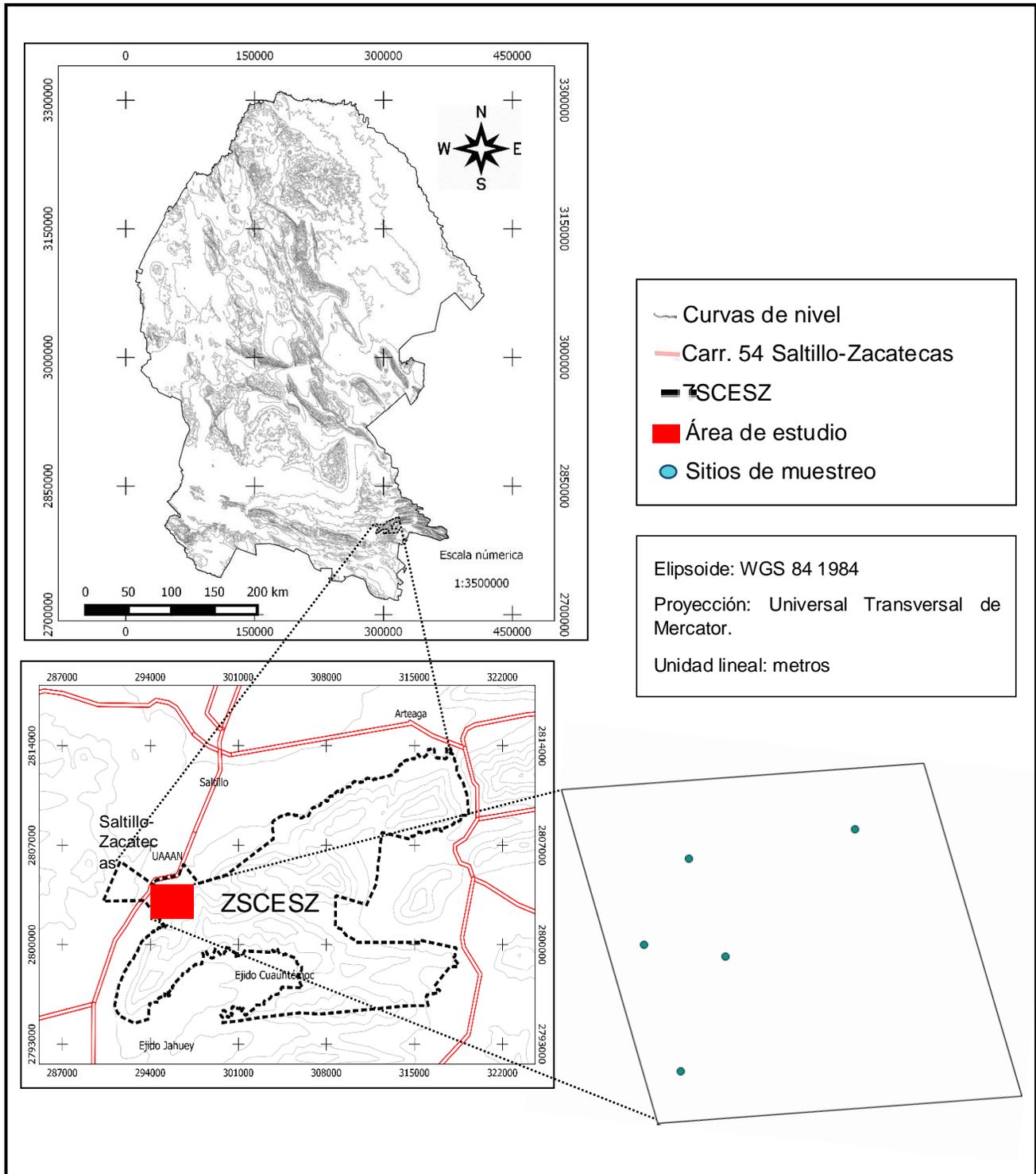


Figura 1. Localización del área de estudio.

3.2. Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra 7 km al Sur de la Ciudad de Saltillo, a 1,820 metros sobre el nivel del mar (msnm) dentro de la zona de restauración e investigación en la reforestación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), perteneciente a la Sierra de Zapalinamé (PROFAUNA, 2008). A continuación se presentan la descripción de las variables bióticas y abióticas del área de estudio:

3.2.1 Clima

De acuerdo a la clasificación de Köopen modificado por Enriqueta García (1987). La fórmula climática que caracteriza a la reforestación de Zapalinamé es BS₁kx' correspondiente climas semiáridos, con lluvias escasas todo el año, con una temperatura media anual de 17.7 °C con temperaturas mínimas del mes más frío en enero y máximas en el mes de mayo, precipitación media anual de 432.4 mm, los meses de mayor precipitación son de mayo a septiembre incluyendo enero. Los meses de menor precipitación son de octubre-abril (García, 1987; CNA, 2000).

3.2.2 Edafología

De acuerdo a CONABIO (2012) los suelos que predominan en el área de estudio son de tipo Litosol y Xerosol, el primero se caracteriza por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche también se encuentran suelos de tipo Xerosol, por lo general tiene una capa superficial color claro por el bajo contenido de materia orgánica, su vegetación natural es de matorral y pastizal (INEGI, 2004). Sin embargo, Rzedowski (2006) dice que los suelos para este tipo de vegetación suelen ser con drenaje deficiente, así como francamente salinos, alcalinos y yesosos, mencionando que el contenido de materia orgánica es muy bajo, en cambio los nutrientes en general se hallan en abundancia y el calcio casi siempre en grandes cantidades.

3.2.3 Vegetación

Originalmente se representaba un bosque de *Pinus cembroides*, pero debido a la fuerte presión humana por la ciudad de Saltillo se estableció un matorral micrófilo,

actualmente producto de la reforestación se observa *Pinus halepensis*, especie dominante en la fisonomía del paisaje. Esta área ha sido reforestada desde 1960 y se ha usado en programas de reforestación sobre suelos someros, calcáreos y con pendiente ligera, además de otras especies como *Pinus cembroides*, *Lygustrum japonicum*, *Melia azederach*, *Agave* spp., *Cupressus arizonica* y *C. sempervirens* (Marroquín, 1976). En el estrato arbustivo crecen especies del matorral micrófilo como son: *Mimosa biuncifera* y *Mimosa zygophylla*, con el avance de la sucesión se han establecido especies del Matorral submontano de rosáceas que se desarrolla en áreas aledañas e incluye a las especies: *Lindleya mespiloides*, *Malacomeles denticulata*, *Quercus intricata* y *Purshia plicata* (Encina et al., 2012). En el estrato herbáceo se presentan abundantes gramíneas como: *Hilaria swallenii*, *Bouteloua dactyloides* y *Bouteloua hirsuta*.

3.2.4 Hidrología

CONABIO (2012a) menciona que el área de estudio se encuentra en la Región Hidrológica No. 24 Bravo-Conchos en la cuenca Hidrológica Río Bravo-San Juan, en la subcuenca Pino Solo-Satillo. PROFAUNA (2008) menciona que la Sierra de Zapalinamé proporciona un importante servicio ambiental a la Ciudad de Saltillo, abasteciendo con el 70 por ciento del agua potable utilizada por esta ciudad.

3.3 Metodología

Se establecieron cinco sitios de muestro de manera selectiva antes y después de la quema prescrita, marcándolos con coordenadas mediante GPS para ubicarlos después de la quema prescrita. La primera evaluación se realizó en noviembre de 2013 y la segunda ocho meses después de la quema prescrita (octubre de 2014). La quema prescrita se llevó a cabo a finales febrero de 2014, en la unidad de quema prescrita de una hectárea.

Para la caracterización de la vegetación se incluyeron los siguientes aspectos: tipo de vegetación, altitud, exposición y coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) para cada sitio de muestreo.

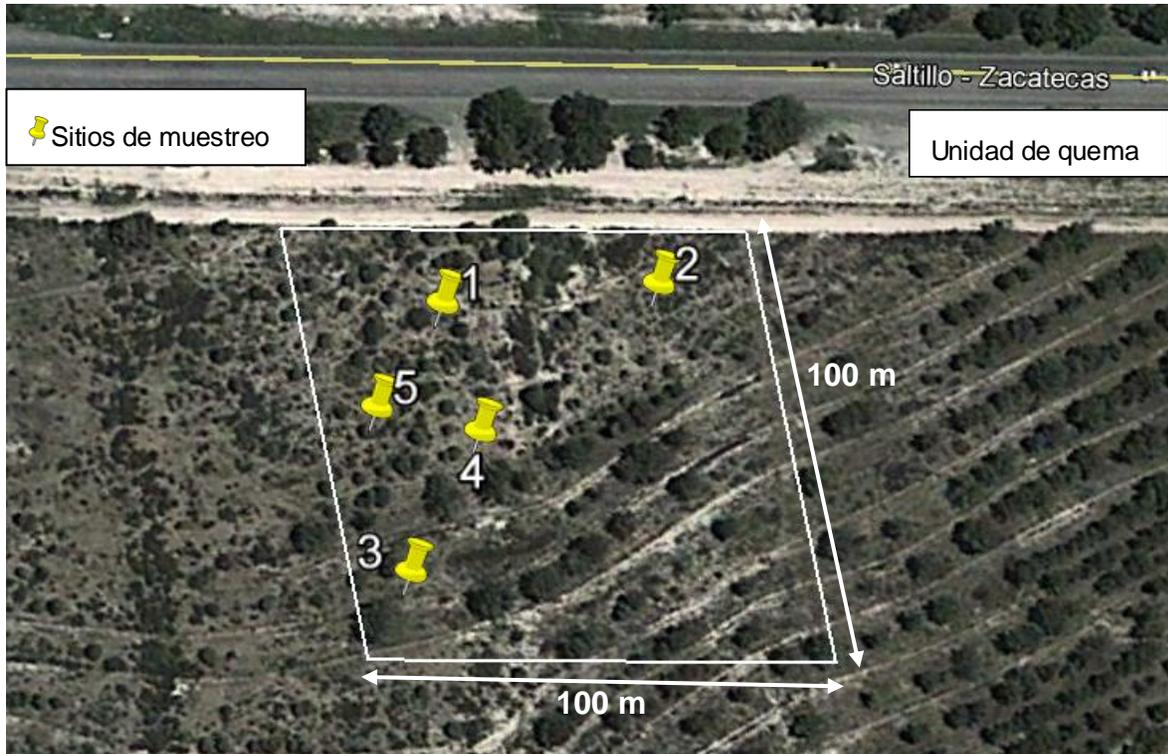


Figura 2. Delimitación del área de estudio y distribución de sitios de muestreo.

