

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Efecto de Quema Prescrita en la Composición y Estructura del Pastizal Halófilo en
el Valle de Cuatrociénegas, Coahuila

Por:

MAYNOR MORALES ROBLERO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Efecto de Quema prescrita en la Composición y Estructura del Pastizal Halófilo en
el Valle de Cuatrociénegas, Coahuila

Por:

MAYNOR MORALES ROBLERO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada



M.C. Andrés Najera Díaz

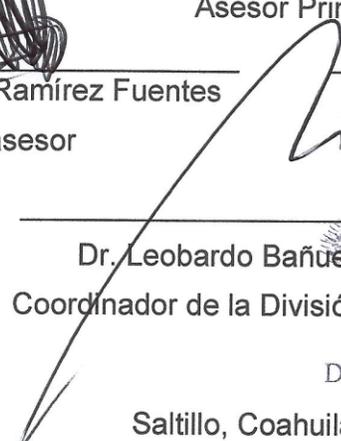
Asesor Principal


Dra. Gabriela Ramírez Fuentes

Coasesor


Ing. Adin Helber Velázquez Pérez

Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2015

DEDICATORIAS

A mis padres Miguel Ángel Morales Pérez, por sus palabras que nos motiva siempre a seguir adelante y alcanzar los objetivos que hemos deseado, mi madre Delfina Roblero Gómez, por consentirnos siempre con cada una de sus palabras y que se manifiesta en el anhelo de ver mis sueños realizar.

A mis abuelos, Gumersindo Morales y Rosalía Pérez, por sus manifestaciones de cariño y afecto.

A mis hermanos Leydi, Rubiel, Julio Cesar, Miguel Ángel, Uriel, Fernando, Edilio, Patricia, por su cariño y amistad, porque aparte de ser hermanos son grandes amigos con los que se puede compartir tristezas pero sobre todo sus sonrisas que alegran el alma.

A mis amigos Juan Hernández Ramos y Juan Carlos Hernández Castro porque me hicieron ver que un buen consejo de amigo está por encima de cualquier cosa.

A mi novia, Maysceli López por su paciencia y apoyo, además por formar parte de esa motivación y pasión que hace posible los sueños se realicen.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme vivir este sueño de terminar una carrera profesional, rodearme de personas tan importantes que han hecho posible esta proeza, pero sobre todo de colmarme de buena salud.

A mi Alma Terra Mater por brindarme los conocimientos a través de sus profesores y con ello formarme como profesional forestal.

A los profesores y personal del Departamento Forestal, que fueron las personas que mayores atribuciones y conocimientos brindaron a mi persona en el ámbito de la Forestería.

Al M.C. Andrés Nájera Díaz por las aportaciones, revisiones que ayudaron a culminar este trabajo, además de sus sabios consejos encaminados a mi formación de mi carácter.

Al Ing. Adín Helber Velázquez Pérez por su paciencia y tiempo destinado a la revisión de mi trabajo de tesis, así como su apoyo en la toma de datos de campo.

A la Dra. Gabriela por su apoyo en la revisión de este trabajo

Al M.C Héctor Darío González López, por su amistad y consejos encaminados a seguir adelante.

Al M.C Juan Encina Domínguez por su valioso apoyo en la identificación taxonómica del material botánico.

A los compañeros tesistas, Alex Gómez Quiróz, Yesenia Huerta Aguilar y Marcos Rivera Guillen, por su amistad y colaboración en la toma de datos.

A los compañeros Leticia Jiménez y Marino García del Equipo de Manejo de Combustibles de la Universidad (EMC-AN) por su valioso apoyo y colaboración en la toma de datos de campo.

A las brigadas combatientes que apoyaron la realización de la quema prescrita.

Al personal de PRONATURA por el apoyo y los permisos necesarios para llevar a cabo este trabajo.

Al Ing. Vicente Martínez Oranday y a los compañeros del equipo de Taekwondo de la Universidad por su amistad y apoyo brindado durante estos años de estancia en la Universidad.

A los compañeros y amigos de la generación que hicieron que las clases, tareas y prácticas de campo fueran amenas.

Gracias por todo.....

ÍNDICE

	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Importancia del tema	1
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo general	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
1.3 Hipótesis	5
II REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Definiciones y conceptos.....	6
2.1.1 Quema controlada	6
2.1.2 Quema prescrita.....	6
2.1.3 Manejo del fuego.....	6
2.1.5 Prescripción.....	7
2.1.6 Unidad de quema.....	7
2.1.7 Combustible.....	7
2.1.8 Plan de quema prescrita	7
2.1.9 Pronóstico de comportamiento del fuego	8
2.2 Ecología del fuego	8
2.3 Manejo del fuego.....	10
2.4 Regímenes del fuego.....	11
2.5 Los ecosistemas y su relación con el fuego	12
2.6 Efectos del fuego sobre la vegetación	14
2.7 Diversidad Biológica	14
2.8 Plan de manejo del fuego en áreas naturales protegidas y sitios de interés	15
2.9 Normatividad aplicable al uso del fuego	16
2.10 Trabajos afines del uso del fuego sobre la vegetación	18
III MATERIALES Y MÉTODOS	20

3.1 Localización del área de estudio	20
3.2 Descripción del área de estudio	22
3.2.1 Clima	22
3.2.2 Temperatura.....	22
3.2.3 Precipitación.....	22
3.2.4 Hidrología	22
3.2.5 Geología	23
3.2.6 Edafología.....	23
3.2.7 Vegetación.....	23
3.2.7.1 Vegetación halófila	24
3.2.7.2 Matorral.....	24
3.3 METODOLOGÍA.....	25
3.3.2 Análisis de la información.....	28
3.3.3 Análisis estadístico	30
IV RESULTADOS.....	31
4.1 Composición de especies antes de la Quema Prescrita	31
4.1.1 Estructura de la vegetación antes de la quema	31
4.2 Composición florística después de la quema prescrita	32
4.2.1 Estructura de la vegetación después de la quema prescrita	32
4.3 Índices de diversidad vegetal antes y después de la quema prescrita	33
4.4 Análisis estadístico	33
4.5 Composición del estrato herbáceo antes y después de quema prescrita	34
4.6 Composición del estrato arbustivo antes y después de quema prescrita.....	34
V DISCUSIÓN	36
VI CONCLUSIONES.....	39
VII RECOMENDACIONES	41
VIII LITERATURA CITADA	42
ANEXOS	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Índice de diversidad vegetal del estrato herbáceo y arbustivo antes y después de quema prescrita.	33
Cuadro 2. Especies herbáceas con grado de significancia antes y después de quema prescrita.....	34
Cuadro 3. Especies arbustivas con grado de significancia antes y después de quema prescrita.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.	21
Figura 2. Distribución de los sitios de muestreo en el área de estudio.....	26
Figura 3. Levantamiento de datos en campo.	27
Figura 4. Área con quema y sin quema prescrita.	28

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el valle de Cuatrociénegas, dentro del Rancho San Pablo Pozas Azules, con el objetivo de evaluar el efecto de quema prescrita en la composición y estructura del pastizal halófilo, la superficie de la unidad de quema fue de una hectárea, estableciendo 10 sitios de muestreo. Se comparó los resultados de la composición y estructura de la vegetación a 5 meses después de la quema prescrita, los datos de campo se tomaron antes y después de la quema. Se utilizó un diseño de muestreo al azar, las variables evaluadas fueron: diámetro de copa y altura promedio por especie del estrato herbáceo y arbustivo, la toma de datos para estrato herbáceo se realizó mediante el método del cuadrado (1m^2) y para la vegetación arbustiva se utilizaron sitios circulares de 100 m^2 . Se determinó los atributos de la vegetación, valor de importancia por especie e índice de diversidad de Shannon-Wiener para comparar la diversidad de especies antes y después de la quema. Se utilizaron las pruebas G y χ^2 como prueba de hipótesis a un 95 por ciento de confiabilidad y 5 por ciento de error. Los resultados del índice de diversidad indican que el estrato herbáceo antes de la quema (1.28 bits) es de mayor diversidad respecto a después de la quema (1.15 bits). El estrato arbustivo presenta mayor diversidad después de la quema prescrita (1.66 bits) superando al valor obtenido antes de la quema (1.47 bits). Sin embargo, estructuralmente el pastizal halófilo se ha visto beneficiado principalmente en especies como *Sporobolus airoides* y *Euphorbia astyla* al aumentar el número de individuos por hectárea. En el estrato Arbustivo, *Sartwellia mexicana* y *Eustoma exaltatum* se han visto beneficiados aumentando el número de individuos por hectárea, lo que demuestra que las quemas prescritas son una herramienta elemental en la conservación del pastizal halófilo. La prueba de hipótesis demuestra que existen diferencias significativas en composición antes y después de la quema, lo cual hace que se acepta la hipótesis alterna.