Los sitios de muestreo para vegetación arbustiva se establecieron mediante parcelas circulares, utilizando la metodología de Mueller–Dombois y Ellenberg (1974); Moreno (2001). Con sitios circulares de 100 m^2 , mientras que para herbáceas se utilizó el método del cuadrado con sitios de 1 m^2 , este método es una de las formas más utilizadas para el muestreo de vegetación herbácea, ya que tiene menos impacto en el borde (Mostacedo y Fredericksen, 2000) el cual se ubicó en el centro del sitio de arbustivas.

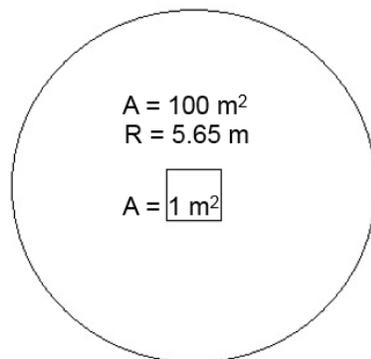


Figura 3. Dimensiones de los sitios de muestreo

La delimitación de los sitios de 100 m² se realizó mediante cintas métricas de 30 m, compensando la pendiente, la determinación de la pendiente se realizó con el uso de Pistola Haga y la exposición (tomada con una brújula). En el Anexo I, se presentan las coordenadas de los sitios muestreados y los vértices de la unidad de quema.

Las variables evaluadas fueron diámetro de copa (cm) y altura media (cm) de cada especie encontrada para el estrato arbustivo y herbáceo. Ambas variables se midieron con el uso de un flexómetro. Las especies no identificadas en campo fueron colectadas para después ser identificadas en laboratorio. Para las especies de familias de difícil regeneración (Cactáceas y Agaváceas) se tomaron fotografías.

La aplicación del método mecánico fue la primer semana de febrero, consistió en la extracción de especies arbustivas con partes de sus raíces con el uso de herramientas manuales, además se realizaron podas a los *Cupressus arizonica* hasta una altura efectiva de 1m de fuste libre de ramas, para evitar la continuidad vertical del fuego. Posteriormente, se apilaron los restos de las podas, chapoleo y arrancado de especies arbustivas a una altura no mayor a 1m. La quema prescrita se realizó cuando las pilas de combustibles extraídos estuvieron disponibles para arder.

3.3.1 Análisis de la información

La concentración de datos de campo se capturó en Excel[®], con esta información se determinaron los siguientes atributos de la vegetación, (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974):

$$\text{Densidad} = \frac{\text{No. Individuos}}{\text{Área de muestra}}$$

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{densidad por sp.} \times 100}{\text{Densidad de todas las especies}}$$

$$\text{Dominancia} = \frac{\text{área cubierta o área basal}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{área cubierta o área basal} \times 100}{\text{Dominancia total de las especies}}$$

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{No. de parcelas con la especie}}{\text{No. total de parcelas}}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{frecuencia de especie} \times 100}{\text{Suma de la frecuencia de todas las especies}}$$

$$\text{Valor de importancia} = \frac{\text{Dens. rel} + \text{Dom. rel} + \text{Frec. rel}}{3}$$

3. 4 Cálculos para obtener índice de diversidad de especies

3.4.1 Índice de Shannon-Wiener

Para calcular la diversidad de especies se utilizó el índice de Shannon-Wiener, para ello se ocuparon los atributos de la vegetación y los valores de frecuencia relativa de las especies. El índice de Shannon-Wiener tiene una gran aceptación como indicador de la diversidad, debido a que toma en cuenta la densidad de especies diferentes, sus proporciones relativas de abundancia, por tanto mayor da mayor confiabilidad que el listado simple de las especies (Moreno, 2001 y Mostacedo y Fredericksen, 2000)

Es estimado mediante la siguiente fórmula:

$$I. s = -\sum P_i \ln (P_i)$$

dónde:

I.S.= Índice de Shannon obtenido (diversidad actual)

$P_i = F_{ri}/F_{ri}$

F_{ri} : Frecuencia de la especie i

F_{ri} : Sumatoria de todas las frecuencias de todas las especies observadas.

Para comparar las especies presentes antes y después de la quema prescrita, se utilizó información de densidad para cada especie para integrarlo al análisis estadístico conocido como prueba G y Ji cuadrada (X^2), obteniendo el nivel de significancia antes y después de la quema prescrita, así como las especies que resulten significativas del análisis estadístico.

La prueba X^2 , ha sido utilizada por Seefeldt *et al.* (2007) para evaluar la presencia/ausencia de datos de especies, es decir, análisis de frecuencias, antes y después de la quema prescrita. Quevedo (2011) menciona que esta prueba contrasta frecuencias observadas con las frecuencias esperadas de acuerdo con la hipótesis alterna.

En el análisis estadístico se utilizó un 95 por ciento de confiabilidad y 5 por ciento de margen de error, por lo tanto, cuando el valor de *p-Value* es menor a 0.05 existe diferencia significativa en la composición de especies antes y después de la quema prescrita, mostrando especies significativas.

4 RESULTADOS

4.1 Composición florística del matorral micrófilo antes de la quema prescrita

La flora del estrato herbáceo está integrada por 32 especies, distribuidas en 12 familias, 24 géneros (ver listado florístico en anexo II), las familias más importantes por tener mayor riqueza de especies son: Poaceae con 12 especies, Asteraceae (5), Malvaceae (3) y Acanthaceae, Euphorbiaceae, Polygalaceae con 2 especies cada una. El género con mayor riqueza es *Aristida* con 3 especies, mientras que *Bouteloua*, *Dyssodia*, *Eriogonum*, *Panicum*, *Polygala* y *Sida* poseen 2 especies cada uno, los demás sólo incluyen una especie. En el anexo III se presenta la composición florística de éste estrato, donde se observa que la familia Poaceae es la mejor representada con 8 géneros y 12 especies seguida por Asteraceae con 4 géneros y 5 especies.

El estrato arbustivo está compuesto por 19 especies distribuidas en 10 familias, 17 géneros, (ver listado florístico en el anexo IV) las familias que se consideran importantes por su número de géneros son: Cactaceae con 5 géneros, Asteraceae (4), Fabaceae (3), las demás familias presentan un género cada una. Mientras que los géneros más abundantes son: *Condalia* y *Mimosa* con 2 especies, los géneros restantes presentan una especie. El anexo V presenta la composición florística de éste estrato.

4.1.1 Aspectos estructurales del matorral micrófilo antes de la quema prescrita

El estrato herbáceo del matorral micrófilo es caracterizado por la dominancia de especies como: *Polygala lindheimeri* (32.95%), *Thymophylla setifolia* (22.01%), *Hilaria swallenii* (17.08%), y *Dyssodia acerosa* (6.9%). El estrato presenta una altura media de 3.0 a 65 cm, las especies más frecuentes son: *Hilaria swallenii*, *Dyssodia acerosa*, *Aristida purpurea*, *Sida abutifolia*, *Rhynchosia senna* y *Euphorbia dentata*.

Mientras que las especies con mayor Valor de Importancia Relativa (en lo sucesivo VIR) son: *Hilaria swallenii* (25.03%) con 566,000 ind ha⁻¹; *Polygala lindheimeri* (13.29%) con 42,000 ind ha⁻¹, *Thymophylla setifolia* (8.66%) con 8,000 ind ha⁻¹, *Dyssodia*

acerosa (6.71%) con 76,000 ind ha⁻¹), *Aristida purpurea* (6.47%) con 66,000 ind ha⁻¹ y *Croton dioicus* (3.94%) con 60,000 ind ha⁻¹.

Para el estrato arbustivo las especies dominantes son: *Acacia greggii* (45.46%), *Mimosa aculeaticarpa* (21.79%), *Mimosa biuncifera* (8.25%), *Condalia warnockii* (5.64%) y *Condalia spathulata* (5.27%). El estrato arbustivo tiene una altura desde los 3.0 cm hasta 103 cm. Las especies con mayor frecuencia en el área de estudio son: *Mimosa aculeaticarpa*, *Acacia greggii*, *Brickellia veronicifolia*, *Condalia spathulata*, *Cylindropuntia leptocaulis*, *Gutierrezia sarothrae*, *Mahonia trifoliolata*, *Corynopuntia schottii* y *Opuntia lindheimeri*.

Las especies con mayor VIR son: *Mimosa aculeaticarpa* (31.02%) con 18,540 ind ha⁻¹ y *Acacia greggii* (23.41%) con 3,600 ind ha⁻¹. Los atributos estructurales del matorral micrófilo se presenta en el anexo VI.

4.2 Composición florística del matorral micrófilo después de la quema prescrita

Como parte de la flora del estrato herbáceo en el sitio después de la quema prescrita se registraron 42 especies, distribuidas en 15 familias y 33 géneros (ver listado florístico anexo VII). Las familias más importantes son: Asteraceae con 10 especies, Poaceae (9), Euphorbiaceae (6), Malvaceae (3), Acanthaceae (2), Brassicaceae (2), Polygalaceae (2). Los géneros con más especies son: *Euphorbia* (3), *Aristida* (3), *Dyssodia* (2), *Lesquerella* (2), *Sida* (2), *Bouteloua* (2), *Polygala* (2), los demás están distribuidos con una especie por género. El anexo VIII presenta la composición florística de éste estrato.

El estrato arbustivo está integrado por 20 especies, distribuidas en 11 familias, 19 géneros (ver listado florístico anexo IX), las familias más importantes son Cactaceae con 5 especies, Asteraceae (4), Fabaceae (3) las demás familias poseen una especie. El género *Mimosa* posee 2 especies, los demás están distribuidos de una especie por género. En el anexo X se presenta la composición florística de éste estrato.