Palabras clave: quemas prescritas, estructura, composición, Cuatrociénegas, índice de diversidad.

ABSTRACT

This work was done in the Valley of Cuatrociénegas, at the Rancho San Pablo Pozas Azules, in order to evaluate the effect of prescribed burning in the composition and structure of halófilo pasture, the surface of the burning unit was one hectare, establishing 10 sampling sites. The results of the composition and structure of vegetation compared to five months after the prescribed burning, field data were taken before and after burning. Design random sampling was used, the variables were: average crown diameter and height of the herbaceous species and shrub layer, data collection for herbaceous layer was accomplished by the method of the square (1m²) and the bush 100 m² circular sites were used. The attributes of vegetation by species importance value index and Shannon-Wiener diversity were determined to compare species diversity before and after burning. Tests G and χ^2 was used as a hypothesis test to 95 percent reliability and 5 percent error. The diversity index results indicate that the herbaceous layer before burning (1.28 bits) is greater diversity regarding after burning (1.15 bits). The shrub layer shows greater diversity after prescribed burning (1.66 bits) exceeding the value obtained before burning (1.47 bits). However, structurally the pasture is halófilo has been benefited mainly in species like *Euphorbia astyla* *Sporobolus airoides* and *Eustoma exaltatum*, has been benefited increasing the number of individuals per hectare. In the Shrub stratum, Mexican *Sartwellia* and *Eustoma exaltatum* have been benefited by increasing the number of individuals per hectare, which proves that prescribed fire is a basic tool in the conservation of grassland halófilo. The hypothesis test shows that there are significant differences in composition before and after burning, which makes the alternative hypothesis is accepted.

Key words: prescribed burning, structure, composition, Cuatrociénegas, diversity index.

I INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del tema

Durante miles de años, las comunidades humanas se han beneficiado del fuego y de la quema de vegetación y de biomasa como combustible, usándolo para cocinar, proveer calor, cultivar, manejar la vegetación y producir energía, siendo hasta hace 20,000 años cuando sus técnicas y conocimientos en el uso del fuego les permitieron manejarlo como una herramienta principalmente en la guerra y la caza (TNC, 2004).

El fuego es uno de los elementos naturales que ha influido en las comunidades vegetales a lo largo del tiempo, formando parte del ecosistema como una perturbación o disturbio que ha ocasionado una pérdida de individuos o biomasa, siendo la más evidente la liberación del espacio físico, estableciendo nuevas relaciones entre los organismos que sobreviven o que acceden al área perturbada (FAO, 2002). Después de la presencia del fuego se produce un proceso de recuperación del ecosistema, el cual se mide en términos de resiliencia o velocidad a la que el ecosistema alcanza los parámetros anteriores a la perturbación (Lloret, 2004). Lo que origina adaptaciones que los individuos presentan en relación al papel del fuego (Myers, 2006).

Rodríguez *et al.* (2002) y la FAO (2007) concuerdan que en muchas partes del mundo el fuego programado o prescrito está incluido como un componente de la prevención de incendios, tiene muchos beneficios para la sostenibilidad, mantenimiento y restauración de los ecosistemas, con el fin de resaltar la función que desempeña el fuego en el mantenimiento y restauración de los ecosistemas. Las quemas prescritas se deben de aplicar con cierta técnica y época del año que permita una maximización de los beneficios y una minimización de los impactos negativos, es aquí donde sobresale la importancia de la investigación en materia de ecología y manejo del fuego.

En México, la CONAFOR, (2003) menciona a 1998 como uno de los años cuando se presentaron 10,942 incendios que afectaron una superficie de 518,265

hectáreas. Por su parte, Juárez y Cano (2007) afirman que México ocupa el octavo lugar entre los países que afectan sus bosques por causa de los incendios. En el año 2011, Coahuila fue el Estado con mayor superficie afectada con 424,540 ha.

En México, hay pocos estudios acerca del papel del fuego en los ecosistemas, de allí la importancia de hacer investigaciones sobre los efectos del fuego para fortalecer la toma de decisiones y mejorar la conservación protección de nuestros recursos naturales y enfrentar el problema de su manejo, conociendo la relación de los ecosistemas mantenidos por el fuego y en cuales aplicar quemas controladas, aunque lo ideal sería el manejo adecuado de los incendios en los ecosistemas mantenidos por el fuego y de esa forma proteger los ecosistemas terrestres y los servicios ambientales que nos prestan, así como salvaguardar los bienes de la población y evitar pérdidas económicas. Tomando en cuenta que el fuego es destrucción pero también es renovación, lo cual seguirá persistiendo en los ecosistemas terrestres, por ello es fundamental conocer los beneficios y los daños que ocasiona y la capacidad que presenta un ecosistema de recuperarse (resiliencia) (Juárez y Cano, 2007).

En las últimas dos décadas se ha registrado en México la presencia creciente de grandes incendios en áreas protegidas en donde están contenidos ecosistemas sensibles, dependientes influenciados e independientes al fuego (CONANAP, 2011).

El efecto del fuego en la biodiversidad es un tema complejo y controversial que aún está poco estudiado en México, por ello es creciente la necesidad de soluciones sociales y ecológicamente aceptables y sostenibles a los problemas de conservación, esto depende de una comprensión profunda de la dinámica de los ecosistemas y de las acciones humanas, incluyendo el papel del fuego (TNC, 2004).

En México la aplicación de quemas prescritas son pocos porque se desconocen los efectos del fuego en los ecosistemas forestales. Es necesario dejar atrás la

sola prevención y el combate de incendios forestales y aceptar el que siempre tendremos que convivir con el fuego, por ello, es prudente reconocer que es un elemento natural, es aquí donde surge el esquema de llevar a cabo quemas prescritas como una herramienta práctica y económica utilizada en la conservación y mejoramiento del recurso forestal (Flores y Solorio, 1995).

Las quemas prescritas son una herramienta ecológica de manejo que propicia el mejoramiento del hábitat de la vida silvestre, además ayuda a crear espacios para el establecimiento de especies adaptadas al fuego que se encuentran en peligro de extinción, amenazadas o en protección especial. Las quemas prescritas tiene mejores resultados en los ecosistemas que tienen un historial ecológico de fuegos periódicos (DNRWM, 1994).

Uno de los objetivos de las quemas prescritas es disminuir el peligro de incendios, eliminación de matorrales, propiciar el crecimiento de pasto para el ganado, proteger las zonas arboladas, para mejorar el hábitat de la fauna silvestre y la preparación del terreno para la repoblación forestal (Sánchez *et al.*, 2000).

Rodríguez *et. al.*, (2002) mencionan que la vegetación y la fauna silvestre requieren del fuego para su conservación, y que es utilizado por los pobladores de las zonas rurales, por lo tanto, es necesario comenzar a analizar en el cómo podemos manejarlo. La supresión del fuego según Rodríguez (1996) ha implicado la existencia de una mayor biomasa en las comunidades forestales, de modo que los incendios subsecuentes han sido más intensos de los que normalmente hubieran sido.

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) considera dos aspectos fundamentales: reducir los efectos negativos de los incendios provocados por el hombre, como factor clave en los procesos de cambio de uso del suelo y sus consecuencias en la degradación y fragmentación de los ecosistemas; e impulsar el manejo del fuego para optimizar los efectos positivos en la conservación y restauración de las Áreas Naturales Protegidas y la

protección de las comunidades humanas; en un contexto que, estará marcado por el Cambio Climático Global (Méndez, 2009).

El Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas (APFFC) es el humedal más importante dentro del Desierto Chihuahuense en México. Internacionalmente es considerado dentro del convenio para la conservación y uso racional de los humedales, conocido como convención RAMSAR, por lo que se considera como un humedal prioritario en el mundo.