4.2.1 Aspectos estructurales del matorral micrófilo después de la quema prescrita

El estrato herbáceo del matorral micrófilo es caracterizado fisonómicamente por especies dominantes como: *Croton dioicus* (38.71%), *Aristida purpurea* (16.25%), *Hilaria swallenii* (6.47%), *Aristida curvifolia* (6.01%), *Dyssodia acerosa* (4.45%) Y *Ageratum corymbosum* (4.44%).

El estrato presenta una altura media que va de los 3.0 cm a 80 cm, las especies más frecuentes son: *Hilaria swallenii*, *Dyssodia acerosa*, *Croton dioicus*, *Aristida purpurea*, *Euphorbia dentata*, *Bouteloua uniflora* y *Dyschoriste linearis*.

Mientras que las especies con mayor Valor de Importancia (VIR) son: *Croton dioicus* 19.30% con 154,000 ind ha⁻¹; *Hilaria swallenii* (13.32%) con 302,000 ind ha⁻¹; *Aristida purpurea* (8.79%) con 50,000 ind ha⁻¹; *Dyssodia acerosa* (6.04%) con 74,000 ind ha⁻¹; *Siphonoglossa pilosella* (4.43%) con 90,000 ind ha⁻¹; *Aristida curvifolia* (3.06%) con 20,000 ind ha⁻¹ y *Gnaphalium semiamplexicaule* (2.9%) con 68,000 ind ha⁻¹.

Para el estrato arbustivo las especies dominantes son: *Acacia greggii* (54.24%), *Mimosa aculeaticarpa* (15.20%), *Mimosa biuncifera* (9.27%), *Gutierrezia sarothrae* (7.17%) y *Condalia warnockii* (4.97%). El estrato arbustivo tiene una altura de 5.0 a 110 cm. Las especies con mayor frecuencia son: *Acacia greggii*, *Mimosa aculeaticarpa*, *Gutierrezia sarothrae*, *Brickellia veronicifolia*, *Parthenium argentatum*, *Opuntia lindheimeri*, *Ephedra compacta*, *Mirabilis* sp., *Mahonia trifoliolata* y *Turbinicarpus beguinii*.

Las especies con mayor VIR son: *Acacia greggii* (27.52%) con 2,400 ind ha⁻¹; *Mimosa aculeaticarpa* (22.70%) con 6,820 ind ha⁻¹; *Gutierrezia sarothrae* (7.19%) con 1,020 ind ha⁻¹; *Ephedra compacta* (5.91%) con 1,820 ind ha⁻¹; *Condalia warnockii* (4.82%) con 1,100 ind ha⁻¹; *Mimosa biuncifera* (4.56%) con 280 ind ha⁻¹ y *Brickellia veronicifolia* (3.91%) con 320 ind ha⁻¹. Los atributos estructurales del matorral micrófilo se presenta en el anexo XI.

La estructura horizontal en el estrato arbustivo del área después de la quema prescrita, presentó una reducción de especies arbustivas, antes de la quema prescrita se tenía

una densidad de 32,100 ind ha⁻¹, y después de la quema prescrita la densidad es 16,200 ind ha⁻¹ por lo cual hay una reducción del 49.5 por ciento de la densidad, de estas especies arbustivas; *Mimosa aculeaticarpa* es la especie más abundante (6,820 ind ha⁻¹), seguido por *Acacia greggii*(2,400 ind ha⁻¹), *Ephedra compacta* (1,820 ind ha⁻¹), *Condalia warnockii* (1,100 ind ha⁻¹), *Gutierrezia sarothrae* (1,020 ind ha⁻¹). Por su parte, el estrato herbáceo antes de la quema prescrita presentó 1,136,000 ind ha⁻¹y después de la quema aumentó a 1,150,000 ind ha⁻¹, la especie más abundante es *Hilaria swallenii* con (302,000 ind ha⁻¹), seguida por *Croton dioicus* (con 154,000 ind ha⁻¹), *Siphonoglossa pilosella* (90,000 ind ha⁻¹), *Dyssodia acerosa* (74,000 ind ha⁻¹), *Gnaphalium semiamplexicaule* (68,000 ind ha⁻¹), *Aristida purpurea* (50,000 ind ha⁻¹), *Sanvitalia ocymoides* (50,000 ind ha⁻¹) y *Calylophus hartwegii* con (34,000 ind ha⁻¹).

4.3 Diversidad vegetal para el estrato herbáceo y arbustivo del área antes y después de la quema prescrita

En el cuadro 1 se muestra que el estrato herbáceo tiene un incremento en la riqueza de especies después de la quema prescrita, que pasa de 3.32 a 3.54 bits, también el estrato arbustivo registró una ganancia en riqueza de especies, ya que antes de la quema prescrita registró 2.73 bits y después de la quema presentó 2.84 bits, por ello tiene una ganancia en diversidad de especies en los dos estratos.

Cuadro 1. Índices de diversidad vegetal del estrato herbáceo y arbustivo, antes y después de la quema prescrita.

Estrato	Antes de la quema prescrita	Después de la quema prescrita
Herbáceo	3.32 bits	3.54 bits
Arbustivo	2.73 bits	2.84 bits

4.4 Análisis estadístico

Derivado del análisis mediante la prueba G y X^2 se obtuvieron especies con grado de significancia del estrato herbáceo y arbustivo. Es decir, las especies con valores de p-valúe < 0.05 son significativas de acuerdo al estadístico de prueba X^2 , se consideraron las especies significativas, que son las que más variación presentaron con respecto a; rebrotar-no rebrotar, aparecer-desaparecer y aumentar-disminuir la densidad de individuos después de la quema prescrita.

4.4.1 Composición de especies del estrato herbáceo antes y después de la quema prescrita.

Las especies que se presentaron en el área antes de la quema prescrita, pero redujeron su presencia en densidad de individuos o no emergieron después de la quema prescrita son: *Allionia incarnata*, *Hilaria swallenii* y *Polygala lindheimeri*, mientras que, *Acalypha monostachya*, *Bahia absinthifolia*, *Calylophus hartwegii*, *Croton dioicus*, *Gnaphalium semiamplexicaule*, *Sanvitalia ocymoides* y *Siphonoglossa pilosella* son especies que han aumentado la densidad posterior a la quema prescrita como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Especies herbáceas con grado de significancia en el área antes y después de la quema prescrita.

Espece	Antes de la quema prescrita	Después de la quema prescrita	p-Value	Significancia
<i>Acalypha monostachya</i>	0	13	0.00088372	S
<i>Allionia incarnata</i>	14	0	0.01254640	S
<i>Bahia absinthifolia</i>	0	11	0.03301224	S
<i>Calylophus hartwegii</i>	0	17	0.00579040	S
<i>Croton dioicus</i>	30	77	0.00060317	S
<i>Gnaphalium semiamplexicaule</i>	0	34	0.00004337	S
<i>Hilaria swallenii</i>	283	151	0.00000000	S
<i>Polygala lindheimeri</i>	21	3	0.01169386	S
<i>Sanvitalia ocymoides</i>	0	25	0.00058450	S
<i>Siphonoglossa pilosela</i>	11	45	0.00119416	S

4.4.2 Composición de especies del estrato arbustivo antes y después de la quema prescrita.

Las especies que se presentaron en el área antes de la quema y que disminuyeron su densidad o no emergieron después de la quema son: *Acacia greggii*, *Condalia spathulata*, *Ephedra compacta*, *Gutierrezia sarothrae* y *Mimosa aculeaticarpa*. Mientras que; *Agave scabra*, *Condalia warnockii*, *Krameria sp.*, *Manfreda longiflora*, *Mirabilis sp.*, *Opuntia lindheimeri* y *Parthenium argentatum* son especies que han aparecido o incrementado su densidad después de la quema prescrita. En el cuadro 3 se muestra lo descrito anteriormente.

Cuadro 3. Especies arbustivas con grado de significancia antes y después de la quema prescrita.

Espece	Antes de la quema prescrita	Después de la quema prescrita	p-Value	Significancia
<i>Acacia greggii</i>	181	120	0.01553579	S
<i>Agave scabra</i>	0	4	0.02215594	S
<i>Condalia spathulata</i>	12	0	0.03072864	S
<i>Condalia warnockii</i>	34	55	0.00001711	S
<i>Ephedra compacta</i>	231	91	0.03643619	S
<i>Gutierrezia sarothrae</i>	52	51	0.00066698	S
<i>Krameria sp.</i>	7	14	0.0027243	S
<i>Manfreda longiflora</i>	11	26	0.0043616	S
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	927	341	0.00000476	S
<i>Mirabilis sp.</i>	0	5	0.00743369	S
<i>Opuntia lindheimeri</i>	4	12	0.00111961	S
<i>Parthenium argentatum</i>	0	22	0.00000149	S

5 DISCUSIÓN

El índice de diversidad de Shannon-Wiener obtenido en la evaluación a ocho meses después de la quema prescrita, el estrato herbáceo se incrementó de 3.32 a 3.54 bits lo cual indica un aumento en riqueza de especies. Esto coincide con lo reportado por Trabaud (1998) menciona que la evolución de la composición florística en los primeros meses siguientes a la quema existen pocas especies, pero la riqueza florística va aumentando hasta alcanzar su mayor valor del primer al tercer año. Afirma que los siguientes dos años la densidad disminuye progresivamente y a partir del quinto año la riqueza tiende a estabilizarse.

También Papió (1988) coincide que en las áreas quemadas las especies con capacidad de rebrote son las dominantes, así como las terófitas y especies bianuales juegan un papel importante, por lo cual las especies herbáceas se habían recuperado en su totalidad a los 20 meses, sin embargo, en las especies arbustivas el proceso es más lento y acepta como un hecho general que la sucesión secundaria que se produce con posterioridad al fuego, consiste en un proceso de restablecimiento directo de la comunidad existente antes del fuego, dada la capacidad de persistencia de las especies predominantes.