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) lo incluye entre los sitios prioritarios para la conservación. También dentro de la regionalización de Ecoregiones Prioritarias para la Conservación, elaboradas por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), considerado también como un sitio importante dentro de la Ecoregión Desierto Chihuahuense, en el cual subsisten una gran cantidad de especies endémicas, que justifican su decreto y conservación; a pesar de los muchos estudios que se han realizado en esta área, la vegetación es un medio poco estudiado (SEMARNAP, 1999).

La misión de la ecología es analizar la naturaleza del fenómeno y el de los seres humanos de tomar decisiones acorde al medio, estableciendo sus causas y estimando sus consecuencias para los mismos, para proporcionar elementos de juicio para una gestión responsable en un contexto de cambio global (Lloret, 2004).

La respuesta al fuego de un ecosistema se relaciona con la adaptación que presentan las especies a las perturbaciones en general. Estas respuestas son las que requieren ser evaluadas a través de la investigación sobre ecología y manejo del fuego, que permitan tener las bases para el desarrollo de acciones que permitan aplicar quemas prescritas con diferentes objetivos de manejo acorde a los diferentes tipos de vegetación (Paysen, 2000).

Por lo anterior, el presente estudio se realizó con la finalidad de evaluar el efecto de quemas prescritas sobre el pastizal halófilo, mediante la composición florística

y la estructura de la vegetación, para derivar resultados que ayuden a considerar al fuego como una herramienta ecológica en el manejo de los recursos naturales.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del fuego a través de una quema prescrita, en la composición y estructura del pastizal halófilo en el valle de Cuatrociénegas, Coahuila.

1.2.2 Objetivos específicos

- Comparar los resultados de la composición y estructura de la vegetación antes y después de la quema prescrita.
- Obtener información base para la justificación de quemas prescritas para el manejo del pastizal halófilo.

1.3 Hipótesis

Ho:

La composición de especies no varía con la aplicación de una quema prescrita

Ha:

La composición de especies varía al aplicar quema prescrita

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Definiciones y conceptos

Para el desarrollo del presente trabajo se consideraron principalmente los conceptos siguientes:

2.1.1 Quema controlada

Aplicación de fuego en áreas forestales o agropecuarias donde se desconocen las características del combustible, de la topografía y de las condiciones meteorológicas (CONANP-CONAFOR, 2012).

2.1.2 Quema prescrita

FAO (2007), define una quema prescrita, como la aplicación controlada de 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 con ello lograr los objetivos programados de manejo de los recursos, compatibles con el plan de manejo del Área Natural Protegida.

2.1.3 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. Se puede representar el manejo del fuego como un triángulo cuyos lados son: en un lado la prevención, supresión y el uso del fuego, en otro la ecología del fuego y finalmente las necesidades socio-económicas e impactos del fuego; considerando que el termino integral está inmerso en el manejo del fuego (Myers, 2006).

2.1.4 Manejo de incendios

FAO (2007) indica que es el fuego que se enciende como acción de manejo o incendio forestal que se desarrolla dentro de una prescripción, es decir, el fuego se limita a un área predeterminada y produce el comportamiento del fuego y las

características requeridas para lograr el tratamiento prescrito programado del incendio y/o los objetivos del manejo de los recursos.

2.1.5 Prescripción

Es un Informe escrito que define los objetivos a lograr, las condiciones de temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, humedad relativa del combustible y humedad del suelo, bajo las cuales se permite prender fuego. Una prescripción expresa los intervalos de condiciones aceptables de los elementos de prescripción y el límite del área geográfica considerada (FAO, 2007).

2.1.6 Unidad de quema

DOF (2009) determina como unidad de quema, el área de recursos naturales en la que se busca conseguir objetivos específicos de manejo y en las que se aplica la quema para favorecer el cumplimiento de dichos objetivos, misma que está definida por las restricciones de manejo, las características topográficas, los accesos, valores a ser protegidos, límites, tipo de combustibles y régimen del fuego dominante.

2.1.7 Combustible

La FAO (2007) lo describe como todo material orgánico vivo y muerto de los bosques y otros tipos de vegetación, incluyendo la biomasa agrícola, herbáceas, ramas, madera e infraestructura de las áreas rurales y urbanas, que generan calor durante el proceso de combustión.

2.1.8 Plan de quema prescrita

Es un documento elaborado por personal calificado, aprobado por personal experto, este instrumento incluye criterios para las condiciones en las que se llevará a cabo la quema (prescripción). El contenido del Plan varía dependiendo de los objetivos (NWCG, 2014).

Es una guía de procedimientos que especifica la preparación de recursos necesarios para conducir una quema, fundamentada en la técnica de ignición,

ubicación del personal y ubicación de brechas cortafuegos, así como un plan de contingencia para en caso de que el fuego se salga de control; procedimiento donde se busca el cumplimiento de los objetivos del plan y la evaluación de las variables meteorológicas antes y durante la quema (velocidad y dirección del viento, temperatura del aire y humedad relativa) y variables de comportamiento del fuego (altura de la llama y velocidad de propagación) (White y Hanselka, 1914).

2.1.9 Pronóstico de comportamiento del fuego

Posible comportamiento del fuego en relación que existe con las condiciones meteorológicas y las técnicas de quema, que están influenciadas por la topografía, combustibles y tiempo atmosférico (White y Hanselka, 1914). Esta predicción es preparada por un analista en comportamiento del fuego, en apoyo a la decisión de supresión y operación de quema prescrita (NWCG, 2014).

Los pronósticos son una herramienta vital en la predicción y comportamiento del fuego en una quema prescrita, para ello es necesario contar con una descripción completa del estado de la atmósfera en el momento inicial (SMN, 2005).

2.2 Ecología del fuego

Rodríguez *et al.*, (2002) menciona que el fuego como un factor ecológico es muy nuevo, incluso para los profesionales forestales, agrónomos y biólogos apenas comenzó a ser aceptado, entendiéndose que si algún día lográsemos verdaderamente erradicar el fuego en los ecosistemas que los requieren, estaríamos atentando a mediano y largo plazo contra la sustentabilidad de los propios ecosistemas y de los recursos que de ellos obtenemos.

El fuego es una perturbación común en diferentes ecosistemas, como los bosques boreales, las sabanas africanas, las praderas templadas, los bosques y matorrales mediterráneos, después de la perturbación se produce un proceso de recuperación del ecosistema, el cual se mide en términos de resiliencia o velocidad a la que el medio alcanza los parámetros anteriores a la perturbación, la regeneración o recuperación de la cubierta vegetal después del paso de un fuego

producirá a partir de las poblaciones de las especies capaces de sobrevivir y volver a crecer tras el fuego, ya sea a partir de semillas que se encuentran en las plantas quemadas o almacenadas en el banco de semillas del suelo. El incremento de recursos proporcionados por el fuego facilita el establecimiento de especies de vida corta (Valladares, 2004).

Trabaud (1998) afirma que son las especies que existían antes del incendio las que se reinstalan y vuelven a conformar las comunidades, donde la mayoría de las especies vegetales que aparecen después del fuego provienen de órganos de supervivencia como rizomas, cepas, bulbos y semillas. La evolución después del fuego de las comunidades está caracterizada por una relativa estabilidad, así como por una adaptación de las especies para soportar las perturbaciones, donde cada especie ha desarrollado diferentes características de supervivencia aparentemente las mejores adaptadas para sus necesidades, que le permiten sobrevivir a las perturbaciones, perpetuarse y mantener las comunidades en las que ella participa.

Acevedo (2010) menciona que el fuego desempeña un papel trascendental en la conservación de la biodiversidad, así como en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, siendo empleado por el hombre desde tiempos ancestrales. Existen algunas fuerzas que influyen en la sucesión, como son las autogénicas, las cuales dependen de la composición de especies y la estructura de la comunidad. Sin embargo, se debe considerar que un ecosistema es una parte de la biósfera, la cual puede ser considerada como una entidad autónoma respecto a los ecosistemas vecinos, cuya estructura y composición puede ser analizada independientemente de sus vecinos. Espinoza *et al.* (2008) señala que la diversidad puede ser incrementada por el fuego en muchos ecosistemas y puede ser reducida por la eliminación del fuego.