Una de las familias con más géneros fue Poaceae (gramíneas) con seis géneros, nueve especies y Larry (2001) afirma que el fuego daña de manera efectiva la mayoría de las plantas leñosas y favorece el crecimiento de zacates y herbáceas, además dice que los pastos anuales pueden desaparecer con fuegos después de su germinación, pero pueden incrementarse con quemas previas a ella.

Por su parte Alvarado (2004) al evaluar el matorral micrófilo en sitios incendiados y no incendiados en la reforestación de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila a seis años del incendio, concluye que se presenta mayor riqueza de gramíneas y herbáceas perennes en una etapa sucesional en el área incendiada.

La cobertura del estrato herbáceo disminuyó 19.4 por ciento después de la quema prescrita, pero la riqueza de especies aumentó de 32 a 42 especies equivalente a un

31.2 por ciento más que el área antes de la quema prescrita. Además Alhamad *et al.* (2012) al evaluar quemas prescritas en pastizales en combinación con fertilizantes afirma: el realizar una quema prescrita aumenta la cobertura vegetal un 21.2 por ciento además, mejoró significativamente la riqueza de especies un 52.5 por ciento en las parcelas quemadas, mientras que la quema prescrita combinado con la aplicación de fertilizantes aumentó la riqueza de especies hasta en 69.8 por ciento. Las quemas prescritas pueden utilizarse solas o en combinación con otras prácticas de mejoramiento de los pastizales (Larry, 2001).

El área y la unidad de quema prescrita ha sido frecuentada por ganado caprino y equino, lo que disminuye la cobertura de gramíneas, que bien puede ser el motivo por lo cual a ocho meses después de la quema prescrita la cobertura disminuyera 19.4 por ciento, con respecto al área antes de la quema prescrita; según Brady (2011) el ganado prefiere los renuevos de herbáceas y zacates de áreas quemadas.

En el estrato herbáceo las especies presentes después de la quema prescrita son: *Zinnia acerosa*, *Euphorbia dentata*, *Gnaphalium*, *Bouteloua curtipendula*, *Hilaria swallenii*, *Aristida adscensionis*, *Croton dioicus*, *Leptochloa dubia*, *Panicum hallii*, *Loeselia* sp; para el estrato arbustivo después de la quema prescrita las especies encontradas son: *Agave scabra*, *Brickellia veronicifolia*, *Opuntia lindheimeri*, *Mimosa biuncifera*, *Mimosa aculeaticarpa*, *Condalia warnockii*, esto coincide con lo reportado por Marroquín (1976) en las partes bajas del Cañón de San Lorenzo, menciona a *Brickellia veronicifolia* como una invasora frecuentemente encontrada.

Sin embargo, el estrato arbustivo de 2.73 se incrementó a 2.84 bits teniendo 32 especies y 43 respectivamente después de la quema prescrita. Algunas especies no rebrotaron tanto en el estrato herbáceo como en el arbustivo, Papió (1988) obtuvo después de un año que las especies herbáceas habían rebrotado más del 80 por ciento y hasta los 20 meses el 30 por ciento de las arbustivas, afirma que hay especies arbustivas que necesitan más de tres años para rebrotar. Calabuig (2001) afirma que las especies que aparecen después de la perturbación son las mismas que ocupaban previamente el área.

Manfreda longiflora fue una de las especies significativas derivado del análisis estadístico aumentando su densidad después de la quema prescrita. Es una especie que se encuentra en estatus de conservación en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 en categoría de amenazada (DOF, 2010). Se considera que esta especie tiene cierto grado de adaptación al fuego como lo menciona García (2003) debido que tiene un rizoma de 6.5 cm de longitud por lo cual en meses secos casi es imperceptible para no quemarse, es una especie que se benefició con la quema prescrita.

La precipitación acumulada en los meses febrero-octubre 2014, posteriores a la quema prescrita de acuerdo a los datos de la estación meteorológica 5034 Saltillo, fue 344 mm; mientras que en el año 2013 la precipitación alcanzó 378 mm, el promedio histórico acumulado en 19 años en los meses correspondientes después de la quema prescrita muestra una precipitación de 382.8 mm (CNA, 2000; CNA, 2014) el año 2014 muestra una precipitación inferior que el promedio histórico acumulado y al año anterior a la quema prescrita, por su parte Larry (2001) menciona que los efectos del fuego son diferentes dependiendo también de la lluvia, cantidad de combustible y duración del periodo de crecimiento de las plantas.

La quema prescrita se realizó a finales de febrero con una precipitación de 1.2 mm en este mes, muy por debajo de 10.1 mm, siendo el promedio histórico de precipitación en Saltillo en el mismo mes (CNA, 2000; CNA, 2014). Larry (2001) concluye que realizar quemas a mediados del invierno, con buena humedad en el suelo promueve los renuevos de plantas anuales al final del invierno para que haya una floración exitosa a principio de la primavera, si la precipitación hubiese sido mayor los rebrotes de herbáceas serían posiblemente más altos de lo encontrado ocho meses después con tal precipitación.

La composición del matorral micrófilo después de la quema prescrita estaba compuesto por las familias: Asteraceae, Poaceae, Euphorbiaceae, Cactaceae y Fabaceae mismas que encontró Castillo *et al.* (2004) en este tipo de matorral, de igual forma Rzedowski

(2006) afirma que desde el punto de vista de su composición florística los matorrales xerófilos son muy variados y ricos tanto a nivel específico como genérico.

La reducción en la densidad de arbustivas de 32,100 ind ha⁻¹ a 16,200 ind ha⁻¹ de acuerdo con Larry (2001) es debido a que la mayoría de las especies arbustivas rebrotan junto a la base del suelo o bajo de la superficie del suelo, por lo que estas plantas son difíciles de controlar después de más de un año de establecidas. Sin embargo, se logra un buen control de la parte aérea y se reduce la competencia con los pastos perennes y herbáceas durante algunos años; esto debido al gran desarrollo radicular de plantas arbustivas adultas, los rebrotes crecen rápido y menciona que pueden tener una cobertura aérea similar a la anterior a la quema en periodos de 3 a 5 años.

La quema prescrita se realizó combinada con el método manual, sin embargo, Santos (1992) no encontró efectos significativos con quema, corte, arranque, abandono o pastero, solo la de corte en febrero es la que no se recupera hasta primavera, a los 3 años se observó que los tratamientos no determinan la aparición de especies distintas sino una reducción de estas, excepto en el área quemada que aumentó significativamente la riqueza de especies. El uso del fuego en combinación con otras prácticas de manera integral ofrece un mejor resultado y mejora la tasa de retorno económico, seleccionando los mejores sitios para su aplicación; además dependiendo de la temporada y las condiciones in situ el día de la quema se obtendrá el resultado esperado (Larry, 2001).

6 CONCLUSIONES

El estrato herbáceo después de la quema prescrita tuvo una ganancia en riqueza de especies, ya que aumentó la densidad de individuos y especies que aparecieron después de la quema prescrita: *Acalypha monostachya*, *Bahia absinthifolia*, *Calylophus hartwegii*, *Croton dioicus*, *Gnaphalium semiamplexicaule*, *Sanvitalia ocymoides* y *Siphonoglossa pilosella*, sin embargo, algunas especies redujeron la densidad como: *Allionia incarnata*, *Polygala lindheimeri* y *Hilaria swallenii* siendo esta última la más importante, ya que fue la que más redujo la densidad de 566,000 a 302,000 ind ha⁻¹.

Las especies herbáceas como: *Croton dioicus* y *Siphonoglossa pilosella* tienen gran capacidad de rebrote mientras que *Allionia incarnata* y *Polygala lindheimeri* su capacidad de rebrote es casi nulo, mientras que especies que no estaban como: *Acalypha monostachya*, *Bahia absinthifolia*, *Calylophus hartwegii*, *Gnaphalium semiamplexicaule* y *Sanvitalia ocymoides* aparecieron después de la quema prescrita indicando que son especies pioneras después de un disturbio como lo es una quema prescrita.

El estrato herbáceo disminuyó en cobertura de copa, antes de la quema prescrita contaba con 67.2 por ciento y después de la quema prescrita se redujo a 47.8 por ciento de cobertura de copa, esto no significa que la diversidad de especies ha disminuido, ni mucho menos la densidad de ind ha⁻¹ de las especies presentes antes de la quema prescrita, esto se debe posiblemente al pastoreo que existe en el área, ya que el ganado prefiere las áreas con rebrotes para pastar.

También existen efectos positivos en el control de especies arbustivas, ya que la composición de especies cambió respecto a lo planteado en los objetivos. Por lo tanto la estructura horizontal en el estrato arbustivo disminuyó en densidad de ind ha⁻¹ en un 49.5 por ciento del total, lo cual es un indicador claro que las quemas prescritas combinadas con el método manual reducen significativamente el estrato arbustivo.

Las especies arbustivas como: *Condalia warnockii*, *Krameria* sp., *Manfreda longiflora* y *Opuntia lindheimeri* tienen gran capacidad de rebrote mientras que *Acacia greggii*,

Condalia spathulata, *Ephedra compacta*, *Mimosa aculeaticarpa* tienen una capacidad limitada para rebrotar, ya que su efectividad de rebrote está por debajo del 50 por ciento mientras que *Mirabilis* sp., y *Parthenium argentatum* aparecieron indicando que son especies pioneras después de la quema prescrita.

El estrato arbustivo disminuyó en cobertura de copa, antes de la quema prescrita contaba con 7.6 por ciento de cobertura y después de la quema prescrita se redujo a 2.4 por ciento, esto no significa que la diversidad de especies disminuyó, pero si la densidad de las especies presentes antes de la quema prescrita.

El matorral micrófilo evaluado ocho meses después de la quema prescrita, el estrato herbáceo estructuralmente se benefició en diversidad de especies y en densidad de ind ha⁻¹, mientras que el estrato arbustivo se redujo en densidad ind ha⁻¹ pero aumentó la diversidad de especies.

Con los resultados obtenidos, mediante el índice de diversidad vegetal y el análisis estadístico realizado con la prueba de G y X^2 , se rechaza la hipótesis H_0 y se acepta H_a : La composición de especies en el área antes de la quema prescrita combinada con el método manual, es diferente a la composición de especies en el área después de la quema prescrita combinada con el método manual.

7 RECOMENDACIONES

Es conveniente continuar con evaluaciones en el área de estudio, debido que la diversidad cambia dependiendo del tiempo transcurrido después de la quema prescrita.

Para futuras evaluaciones en la misma unidad de quema prescrita, debe considerarse el presente trabajo para que la quema prescrita se realice en la misma época del año, y así evaluar los efectos positivos y comparar los resultados con el presente trabajo.

Se debe cercar el área para que los resultados de los próximos trabajos de investigación no se vean influenciados por el pastoreo, ya que se reducen las especies comestibles por el ganado.

Continuar realizando quemas prescritas con el objetivo de mantener el área o mejorarla, controlando las especies arbustivas y favoreciendo el estrato herbáceo y arbóreo, como parte del manejo para lograr objetivos compatibles a mediano plazo.

La reforestación de Zapalinamé requiere de la elaboración y operación de un plan de manejo del fuego que incluya acciones de manejo de combustibles, uso de quemas prescritas, conservación de suelos, manejo de fauna silvestre, aprovechamiento de los árboles, control de plagas y enfermedades, en sí, un plan de manejo de sus recursos.

Realizar estudios sobre ecología y efectos del fuego en diferentes unidades de quema prescrita para comparar resultados y fortalecer la toma de decisiones del manejo de la reforestación de Zapalinamé.

Los resultados obtenidos de la presente investigación se deben complementar con futuras investigaciones y evaluaciones que sustenten las bases para el plan de manejo del fuego, por ser considerada un área que presenta ecosistemas mantenidos o dependientes del fuego.

8 LITERATURA CITADA

- Àgueda, A., Y. Pérez., A. Giménez., E. Pastor., J. Arnaldos y E. Planas. 2004. Les cremes prescrites: una eina per a la investigació en incendis forestals. II Congrés d'Enginyeria en Llengua Catalana. Barcelona. 1-5.
- Alhamad, N. A., M. Alrababah y M. A. Gharaibeh. 2012. Impact of burning and fertilization on dry Mediterranean grassland productivity and diversity. *Acta Ecológica* 40:19-26.
- Alvarado, C.D. 2004. Caracterización de un área incendiada en la Sierra Zapalinamé, Coahuila, México. Tesis profesional de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 85 p.
- Boisvenue, C. y S. W. Running. 2006. Impacts of climate change on natural forest productivity evidence since the middle of the 20th century. *Global Change Biology* 12(5):862–882.
- Brady, A., S. Fuhlendorf., D. Engle y R. D. Elmore. 2011. Ungulate preference for burned patches. Reveals strength of fire–grazing interaction 1:132–144.
- Calabuig, E. L.R., R. Tárrega G., L. Calvo G., L. Valbuena R, y E. P. Marcos. 2001. Fuego y paisaje en áreas de dominio del Roble Rebollo. *Ecosistemas*. España. 10:10p.
- Castillo, A. S., G. Montes C., M.A Romero R., Y. Martínez O., P. Guadarrama C., I. Sánchez G. y O. Núñez C. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. México. 74: 51-75 pp.
- CNA. 2000. Normales climatológicas. Comisión Nacional del Agua. Disponible en: www.smn.cna.gob.mx/observatorios/historica/saltillo.pdf
- CNA. 2013. Precipitación entidad, Coahuila. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/TempsyPrecip/Mensuales/2013Prec.pdf>

CNA. 2014. Precipitación entidad, Coahuila. Disponible en:
<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/TempsyPrecip/Mensuales/2014Prec.pdf>

CONABIO. 2009. Biodiversidad Mexicana. ¿Qué es la biodiversidad? Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en:
http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html

CONABIO.2012. Portal sobre Geo información. Archivo Shape de edafología. Trabajado en Quantum GIS 1.8 Ver. Lisboa. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en:
<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

CONABIO. 2012a. Portal sobre Geo información. Archivo Shape de vegetación. Trabajado en Quantum GIS 1.8 Ver. Lisboa. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en:
<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

CONABIO.2012b. Portal sobre Geo información. Archivo Shape de hidrología. Trabajado en Quantum GIS 1.8 Ver. Lisboa. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en:
<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

CONAFOR.2015.Reporte semanal de resultados de incendios forestales de 2014 del 01 enero al 31 de Diciembre. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México. 7-8 p.

CONANP, CONAFOR, FMCN, USFS, CMF, GIZ. 2012. Guía para la elaboración de programas de manejo del fuego en áreas naturales protegidas y sitios de interés (Guía Rápida). Comisión nacional de áreas naturales protegidas, Comisión Nacional Forestal, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, departamento de agricultura de EUA. Servicio Forestal de EUA. México, agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. USAID, Deutsche gesellschaft für internationale zusammenarbeit (GIZ, cooperación Alemana al Desarrollo). México. 60 pp.

- DOF. 2003. Ley general de desarrollo forestal sustentable. Diario Oficial de la Federación. México, D.F. 10 p.
- DOF. 2009. NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007. Norma oficial mexicana que establece las especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en terrenos de uso agropecuario. Diario Oficial de la Federación. México, D.F. 67 p.
- DOF. 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. México, D.F 78p.
- Encina, D. J.A., F.J. Encina D., E. Mata R., y J. Valdés R. 2008. Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. Sociedad Botánica de México 83:13-24.
- Encina, J.A., S.G. Gómez P. y J. Valdés R. 2012. Composición florística y ecología del matorral submontano de rosáceas de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. Journal of Botanical Research Institute of Texas 6(1): 143-156.
- FAO.1993. Prácticas para el control de la desertificación y el mejoramiento de la producción ganadera. Papel del ganado doméstico en el control de la desertificación. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: www.fao.org/docrep/x5320s/x5320s00.HTM
- FAO.1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. Prácticas culturales para el manejo de malezas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/t1147s/t1147s00.htm#Contents>

- FAO.2001. The global forest resources assessment 2000 main report. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Estudio FAO Montes N° 140. Roma.
- FAO.2006. Papel del ganado doméstico en el control de la desertificación. Sucesión vegetal. Santiago de Chile. Basado en el trabajo de D. Huss. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5320s/x5320s00.htm#Contents>.
- Flores, G. J. G., Rodríguez T. D. A. 2006. Incendio forestales. Definiendo el problema, ecología y manejo, participación social, fortalecimiento de capacidades, educación y divulgación. Ed. Mundi-prensa. México, D.F. 254 p.
- García, E. A. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, adaptado a las condiciones de la República Mexicana. 4ed. corregida y aumentada. México, D. F. 217 p.
- García, M. A. J. 2003. Información taxonómica. *Manfreda longiflora*. Revisión de las Agavaceas. México, D.F. 2 p.
- García, H. J., y E. Jurado. 2008. Caracterización del matorral con condiciones Prístina en Linares Nuevo León. *Ra Ximhai*. 4(1):1-21
- González, M. F. 2004. Las comunidades vegetales de México. Editorial del Deporte Mexicano. Segunda edición. México, D.F. 81 p.
- Huerta, M., M. Francisco., M. García y Edmundo. 2004. Diversidad de especies perennes y su relación con el ambiente en un área semiárida del centro de México: implicaciones para la conservación. *Interciencia*. Venezuela. 29(8):435-441.
- Huston, M. and T. Smith. 1987. Plant succession: life history and competition. *The American Naturalist*. Tennessee, U.S.A. 130(2):168-198.

- INEGI. 2004. Guía para la interpretación de la Carta Edafológica. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, D.F. 27p.
- Kaufmann, M. R., A. Shlisky y B. Kent. 2003. Integrating scientific knowledge into social and economic decisions for ecologically sound fire and restoration management. Proceedings 3rd international Wildland fire conference and exhibition. Sydney, Australia. 11 p. Disponible en: <http://www.fire.uni-freiburg.de/summit-2003/3-IWFC/Papers/3-IWFC-062-Kaufmann.pdf>
- Larry, D. W., C.W. Hanselka. 2001. Quemadas prescritas de pastizales en Texas. Agricultural Communications, Sistema Universitario Texas A&M. Traducción: Eduardo A. Gonzáles V. INIFAP-SAGARPA, México 11 p.
- Marroquín, J.S. 1976. Vegetación y florística del noreste de México. Aspectos sinecológicos en Coahuila. Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural. 36:69–101.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España. 84 p.
- Mostacedo, B. y T. Fredericksen S. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Santa Cruz, Bolivia. 87 p.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons. Inc. Nueva York. USA. 547 p.
- Myers, L., R. 2006. Convivir con el fuego. Manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el manejo integral del fuego. Iniciativa global para el manejo del fuego. Tallahassee, USA. 36 p.
- Papió, C. 1988. Respuesta al fuego de las principales especies de la vegetación de Garraf (Barcelona). Orsis3:87-103.
- POEC. 2006. Ley Forestal del Estado de Coahuila de Zaragoza. Periódico Oficial del Estado de Coahuila. Saltillo, Coahuila. 40 p.

- POEC. 2006a. Decreto por el que se establecen en el estado de Coahuila zonas de veda para el uso de fuego. Periódico Oficial del Estado de Coahuila. Saltillo, Coahuila. 1 p.
- POGC. 1996. Decreto de la Sierra de Zapalinamé como área natural protegida, con carácter de zona sujeta a conservación ecológica. Periódico Oficial del Gobierno de Coahuila. No. 83. Saltillo, Coahuila. 69-75.
- PROFAUNA. 2008. Programa operativo de manejo de la sierra Zapalinamé 2008–2012. Protección de la Fauna Mexicana A.C. Saltillo, Coahuila. 120 p.
- Quevedo, F.R. 2011. La prueba de ji-cuadrado. Medwave 11(12):1-4. Disponible en: <http://www.medwave.cl/link/Medwave/Series/MBE04/5266>
- Ricklefs, E., R., G. L. Miller. 1999. Ecology. Fourth edition. Editor Freeman, Nueva York department of biology, University of Mississippi. 822 p.
- Rodríguez, T. A. D. 1996. Incendios forestales. Ed.Mundi-Prensa. México D.F 630 p.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Botánica Mexicana. 14:3-21.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra edición digital. Comisión para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México. 504 p.
- Santos, F.B., J.M. Gutiérrez G., R.T. Mares G. 1992. Efectos de la quema, corte, arranque, abandono o pastoreo del matorral de escoba blanca (*Cytisus multiflorus*) sobre la producción y estructura de la comunidad herbácea. Pastos. España. 22(2): 131-146.
- Seefeldt, S., S., M. Germino., K. DiCristina. 2007. Prescribed fires in *Artemisia tridentata* ssp. vaseyana steppe have minor and transient effects on vegetation cover and composition. International association of vegetation science. Applied vegetation science. Texas, U.S.A.10(2): 249-256.