Juárez y Cano (2007) aciertan que la prescripción de quemas ligeras y periódicas tienen ligeras ventajas, como la disminución de riesgos para el ser humano, las plantas y los animales, la reducción de la pérdida de suelo, el control de plagas y enfermedades, la eliminación de combustibles, el control de la vegetación

dominante y competitiva, la protección del banco de semillas, el mantenimiento de la biodiversidad, la estimulación de plantas de interés económico y el mejoramiento de la calidad del forraje.

2.3 Manejo del fuego

FAO (2007) menciona que el fuego puede ser bueno para el hábitat, los recursos naturales, al reducir las amenazas proteger los valores culturales, sectores como el agrícola, pecuario y forestal utilizan el fuego como herramienta para aumentar la producción y facilitar el uso del suelo en la agricultura, manejo de los recursos forestales y de la fauna silvestre. Lo mismo ocurre con el uso del fuego para mantener los paisajes tradicionales, culturales o tipos de vegetación.

Flores y Solorio (1995) mencionan que a nivel mundial se han desarrollado las quemadas controladas como una herramienta de apoyo en los planes de manejo forestal. Por ello la CONANP (2011) en las Estrategias y Lineamientos de Manejo del Fuego en Áreas Naturales Protegidas señala que es necesario aceptar que el fuego es un elemento esencial en la naturaleza y de la vida, esto significa que el fuego es susceptible de ser manejado para mejorar la condición de los ecosistemas, los sistemas de producción campesina y servicios ecosistémicos. Rodríguez (2001) señala que dada la doble faz del fuego, no es posible erradicarlo, es necesario manejarlo.

Rodríguez *et al.*, (2002) menciona que en los ecosistemas adaptados al fuego, donde los incendios frecuentes y poco intensos tienen una función ecológica, ahí debemos aplicar el fuego y la forma de hacerlo es a través de quemadas prescritas, en otros casos la exclusión del fuego puede favorecer a tipos de vegetación más valiosos, tal es el caso de las zonas tropicales. Por su parte Valladares (2004) afirma que la visión del fuego como un componente de los ecosistemas naturales es relativamente reciente y coincide con los estudios de los mecanismos de regeneración de la vegetación.

2.4 Regímenes del fuego

De acuerdo con Rodríguez (1996) señala que un régimen de fuego, puede definirse como la manifestación del factor ecológico fuego originado por causas naturales, en un ecosistema forestal a través de cierta frecuencia promedio y su variación, tipo, intensidad, extensión, regularidad o irregularidad de afectación de incendios forestales y época del año en que se presentan. Considerando lo anterior, disturbios como el fuego son un importante factor ecológico, que pueden detener el curso de la sucesión e iniciar o reiniciar una sucesión secundaria o promover una sucesión cíclica.

Los incendios siempre han sido un factor natural muy importante para la configuración del medio ambiente. Presenta una influencia fundamental sobre las características y procesos de los ecosistemas (Spurr y Barnes, 1980).

Sin embargo, FAO (2007) indica que es necesario considerar cuidadosamente los efectos de un régimen apropiado de incendios o en su caso de quemas controladas para el manejo de un determinado ecosistema, dado que el uso inapropiado del fuego, con frecuencia e intensidades alteradas puede ocasionar la pérdida de especies vegetales, al cambio o reducción de la estructura de la vegetación y en algunos casos, a la correspondiente pérdida de especies.

TNC (2004) define las alteraciones de los regímenes del fuego nombrándolos como la medida en que los modelos actuales del fuego se han alejado de los rangos naturales, históricos o ecológicamente aceptables de variación de los atributos clave, asociados con diferentes ecosistemas y características de estos.

CONANP (2011) afirma que, eliminar el fuego en un ecosistema, sin tomar en cuenta su relación ecológica, las especies susceptibles, la estructura y los componentes culturales que lo rodean, puede contener consecuencias negativas, por otro lado, la presencia constante de fuego puede provocar la pérdida de especies, la reducción de lugares de anidación para las aves. Méndez (2009) menciona que uno de los agentes de cambio de la biodiversidad es la alteración de régimen del fuego, una vez que un bosque se halla incendiado es mucho más

susceptible al fuego en el futuro donde el régimen del fuego asociado con otros factores que no permitan la regeneración natural lleva a cambios drásticos de la distribución de los ecosistemas y su biodiversidad.

El concepto de régimen de perturbaciones según Valladares (2004) se refiere a la caracterización de las perturbaciones que afectan a un espacio determinado a lo largo del tiempo incluye parámetros como la intensidad, severidad, extensión, frecuencia, el periodo de recurrencia y la estacionalidad; aunque el régimen actual de incendios está determinado en gran medida por factores sociales, es por ello que los factores sociales son tan importantes como los naturales para poder comprender el régimen de incendios.

Finalmente manifestados a través de sus diferentes regímenes y originados naturalmente o por el hombre, los incendios influyen casi todos los tipos de vegetación terrestre en el planeta (Rodríguez, 1996).

2.5 Los ecosistemas y su relación con el fuego

El fuego es el factor externo que causa más efectos en los ecosistemas. Algunos ecosistemas están adaptados y dependen de él para mantener su salud y capacidad de algunas especies para reproducirse. Sin embargo el fuego fuera de control tiende a destruir biomas completos arrasando la vegetación y su biodiversidad dejando suelos desnudos expuestos a la erosión del viento y el agua (Méndez, 2009).

White y Hanselka, (1914) aclaran que la respuesta de las plantas después de una quema está influenciada por la intensidad de fuego, condiciones de la vegetación en el momento de la quema.

La FAO en el (2007) explica que los ecosistemas han evolucionado en el transcurso del tiempo en diferentes regímenes de incendios. Algunos ecosistemas dependientes del fuego, saludables y sostenibles, experimentan incendios de gran intensidad y rapidez, que pueden ocasionar daños importantes a las construcciones y a los recursos naturales.

Es de vital importancia para los manejadores de recursos forestales conocer que no existe un solo tipo o frecuencia de incendios que sea adecuado para todos los ecosistemas o paisajes. Un área sensible o intolerante al fuego puede necesitar una protección completa contra los incendios ocasionados por el hombre, mientras que los ecosistemas dependientes del fuego necesitan por otra parte, algún tipo o frecuencia de incendios, que pueden lograrse ya sea a través del ciclo natural de incendios o mediante el uso de quemas controladas (FAO, 2007).

Al categorizar los ecosistemas Myers (2006), identificó cuatro categorías amplias de respuesta de la vegetación al fuego:

Ecosistemas independientes del fuego, son ecosistemas demasiado fríos, húmedos o secos para quemarse, ejemplos de éstos son los desiertos, la tundra y algunos bosques lluviosos, donde muchas plantas y animales no tienen la habilidad de reaparecer después de un incendio. El fuego se convierte en una amenaza, solamente si hay cambios significativos tales como cambios de uso del suelo, especies invasoras o cambio climático.

Ecosistemas dependientes del fuego, estos ecosistemas son resistentes a los fuegos recurrentes, por lo cual, el fuego es esencial para su persistencia, las principales especies han desarrollado adaptaciones para responder a él. Ejemplo de éstos son los pastizales, matorrales y bosques de coníferas. Si se quita el fuego, o si se altera el régimen de fuego más allá de su rango normal de variabilidad, el ecosistema se transforma.

Ecosistemas sensibles al fuego, en estos ecosistemas el fuego está ausente debido a una carencia de vegetación o fuentes de ignición, las especies de estas áreas no están adaptadas para responder a los incendios y la mortalidad es alta incluso cuando la intensidad del fuego es muy baja. Ejemplos de éstos ecosistemas son los bosques latifoliados tropicales y subtropicales y bosques latifoliados y de coníferas de zonas templadas en el extremo más húmedo del gradiente de humedad. En algunos ecosistemas, el papel ecológico del fuego simplemente no ha sido identificado.

Ecosistemas influenciados por el fuego, se encuentran en la zona de transición entre los ecosistemas dependientes y los sensibles al fuego o independientes ejemplos de estos están los bosques nubosos y el bosque tropical húmedo (Myers, 2006).

2.6 Efectos del fuego sobre la vegetación

Los impactos provocados por el fuego sobre los ecosistemas son diversos y no necesariamente son negativos, el efecto del fuego sobre la estructura y dinámica de la vegetación, depende en gran medida de la severidad e intensidad. Las especies vegetales responden en forma diferente al fuego, dependiendo de sus habilidades para tolerarlo y en los mecanismos de regeneración, la evolución de las plantas al fuego ha operado como un mecanismo de selección sobre las especies vegetales (Fernández *et al.*, 2010).