Thomas, D. S. G. 2011. Arid zone geomorphology: process, form and change in drylands. Oxford, Reino Unido: John Wiley & Sons Inc 4-15

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. The Nature Conservancy. Suiza.1-9 p.

Trabaud, L. 1998. Recuperación y regeneración de ecosistemas mediterráneos incendiados. Incendios forestales. España. 7:37-47 p.

Welch T.G. 2000. Brush management methods. Brush management technologies in integrated brush management systems for south Texas: Development and implementation, Texas agricultural experiment station. 71p.

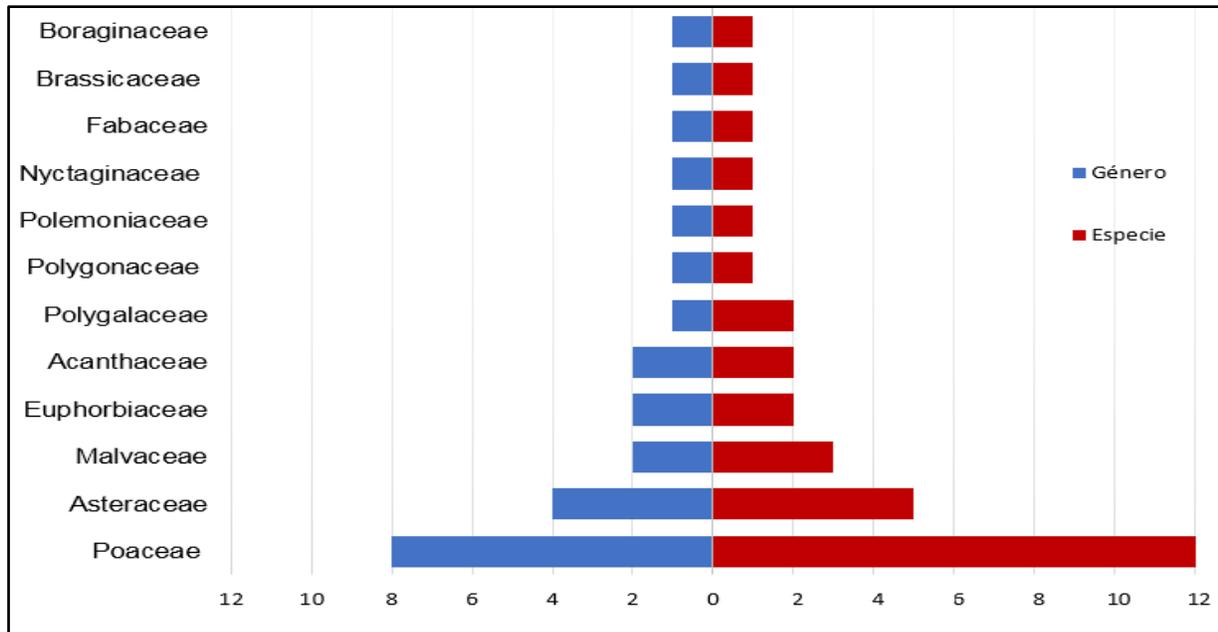
9 ANEXOS

Anexo I. Coordenadas de sitios de muestreo y vértices de la unidad de quema prescrita.

Sitios de muestreo		
Sitio	X	Y
1	295864	2804779
2	295909	2804792
3	295868	2804720
4	295877	2804753
5	295841	2804746
Vértices de la unidad de quema		
Número	X	Y
1	295926.12	2804813.85
2	295963.26	2804723.08
3	295863.87	2804705.39
4	295828.67	2804797.41

Anexo II. Listado florístico del estrato herbáceo del matorral micrófilo antes de la quema prescrita.

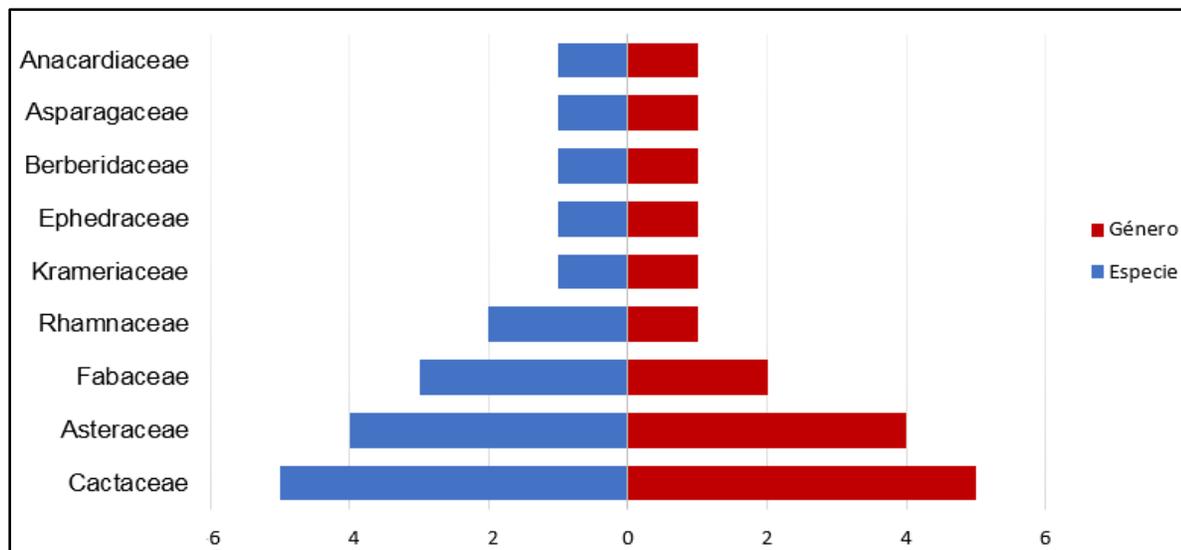
Familia	Género	Especie	Autor
Acanthaceae	<i>Dyschoriste</i>	<i>linearis</i>	(Torr. & A. Gray) Kuntze
	<i>Siphonoglossa</i>	<i>pilosella</i>	(Nees) Torr.
Asteraceae	<i>Dyssodia</i>	<i>acerosa</i>	DC.
	<i>Dyssodia</i>	<i>pinnata</i>	(Cav.) B.L. Rob.
	<i>Parthenium</i>	<i>confertum</i>	A. Gray
	<i>Sanvitalia</i>	<i>procumbens</i>	Lam.
	<i>Thymophylla</i>	<i>setifolia</i>	Lag.
Boraginaceae	<i>Tiquilia</i>	<i>canescens</i>	(A. DC.) A.T. Richardson
	<i>Lesquerella</i>	<i>fendleri</i>	(A. Gray) S. Watson
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>dioicus</i>	Willd.
	<i>Euphorbia</i>	<i>dentata</i>	Michx.
Fabaceae	<i>Rhynchosia</i>	<i>senna</i>	Gillies ex Hook.
Malvaceae	<i>Ayenia</i>	<i>microphylla</i>	A. Gray
	<i>Sida</i>	<i>abutifolia</i>	Mill.
	<i>Sida</i>	<i>spinosa</i>	L.
Nyctaginaceae	<i>Allionia</i>	<i>incarnata</i>	L.
Poaceae	<i>Aristida</i>	<i>adscensionis</i>	L.
	<i>Aristida</i>	<i>curvifolia</i>	E. Fourn.
	<i>Aristida</i>	<i>purpurea</i>	Nutt.
	<i>Bouteloua</i>	<i>curtipendula</i>	(Michx.) Torr.
	<i>Bouteloua</i>	<i>uniflora</i>	Vasey
	<i>Digitaria</i>	<i>ciliaris</i>	(Retz.) Pers.
	<i>Erioneuron</i>	<i>avenaceum</i>	(Kunth) Tateoka
	<i>Panicum</i>	<i>hallii</i>	Vasey
	<i>Panicum</i>	<i>obtusum</i>	Kunth
	<i>Hilaria</i>	<i>swallenii</i>	Cory
	<i>Leptochloa</i>	<i>dubia</i>	(Kunth) Nees
	<i>Lycurus</i>	<i>phleoides</i>	Kunth
Polemoniaceae	<i>Loeselia</i>	<i>greggii</i>	S. Watson
Polygalaceae	<i>Polygala</i>	<i>lindheimeri</i>	A. Gray
	<i>Polygala</i>	<i>macradenia</i>	A. Gray
Polygonaceae	<i>Eriogonum</i>	<i>atrorubens</i>	Engelm.



Anexo III. Composición florística del estrato herbáceo del matorral micrófilo antes de la quema prescrita.

Anexo IV. Listado florístico del estrato arbustivo del matorral micrófilo antes de la quema prescrita.

Familia	Género	Especie	Autor
Anacardiaceae	<i>Rhus</i>	<i>microphylla</i>	Engelm.
Asparagaceae	<i>Manfreda</i>	<i>longiflora</i>	(Rose) Verh.-Will.
Asteraceae	<i>Ageratina</i>	<i>wrightii</i>	(A. Gray) R.M. King & H. Rob.
	<i>Brickellia</i>	<i>veronicifolia</i>	(Kunth) A. Gray
	<i>Gymnosperma</i>	<i>glutinosum</i>	(Spreng.) Less.
	<i>Gutierrezia</i>	<i>sarothrae</i>	(Pursh) Britton & Rusby
Berberidaceae	<i>Mahonia</i>	<i>trifoliolata</i>	(Moric.) Fedde
Cactaceae	<i>Corynopuntia</i>	<i>schottii</i>	(A. Berger) F.M. Knuth
	<i>Cylindropuntia</i>	<i>leptocaulis</i>	(DC.) F.M. Knuth
	<i>Opuntia</i>	<i>lindheimeri</i>	Engelm.
	<i>Thelocactus</i>	<i>bicolor</i>	(Galeotti ex Pfeiff.) Britton & Rose
	<i>Turbincarpus</i>	<i>beguinii</i>	(L.D. Benson) ZIMMERMAN
Ephedraceae	<i>Ephedra</i>	<i>compacta</i>	Rose
Fabaceae	<i>Acacia</i>	<i>greggii</i>	A. Gray
	<i>Mimosa</i>	<i>biuncifera</i>	Benth.
		<i>aculeaticarpa</i>	Ortega
Krameriaceae	<i>Krameria</i>	<i>sp.</i>	Loefl.
Rhamnaceae	<i>Condalia</i>	<i>spathulata</i>	A. Gray
		<i>warnockii</i>	M.C. Johnst.



Anexo V. Composición florística del estrato arbustivo del matorral micrófilo antes de la quema prescrita.

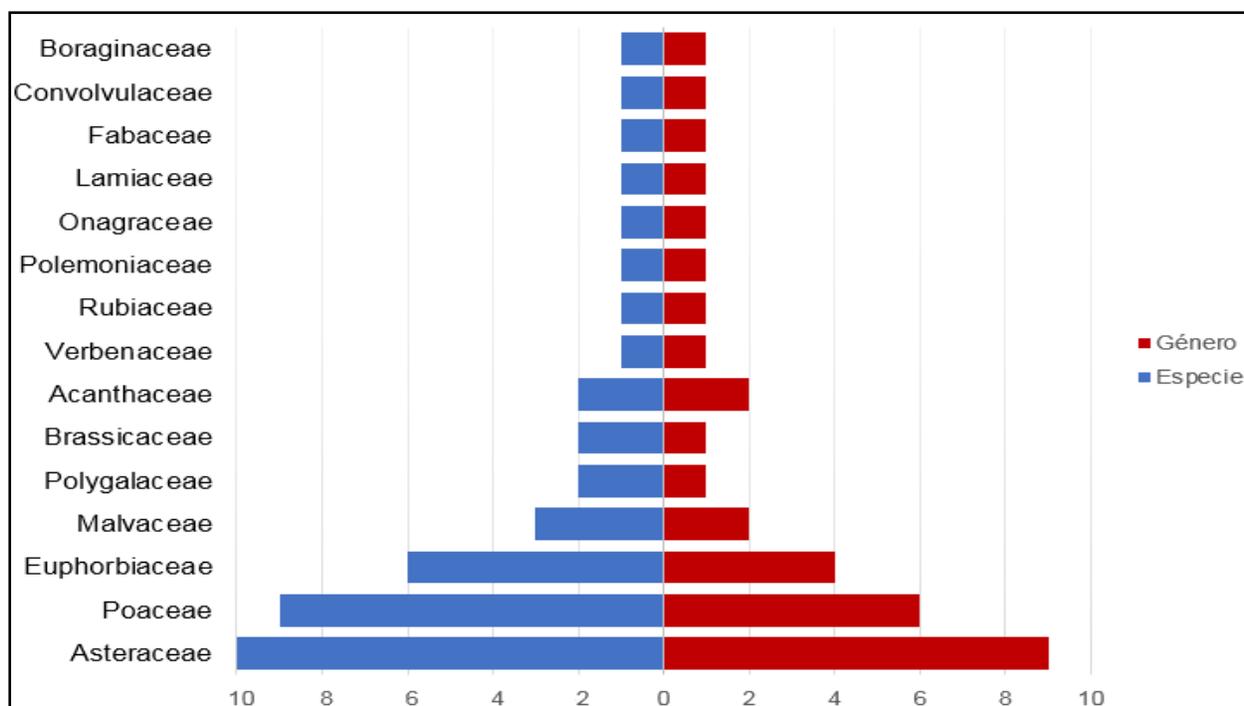
Anexo VI. Atributos estructurales del matorral micrófilo antes de la quema prescrita.

ESTRATO HERBÁCEO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind ha ⁻¹)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp. (%)*
<i>Hilaria swallenii</i>	13.90	17.09	566,000	49.82	8.20	25.04
<i>Polygala lindheimeri</i>	29.50	32.90	42,000	3.70	3.28	13.29
<i>Thymophylla setifolia</i>	64.00	22.02	8,000	0.70	3.28	8.67
<i>Dyssodia acerosa</i>	19.00	6.91	76,000	6.69	6.56	6.72
<i>Aristida purpurea</i>	31.20	5.42	66,000	5.81	8.20	6.47
<i>Croton dioicus</i>	31.50	3.29	60,000	5.28	3.28	3.95
<i>Sida abutifolia</i>	4.17	0.65	44,000	3.87	4.92	3.15
<i>Allionia incarnata</i>	13.50	1.80	28,000	2.46	3.28	2.51
<i>Bouteloua uniflora</i>	15.50	1.20	24,000	2.11	3.28	2.20
<i>Rhynchosia senna</i>	7.00	0.18	16,000	1.41	4.92	2.17
<i>Euphorbia dentata</i>	18.50	0.31	12,000	1.06	4.92	2.10
<i>Bouteloua curtipendula</i>	65.00	1.53	12,000	1.06	3.28	1.96
<i>Leptochloa dubia</i>	31.75	0.67	20,000	1.76	3.28	1.90
<i>Siphonoglossa pilosella</i>	8.00	0.38	22,000	1.94	3.28	1.86
<i>Eriogonum atrorubens</i>	26.00	1.04	6,000	0.53	3.28	1.62
<i>Polygala macradenia</i>	7.00	0.13	8,000	0.70	3.28	1.37
<i>Panicum hallii</i>	32.67	0.43	22,000	1.94	1.64	1.33
<i>Tiquilia canescens</i>	8.50	0.25	4,000	0.35	3.28	1.29
Otras (13)	19.85	3.81	100,000	8.80	24.59	12.40
ESTRATO ARBUSTIVO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind ha ⁻¹)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp. (%)*
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	45.17	21.80	18,540	57.76	13.51	31.02
<i>Acacia greggii</i>	72.50	45.47	3,620	11.28	13.51	23.42
<i>Brickellia veronicifolia</i>	48.00	4.34	1,400	4.36	13.51	7.41
<i>Ephedra compacta</i>	15.00	0.55	4,620	14.39	2.70	5.88
<i>Mimosa biuncifera</i>	92.00	8.21	520	1.62	2.70	4.18
<i>Condalia spathulata</i>	56.50	5.28	240	0.75	5.41	3.81
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	59.50	4.87	140	0.44	5.41	3.57
<i>Condalia warnockii</i>	103.00	5.65	680	2.12	2.70	3.49
<i>Gutierrezia sarothrae</i>	26.50	1.78	1,040	3.24	5.41	3.47
<i>Mahonia trifoliolata</i>	65.50	0.77	360	1.12	5.41	2.43
<i>Corynopuntia schottii</i>	20.00	0.41	180	0.56	5.41	2.12
<i>Opuntia lindheimeri</i>	27.50	0.34	80	0.25	5.41	2.00
<i>Manfreda longiflora</i>	68.00	0.23	220	0.69	2.70	1.21
<i>Turbinicarpus beguinii</i>	10.00	0.01	160	0.50	2.70	1.07
Otras (5)	29.00	0.32	300	0.93	13.51	4.92

*Valor de importancia: Dom Rel.+Dens Rel.+Frec rel./3

Anexo VII. Listado florístico del estrato herbáceo del matorral micrófilo después de la quema prescrita.