La respuesta de las plantas al fuego, incluso dentro de la misma población, depende de la intensidad del fuego y de las características morfológicas de las plantas (Galvao y Durigan, 2010).

El fuego es una herramienta efectiva y benéfica en el campo forestal, en los sistemas agropecuarios y para el medio ambiente, en consecuencia se ha demostrado que la prohibición de toda clase de quema tiene el efecto contrario al deseado y que de esa forma se aumenta la posibilidad de desastres futuros debidos a los aumentos en el número y la severidad de los incendios forestales (SIFT, 2009).

2.7 Diversidad Biológica

La FAO (2002) define que diversidad biológica se refiere al número, la variedad y la disposición de los organismos vivos en el planeta. Uno de los tipos de diversidad es la que hace referencia a la variación entre ecosistemas y a la forma en que las especies interactúan entre sí y con su entorno.

CONABIO (1998) puntualiza la diversidad como la variabilidad de la vida; en los ecosistemas terrestres y acuáticos, así como la diversidad entre las especies y

dentro de cada especie. México es un país de gran diversidad biológica las causas que la hacen posible están la topografía, la variedad de climas y una compleja historia tanto geológica y biológica como cultural. Estos factores han contribuido a formar un mosaico de condiciones ambientales y microambientales que promueven una gran variedad de hábitats y de formas de vida.

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

CONANP CONAFOR (2012) define plan de manejo del fuego como las acciones que se realizan para cumplir objetivos a corto y mediano 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 (el régimen de fuego) y las necesidades socioeconómicas y culturales de la población en su uso. Cada propuesta debe justificar las acciones para contribuir a la conservación de la biodiversidad y al desarrollo sostenible de las poblaciones en las Áreas Naturales Protegidas, Áreas Prioritarias, Sitios de Interés y otras modalidades de conservación.

FAO (2007) especifica que las acciones de manejo del fuego deben de ser aplicables por igual a todo tipo de bosques y terrenos arbolados y a las áreas designadas a la producción, conservación, actividades culturales o como áreas protegidas y reservas, sin embargo es importante recalcar que los objetivos específicos de manejo de cada área deben ser tomados en cuenta. Las especies en peligro o amenazadas, los valores indígenas y los sitios sagrados, las reservas de agua para las comunidades y las áreas escénicas y recreativas, todas ellas tienen valores sociales, económicos o no económicos que deben tomarse en cuenta en la elaboración de los planes de manejo del fuego.

Por su parte Méndez (2009) menciona que son tres dimensiones que se deben manejar en un área natural protegida estos son: la ecología del fuego, la cultura del uso del fuego y el manejo del fuego. Mientras que el DOF (2009) considera, para que pueda llevarse a cabo el manejo del fuego es preciso que la población

haga uso de este recurso de manera responsable, para poderse reducir los efectos negativos de manera sustancial y con ello buscar mantener o incrementar los efectos benéficos.

La CONANP (2011) hace mención en la estrategia del manejo del fuego en áreas naturales protegidas busca minimizar los impactos negativos y fomentar los efectos positivos del fuego y otras modalidades de conservación del patrimonio natural de México.

White y Hanselka (1914) mencionan que uno de los principales factores para lograr la respuesta deseada con una quema prescrita consiste en controlar la intensidad del fuego, las combinaciones que determinan el éxito en las quemas prescritas son: técnica de Ignición, temporada de quema, condiciones adecuadas del tiempo atmosférico topografía y de la vegetación. En el mismo contexto recalca que las quemas prescritas en los pastizales deben de seguir una guía que establezca las condiciones bajo las cuales debe de mantenerse el fuego para lograr los objetivos ecológicos y de manejo deseados, diferente a los fuegos sin control que constantemente se presentan y que en ocasiones tienen efectos extremadamente dañinos.

2.9 Normatividad aplicable al uso del fuego

El Congreso del estado a través de la Ley Forestal del Estado de Coahuila (2008), establece en su capítulo II: del uso del fuego y los incendios forestales, sección 1: del uso del fuego.

Para realizar cualquier tipo de quema controlada en terrenos forestales y preferentemente forestales, los interesados deberán tramitar el permiso correspondiente ante la autoridad municipal, lo cual lo turnará a la secretaría, quien dará la respuesta en un plazo no mayor de 10 días hábiles. En toda quema que se realice en terrenos forestales o preferentemente forestales se deberá cumplir con lo siguiente:

- A) Iniciar la quema si el horario y las condiciones climáticas son las propicias.

- B) No efectuar la quema de manera simultánea con predios colindantes.
- C) Circular con líneas cortafuegos o guardarrayas el área que se pretende quemar.
- D) La quema deberá iniciarse de arriba hacia abajo en terrenos con pendientes de menos de 15 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 de contar con el apoyo de personal especializado en control de incendios forestales para garantizar el resguardo de las mismas.

La Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007, establece las especificaciones de métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en terrenos de uso pecuario (DOF, 2009). La NOM0-15 en su apartado de especificaciones para el uso del fuego indica que:

Un día anterior o el mismo día de la quema, el usuario con la asistencia de la comisión, o en su caso del personal acreditado por la misma y encargado de la ejecución deberá realizar ante las personas participantes, una verificación de la información descrita en el formato de método de quema cuyas actividades más importantes son:

Verificación final de las condiciones del sitio de quema o unidad de quema; verificación de que todo el personal conoce el objetivo de la quema, la organización las asignaciones del trabajo a realizar, los esquemas de radio comunicación; revisión de los procedimientos; revisión de las experiencias del personal; revisión de las condiciones de equipo y herramientas; repaso del plan de ignición; repaso del plan de contingencia; repaso del plan de asistencia médica en caso de accidente; repaso de los procedimientos de liquidación; repaso de los mecanismos de post-evaluación inmediata de la quema; revisar el plan de manejo

del humo y contar con un pronóstico del tiempo atmosférico por lo menos tres días previos a la quema (DOF, 2009).

También establece que se permitirá el uso del fuego en terrenos que sustentan ecosistemas adaptados al fuego, cuando el objetivo de la quema sea para la prevención de incendios forestales, de manejo de recursos forestales con fines ambientales y de otros (investigación y otros diversos). Bajo ninguna circunstancia deberá hacer uso del fuego en terrenos que sustenten ecosistemas forestales sensibles al fuego (DOF, 2009).

2.10 Trabajos afines del uso del fuego sobre la vegetación

Existen aún pocos estudios en el que se haya evaluado los efectos del fuego sobre la estructura, composición y dinámica de ecosistemas forestales de México. Uno de ellos es el de Flores *et al.*, (2011), donde evaluaron vegetación de pino-encino y pastizal estableciendo tres parcelas experimentales de 100 m x 200 m de forma rectangular, con fines de evaluación de combustibles y quemas prescritas en la zona noroeste del estado de Chihuahua. Donde caracterizaron arbustos, hierbas, pastos, regeneración. El comportamiento del fuego fue diferente en cada tipo de vegetación en función de las condiciones ambientales que se presentaban en el momento de la quema. Obteniendo pocos individuos de regeneración en las parcelas, las especies favorecidas pertenecieron al género *Quercus* sp. Con 33 individuos por hectárea y especies herbáceas.

Martínez y Rodríguez (2008) realizaron quemas prescritas de alta y baja intensidad en los meses de marzo y mayo de 2002 en el volcán Ajusco en el centro de México, con el objetivo de evaluar la respuesta de la vegetación del sotobosque en poblaciones de *Pinus hartwegii*. Los muestreos se realizaron cada tres meses durante un año. Registraron datos de especies herbáceas y arbustivas. Los resultados indican que el uso de quemas prescritas de baja intensidad en el mes de Marzo favorece la riqueza y diversidad de especies del sotobosque.

Villanueva *et al.*, (2008) evaluaron el efecto del fuego sobre el rendimiento, calidad y altura de las gramíneas: *Panicum maximum*, *Hyparrhenia rufa*, *Cenchrus ciliaris*,

P. maximum var. *Trichoglume*, *Cynodon plectostachyus* y *C. dactylon*, en Nayarit, México. Los tratamientos consistieron en quema y no quema, durante tres años. En parcelas de 150 m². La respuesta de los zacates al fuego varió entre especies. El uso del fuego incrementó ($P < 0.05$) el rendimiento de forraje en *C. ciliaris* y *P. maximum* var. *Trichoglume*. Los resultados demuestran que la calidad y el rendimiento de las gramíneas se mejoran con el uso del fuego a través de quemas prescritas. Estos resultados son de gran utilidad para el manejo de praderas, así como para el establecimiento de programas de alimentación basados en estas especies forrajeras.

Islas *et al.*, (2013) realizaron quemas prescritas de baja intensidad, en un diseño experimental completamente al azar, sobre la ladera del volcán Ajusco, en el Distrito Federal. Evaluando a un año después de la quema para calcular la riqueza de especies y los valores de importancia. Los análisis de varianza, mostraron aumento de la riqueza y diversidad de especies en las parcelas quemadas. Los resultados indican que la diversidad se eleva por la disminución de la competencia con los zacates, que dominan las localidades no quemadas.

Hernández (2013) evaluó el efecto del fuego en vegetación herbácea mediante dos quemas prescritas en los años de 2008 y 2009 en la reforestación de la Sierra Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. Los resultados indican que no hay diferencias significativas, entre la aplicación de las quemas prescritas y los índices de diversidad de especies; sin embargo hay especies que se favorecen con el fuego y que fueron de los géneros *Aristida*, *Bouteloua*, *Erioneuron* e *Hilaria*. Uno de los factores externos que alteró los resultados fue el pastoreo y la falta de precipitación.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

El área de estudio se puntualiza en las llanuras del valle de Cuatrociénegas, inmerso entre los dos macizos montañosos más grandes de México, al este de la Sierra Madre Oriental y al Oeste de la Sierra Madre Occidental. Decretado como Área Natural Protegida el 7 de noviembre de 1994, en la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna (APFF), a su vez es considerado el humedal más importante dentro del Desierto Chihuahuense y uno de los humedales más importantes de México (SEMANRNAP, 1999).

El APFF Cuatrociénegas cuenta con una superficie de 84,347.47 hectáreas, ubicada en la parte central del estado de Coahuila, a 80 km al Oeste de la ciudad de Monclova, localizada en las coordenadas 26° 45` 00" y 27° 00` 00" Latitud norte; 101° 48`49" y 102° 17`53" longitud Oeste (SEMANRNAP, 1999). El área protegida se encuentra en un valle con una extensión de aproximadamente 150,000 hectáreas, es un terreno casi plano, siendo su cota promedio los 700 msnm.

La superficie del área de quema es de 1 hectárea, las coordenadas de los vértices son: vértice 1, X= 796960 Y=2996353, vértice 2, X=796910 Y=2969263, vértice 3, X=796867 Y=2969393 vértice 4, X=796817 Y=2969296, con una altitud de 716 msnm.

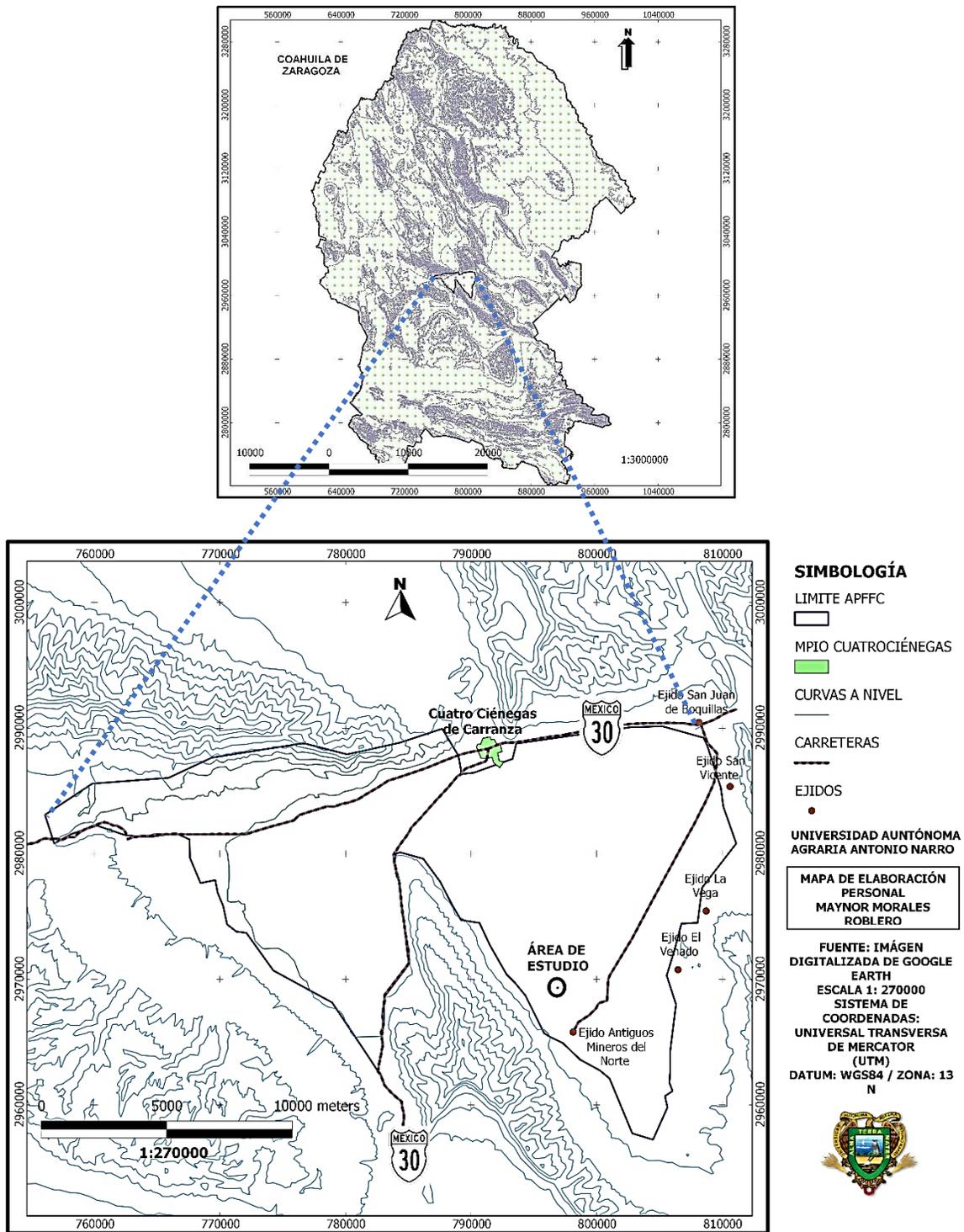


Figura 1. Localización del área de estudio.

3.2 Descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó en el Rancho San Pablo Pozas Azules, el cual se localiza al Sur del valle de Cuatrociénegas, cerca del ejido Antiguos Mineros del Norte, a continuación se presentan la descripción de las variables bióticas y abióticas del área de estudio.

3.2.1 Clima

Las formulas climáticas de acuerdo con Vladimir Köppen y la modificación hecha por Enriqueta García para México (1987) que definen el clima del valle de Cuatro Ciénegas son, BW: Clima seco con vegetación de desierto, aunque se considera semi-cálido con invierno fresco, h: Semi-cálido con invierno fresco y w: estación más seca en invierno, con precipitaciones inferiores a 400 mm anuales y una temperatura que oscila entre los 14°C como media mensual.

3.2.2 Temperatura

La temperatura media mensual más alta llega a rebasar los 30 °C y la mínima es menor a los 12 °C (APFFC, 2012). La temperatura media anual se encuentra entre los 18 °C y 20 °C (García, 1978).

3.2.3 Precipitación

La precipitación media anual varía en el área entre 180 milímetros en sus porciones sur y occidental y 340 milímetros en su borde oriental (APFFC, 2012), las lluvias en verano son inferiores a los 400 mm (INE, 2002).

3.2.4 Hidrología

El valle de Cuatrociénegas es parte de la región hidrológica Bravo-Conchos, dentro de la cuenca Presa Falcón-Río Salado, correspondiente a la subcuenca Río Salado-Nadadores. Este valle también se encuentra dentro de la zona geohidrológica Cuatrociénegas-San Miguel. Es relevante mencionar que en la planicie existen numerosos cuerpos de agua conocidos como pozas, los cuales brotan de manantiales, sus diámetros van desde menos de un metro, hasta más

de cien, las profundidades de las mismas van desde 50 centímetros hasta 18 metros (SEMANRNAP, 1999).