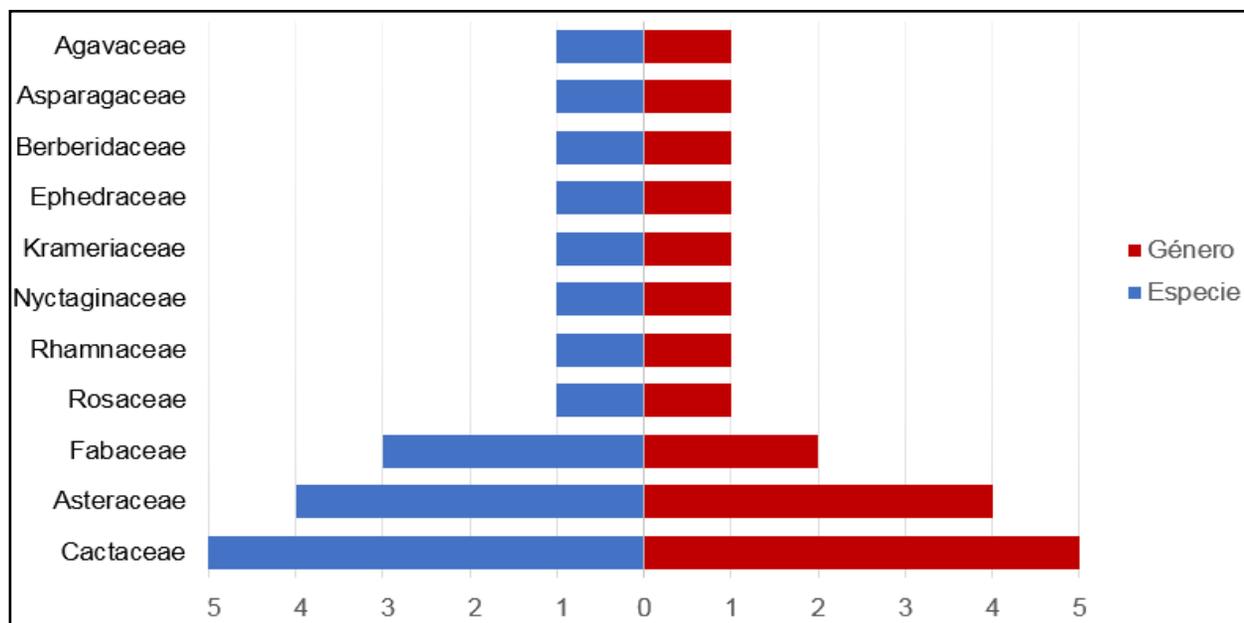
Familia	Género	Especie	Autor
Acanthaceae	<i>Dyschoriste</i>	<i>linearis</i>	(Torr. & A. Gray) Kuntze
	<i>Siphonoglossa</i>	<i>pilosella</i>	(Nees) Torr.
Asteraceae	<i>Ageratum</i>	<i>corymbosum</i>	Zuccagni ex Pers.
	<i>Bahia</i>	<i>absinthifolia</i>	Benth.
	<i>Dyssodia</i>	<i>acerosa</i>	DC.
		<i>papposa</i>	(Vent.) Hitchc.
	<i>Fleischmannia</i>	<i>pycnocephala</i>	(Less.) R.M. King & H. Rob.
	<i>Sanvitalia</i>	<i>ocymoides</i>	DC.
	<i>Thymophylla</i>	<i>setifolia</i>	Lag.
	<i>Zexmenia</i>	<i>brevifolia</i>	A. Gray
	<i>Zinnia</i>	<i>acerosa</i>	(DC.) A. Gray
<i>Gnaphalium</i>	<i>semiamplexicaule</i>	DC.	
Boraginaceae	<i>Lithospermum</i>	<i>incisum</i>	Lehm.
Brassicaceae	<i>Lesquerella</i>	<i>argyrea</i>	(A. Gray) S. Watson
		<i>fendleri</i>	(A. Gray) S. Watson
Convolvulaceae	<i>Evolvulus</i>	<i>alsinoides</i>	(L.) L.
Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i>	<i>monostachya</i>	(Benth) Cav.
	<i>Argythamnia</i>	<i>humilis</i>	(Engelm. & A. Gray) Müll. Arg.
	<i>Croton</i>	<i>dioicus</i>	Willd.
	<i>Euphorbia</i>	<i>dentata</i>	Michx.
		<i>nutans</i>	Lag.
		<i>villifera</i>	Scheele
Fabaceae	<i>Rhynchosia</i>	<i>senna</i>	Gillies ex Hook.
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>reflexa</i>	Hornem.
Malvaceae	<i>Ayenia</i>	<i>microphylla</i>	A. Gray
	<i>Sida</i>	<i>abutifolia</i>	Mill.
		<i>spinosa</i>	L.
Onagraceae	<i>Calylophus</i>	<i>hartwegii</i>	(Benth.) P.H. Raven
Poaceae	<i>Aristida</i>	<i>adscensionis</i>	L.
		<i>curvifolia</i>	E. Fourn.
		<i>purpurea</i>	Nutt.
	<i>Bouteloua</i>	<i>curtipendula</i>	(Michx.) Torr.
		<i>uniflora</i>	Vasey
	<i>Erioneuron</i>	<i>avenaceum</i>	(Kunth) Tateoka
	<i>Panicum</i>	<i>hallii</i>	Vasey
	<i>Hilaria</i>	<i>swallenii</i>	Cory
<i>Leptochloa</i>	<i>dubia</i>	(Kunth) Nees	
Polemoniaceae	<i>Loeselia</i>	<i>greggii</i>	S. Watson
Polygalaceae	<i>Polygala</i>	<i>lindheimeri</i>	A. Gray
		<i>macradenia</i>	A. Gray
Rubiaceae	<i>Bouvardia</i>	<i>ternifolia</i>	(Cav.) Schtdl.
Verbenaceae	<i>Verbena</i>	<i>canescens</i>	Kunth



Anexo VIII. Composición florística del estrato herbáceo del matorral micrófilo después de la quema prescrita.

Anexo IX. Listado florístico del estrato arbustivo del matorral micrófilo después de la quema prescrita.

Familia	Género	Especie	Autor
Agavaceae	<i>Agave</i>	<i>scabra</i>	Ortega
Asparagaceae	<i>Manfreda</i>	<i>longiflora</i>	(Rose) Verh.-Will.
Asteraceae	<i>Ageratina</i>	<i>wrightii</i>	(A. Gray) R.M. King & H. Rob.
	<i>Brickellia</i>	<i>veronicifolia</i>	(Kunth) A. Gray
	<i>Parthenium</i>	<i>argentatum</i>	A. Gray
	<i>Gutierrezia</i>	<i>sarothrae</i>	(Pursh) Britton & Rusby
Berberidaceae	<i>Mahonia</i>	<i>trifoliolata</i>	(Moric.) Fedde
Cactaceae	<i>Corynopuntia</i>	<i>schottii</i>	(A. Berger) F.M. Knuth
	<i>Cylindropuntia</i>	<i>leptocaulis</i>	(DC.) F.M. Knuth
	<i>Opuntia</i>	<i>lindheimeri</i>	Engelm.
	<i>Thelocactus</i>	<i>bicolor</i>	(Galeotti ex Pfeiff.) Britton & Rose
	<i>Turbinicarpus</i>	<i>beguinii</i>	(L.D. Benson) ZIMMERMAN
Ephedraceae	<i>Ephedra</i>	<i>compacta</i>	Rose
Fabaceae	<i>Acacia</i>	<i>greggii</i>	A. Gray
	<i>Mimosa</i>	<i>biuncifera</i>	Benth.
		<i>aculeaticarpa</i>	Ortega
Krameriaceae	<i>Krameria</i>	<i>sp.</i>	Loefl.
Nyctaginaceae	<i>Mirabilis</i>	<i>sp.</i>	L.
Rhamnaceae	<i>Condalia</i>	<i>warnockii</i>	M.C. Johnst.
Rosaceae	<i>Amelanchier</i>	<i>denticulata</i>	(Kunth) K. Koch



Anexo X. Composición florística del estrato arbustivo del matorral micrófilo después de la quema prescrita.

Anexo XI. Atributos estructurales del matorral micrófilo después de la quema prescrita.

ESTRATO HERBÁCEO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (indha ⁻¹)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp. (%)*
<i>Croton dioicus</i>	20.00	38.72	154,000	13.39	5.80	19.30
<i>Hilaria swallenii</i>	15.20	6.47	302,000	26.26	7.25	13.33
<i>Aristida purpurea</i>	48.75	16.25	50,000	4.35	5.80	8.80
<i>Dyssodia acerosa</i>	26.60	4.46	74,000	6.43	7.25	6.05
<i>Siphonoglossa pilosella</i>	8.50	2.57	90,000	7.83	2.90	4.43
<i>Aristida curvifolia</i>	39.00	6.01	20,000	1.74	1.45	3.07
<i>Gnaphalium semiamplexicaule</i>	30.00	1.37	68,000	5.91	1.45	2.91
<i>Sanvitalia ocymoides</i>	10.00	2.26	50,000	4.35	1.45	2.69
<i>Euphorbia dentata</i>	15.50	0.24	16,000	1.39	5.80	2.47
<i>Bouteloua curtipendula</i>	80.00	3.67	20,000	1.74	1.45	2.29
<i>Bouteloua uniflora</i>	30.33	0.50	22,000	1.91	4.35	2.25
<i>Sida abutifolia</i>	5.00	1.45	22,000	1.91	2.90	2.09
<i>Ageratum corymbosum</i>	30.00	4.45	4,000	0.35	1.45	2.08
<i>Acalypha monostachya</i>	9.00	0.93	26,000	2.26	2.90	2.03
<i>Polygala macradenia</i>	12.75	1.26	22,000	1.91	2.90	2.02
<i>Calylophus hartwegii</i>	13.00	1.48	34,000	2.96	1.45	1.96
<i>Dyschoriste linearis</i>	5.33	0.05	10,000	0.87	4.35	1.76
<i>Zexmenia brevifolia</i>	32.00	2.50	6,000	0.52	1.45	1.49

<i>Sida spinosa</i>	18.00	0.51	12,000	1.04	2.90	1.48
<i>Rhynchosia senna</i>	29.50	0.78	22,000	1.91	1.45	1.38
Otras (22)	18.61	4.10	126,000	10.96	33.33	16.13
ESTRATO ARBUSTIVO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind ha⁻¹)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp. (%)*
<i>Acacia greggii</i>	33.60	54.25	2,400	14.81	13.51	27.53
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	36.00	15.21	6,820	42.10	10.81	22.71
<i>Gutierrezia sarothrae</i>	24.67	7.18	1,020	6.30	8.11	7.19
<i>Ephedra compacta</i>	15.50	1.10	1,820	11.23	5.41	5.91
<i>Condalia warnockii</i>	30.00	4.97	1,100	6.79	2.70	4.82
<i>Mimosa biuncifera</i>	50.00	9.27	280	1.73	2.70	4.57
<i>Brickellia veronicifolia</i>	38.33	1.67	320	1.98	8.11	3.92
<i>Parthenium argentatum</i>	42.50	1.65	440	2.72	5.41	3.26
<i>Opuntia lindheimeri</i>	24.50	1.43	240	1.48	5.41	2.77
<i>Manfreda longiflora</i>	68.00	1.36	520	3.21	2.70	2.42
<i>Turbinicarpus beguinii</i>	6.25	0.13	180	1.11	5.41	2.21
<i>Mahonia trifoliolata</i>	17.50	0.18	160	0.99	5.41	2.19
<i>Mirabilis sp.</i>	35.50	0.29	100	0.62	5.41	2.10
<i>Krameria sp.</i>	8.00	0.10	280	1.73	2.70	1.51
<i>Corynopuntia schottii</i>	13.00	0.45	220	1.36	2.70	1.50
<i>Amelanchier denticulata</i>	110.0	0.56	20	0.12	2.70	1.13
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	19.00	0.04	80	0.49	2.70	1.08
<i>Agave scabra</i>	5.00	0.03	80	0.49	2.70	1.08
<i>Thelocactus bicolor</i>	6.33	0.03	80	0.49	2.70	1.08
<i>Ageratina calophylla</i>	32.00	0.10	40	0.25	2.70	1.02
*Valor de importancia: Dom Rel. + Dens Rel.+ Frec Rel./3						