3.2.5 Geología

El valle es parte de un sistema de formaciones similares que se repiten en toda la Subprovincia de las Sierras y Llanuras Coahuilenses, los estratos geológicos predominantes en las montañas de Coahuila son del Mesozoico, misma era en las que emergen las sierras de Coahuila y el mar se reduce formando una península de Coahuila, los depósitos de yeso en la parte central del estado, indican la línea costera y la recesión del mar (SEMANRNAP, 1999).

3.2.6 Edafología

La SEMANRNAP (1999) describe el piso del valle con presencia de suelos de tipo aluvial, que son el resultado del acarreo y acumulación de materiales hacia las partes más bajas, como Solonchack, xerosol, regosol y yermosol, INIFAP-CONABIO (1995), algunos de ellos son de tipo salino y yesoso, siendo el producto de la evaporación provocada por las altas temperaturas. Aunque las sierras que rodean el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas predominan los suelos rocosos de tipo litosol, suelos someros con profundidades de 5 a 10 cm. Estos generalmente están asociados a rendzina y regosol, los cuales son ligeramente más profundos.

3.2.7 Vegetación

La vegetación se encuentra repartida entre pastizal halófilo y vegetación acuática en el piso de la cuenca, en las dunas de yeso se albergan especies endémicas de plantas gypsófilas, también matorral xerófilo y matorral submontano en las partes más elevadas. En el valle se encuentran por lo menos 837 especies de plantas vasculares y se reportan 23 taxas endémicas (SEMANRNAP, 1999).

Los tipos de vegetación que abundan en el valle son principalmente: vegetación halófila, acuática y semiacuática, pastizal, matorral subinermes, matorral submontano, chaparral, bosques de pino y roble. La gran diversidad del hábitat, la

estabilidad ambiental y el aislamiento geográfico han provocado que la fauna acuática haya desarrollado una radiación adaptativa explosiva y una especiación, resultando en un elevado endemismo. La asociación de *Gypsophilla* spp con especies halófilas han dado lugar a una comunidad vegetal única (CONABIO, 2015).

3.2.7.1 Vegetación halófila

Rzedowski (1978) lo describe como vegetación característica de suelos con alto contenido de sales solubles, son particularmente frecuentes en los lugares cercanos a la costa y en las regiones de clima árido, la composición florística de esta comunidad incluye géneros y especies de distribución muy vasta y las familias que mejor lo representan son Poaceae y Chenopodiaceae, mereciendo especial mención las Frankeniaceae, cuyos miembros llegan a ser muy importantes en el noroeste de México.

La SEMARNAP (1999) menciona que las principales especies halófilas que dominan el piso del valle son: principalmente *Distichlis spicata*, *Clappia suaedaefolia*, *Suaeda mexicana*, *Sporobolus airioides*, además de especies como: *Salicornia* sp, *Atriplex canescens*, *Cynodon dactylon* y *Atriplex acanthocarpa*

3.2.7.2 Matorral

Se presenta principalmente en las bajadas de la sierra, las especies que la caracterizan son: Gobernadora (*Larrea tridentata*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), nopal (*Opuntia bradtiana*) sangre de drago (*Jatropha dioica*), (*Koeberlinia spinosa*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), y huizache (*Acacia greggii*) (SEMARNAP, 1999).

A pesar que en este valle se han realizado muchos estudios, la mayor parte de ellos han estado encaminados a conocer la fauna asociada a los ambientes acuáticos y subacuáticos.

3.3 METODOLOGÍA

Para la toma de datos en campo se realizaron dos mediciones, antes y después de la Quema Prescrita, la primera evaluación fue realizada el 13 de junio del 2014 y la segunda el día 17 de abril del 2015. La superficie evaluada fue de una hectárea.

Se utilizó un diseño de muestreo al azar, en la unidad de quema de 100 x 100 m se establecieron tres líneas a cada 25 metros con rumbo franco y sobre cada línea a cada 25 metros se aleatorizó el azimut en el que debe establecerse los sitios de muestreo, la aleatorización se realizó con ayuda de un reloj y brújula, el cual consiste en ver el reloj (segundero) de manera aleatoria, los segundos observados son multiplicados por 6, como resultado se obtiene el azimut, luego con ayuda de una cinta métrica se midió 10 metros en dirección al azimut obtenido, donde es establecido el sitio de muestreo para herbáceas y arbustivas.

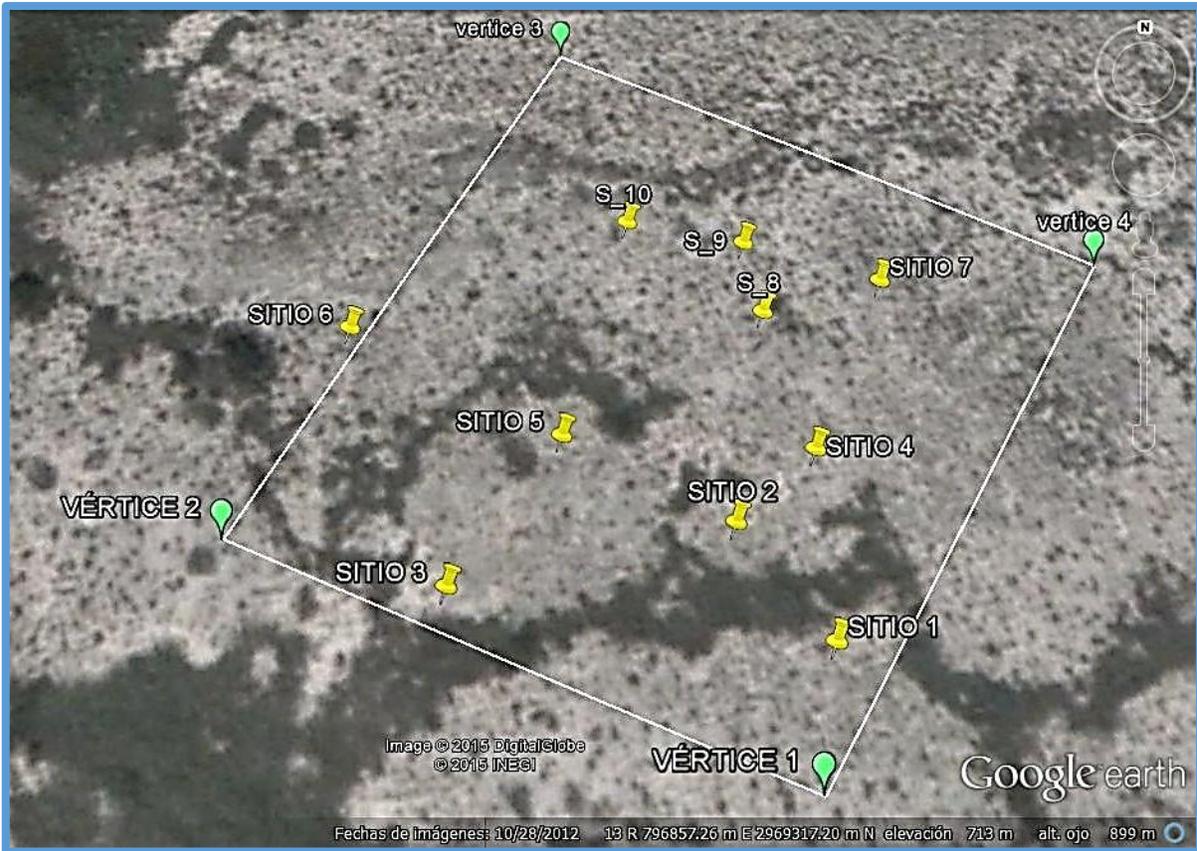


Figura 2. Distribución de los sitios de muestreo en el área de estudio.

Los sitios de muestreo lo conformaron parcelas circulares de 100 metros cuadrados (5.64 m de radio) para la vegetación arbustiva, mientras que para la vegetación herbácea se utilizó el método del cuadrado de 1 m² de acuerdo con Mostacedo y Fredericksen (2000) ubicándolo en el centro del sitio.

Los cuadrantes hacen muestreos más homogéneos y tienen menos impacto de borde en comparación a los transectos. El método consiste en colocar un cuadrado sobre la vegetación, para determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas. El tamaño del cuadrante depende de la densidad y forma de vida de las plantas (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

La delimitación de los sitios se llevó a cabo con ayuda de una cinta métrica (50 m), la pendiente no se compensó dada la topografía plana del valle, con cinta de color vistoso se marcó los límites del sitio.

Las variables que se midieron para los estratos herbáceo y arbustivo fueron: diámetro de copa (cm) de cada individuo por especie y una altura promedio. Las especies no identificadas taxonómicamente se colectaron muestras con flor y fruto, colocándose en bolsas de papel para después ser prensado, secado y posteriormente identificados en laboratorio.



Delimitación de los sitios (1), medición de diámetros de copa (2) y colecta de muestras botánicas (3).



Guardado (4) y etiquetado de muestras (5).

Figura 3. Levantamiento de datos en campo.

Sitios evaluados a la misma fecha



Con quema prescrita

Sin quema prescrita

Figura 4. Área con quema y sin quema prescrita.

3.3.2 Análisis de la información

Con los datos de la vegetación recabados se procedió al análisis de la información, usando atributos para describir la vegetación de forma cuantitativa tales como:

$$Densidad (D) = \frac{\text{Número de individuos } (N)}{\text{área determinada } (A)}$$

Este parámetro (Densidad) permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas.

$$Densidad\ relativa(DR) = \frac{\text{Densidad por especie} * 100}{\text{Densidad de todas las especies}}$$

La cobertura ha sido utilizada para medir la abundancia de especies cuando la estimación de la densidad es muy difícil, pero principalmente la cobertura sirve para determinar la dominancia de especies o formas de vida (Matteucci y Colma, 1982). La cobertura es muy usada con especies que crecen vegetativamente, como por ejemplo los pastos y algunos arbustos, la dominancia está expresado mediante las siguientes ecuaciones:

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

$$\text{Dominancia relativa (DR)} = \frac{\text{Dominancia por especie} * 100}{\text{Dominancia total de todas las especies}}$$

La frecuencia, se refiere a la proporción de veces que se mide en las unidades muestrales en relación total de unidades y la frecuencia relativa es la relación de los registros absolutos de una especie y el número total de registros de todas las especies. Es expresado por las ecuaciones siguientes:

$$\text{Frecuencia (F)} = \frac{\text{Número de parcelas con la especie}}{\text{Número total de parcelas}}$$

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

El índice de valor de importancia es un parámetro que mide el valor de las especies, típicamente, en base a tres parámetros principales: dominancia (área basal), densidad y frecuencia. El índice de valor de importancia es igual a:

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

Se calculó también el índice de diversidad de Shannon-Wiener por su procedimiento de cálculo que es relativamente sencillo y su aceptación para medir la diversidad de un área específica. Su ecuación es la siguiente: $I.S = - \sum P_i \ln (P_i)$

Dónde:

$I.S$ = Índice de Shannon - Wiener obtenido (Diversidad actual)

P_i = abundancia relativa

\ln = Logaritmo natural

3.3.3 Análisis estadístico

Para encontrar la significancia de las especies que aparecen antes y después de la quema prescrita se calculó la prueba G y χ^2 (prueba G y chi-cuadrada o ji-cuadrada), utilizando los valores de número de individuos; la condición de decisión es cuando el valor de p-value es menor a 0.05 existe diferencia significativa entre las áreas (con quema y sin quema prescrita, antes y después de la quema prescrita) a un 95 % de confiabilidad y 5 % de error.

IV RESULTADOS

4.1 Composición de especies antes de la Quema Prescrita

La composición florística del estrato herbáceo antes de la quema la integran cinco especies, agrupadas en cuatro familias (ver listado florístico en anexo II). La familia Poaceae es la más importante al tener dos especies, las demás familias se integran por una especie. La distribución de las familias géneros y especies se observa en la gráfica del anexo III.

El estrato arbustivo está compuesto por siete especies, distribuido en cinco familias (ver listado florístico en anexo VI). La Familia más importante al tener dos especies es Chenopodiaceae, las demás familias se componen de una especie. La distribución de las familias géneros y especies se observa en la gráfica del anexo IX.

4.1.1 Estructura de la vegetación antes de la quema

Las especies que dominan el estrato herbáceo del pastizal halófilo son: *Sporobolus airoides* (75.88 %), *Sartwellia mexicana* (21.62 %) y *Nama serpylloides* (1.11 %), el estrato presenta una altura que va de 6 a 49 cm. El estrato arbustivo está dominado principalmente por *Atriplex canescens* (50.13 %), *Nerisyrenia incana* (20.33 %) y *Allenrolfea occidentalis* (16.33 %). El estrato presenta una altura que va de 33.66 a 131 cm.

El índice de valor de importancia revela la importancia ecológica relativa de cada especie en el estrato herbáceo de la comunidad vegetal, en este caso *Sporobolus airoides* (60.440 %) con 74000 ind/ha es su mayor exponente, seguido de *Sartwellia mexicana* (25.845 %) con 35000 ind/ha, *Nama serpylloides* (8.260 %) con 12000 ind/ha, *Distichlis spicata* (3.103) con 5000 ind/ha. y *Euphorbia astyla* (2.353 %) con 2000 ind/ha. Los aspectos estructurales del estrato herbáceo del pastizal halófilo antes de la quema prescrita se observa en los anexos X.

Los valores de importancia de las especies presentes en el estrato arbustivo son *Atriplex canescens* (34.60 %) con 225,000 ind/ha, *Nerisyrenia incana* (33.80 %)

con 515,000 ind/ha, *Allenrolfea occidentalis* (23.63) con 588,000 ind/ha, *Isocoma coronopifolia* (3.08) 20,000 ind/ha, *Sartwellia mexicana* (1.83) con 4,000 ind/ha, *Dasyilirion cedrosanum* (1.78) con 1000 ind/ha. y *Eustoma exaltatum* (1.28 %) con 1000 ind/ha. Los aspectos estructurales del pastizal halófilo antes de la quema prescrita se observa en los anexos XI.

4.2 Composición florística después de la quema prescrita

Como resultado de la aplicación de la quema prescrita se tiene la composición florística del estrato herbáceo que está conformado por cinco especies, agrupadas en 4 familias (ver listado florístico en anexo IV). La Familia Asteraceae se integra de dos especies, las demás familias se componen de una especie. La distribución de familias, géneros y especies se presentan en la gráfica del anexo V.

Las especies arbustivas que han poblado los sitios después de la quema la integran ocho especies agrupadas en siete familias y se muestran en el listado florístico del estrato arbustivo en anexo VIII. La familia Chenopodiaceae se compone de dos especies, las demás familias con una especie. La distribución de familias, géneros y especies se presentan en la gráfica del anexo IX.

4.2.1 Estructura de la vegetación después de la quema prescrita

Las especies dominantes del estrato herbáceo después de la quema son: *Sporobolus airoides* (85.14 %), *Cirsium coahuilense* (8.12 %) y *Euphorbia astyla* (5.71 %), el estrato presenta una altura que va de los 3 a los 60 cm. El estrato arbustivo está dominado por *Atriplex canescens* (41.78 %), *Nerisyrenia incana* (38.78 %) y *Prosopis glandulosa* (10.82 %). La altura de las arbustivas va de 17 a 210 cm.

Las especies de mayor importancia ecológica de acuerdo con los valores expresados en el valor de importancia relativa ubican a *Sporobolus airoides* como la especie de mayor relevancia con 130,000 ind/ ha (69.23 %), seguido de *Nama serphyloides* con 63,000 ind/ ha (18.44 %), *Cirsium coahuilense* con 4,000 ind/ ha (5.32 %), *Euphorbia astyla* con 6,000 ind/ ha (4.84 %) y *Erigeron chiangii* con

1,000 ind/ ha (2.15 %). Los aspectos estructurales del pastizal halófilo después de la quema prescrita se observa en los anexos X.

En el estrato arbustivo las especies con mayor valor de importancia son las siguientes: *Nerisyrenia incana* (35.10 %), con 632,000 ind/ha, *Atriplex canescens* (27.67 %) con 152,000 ind/ha, *Sartwellia mexicana* (23.93 %) con 623,000 ind/ha, *Allenrolfea occidentalis* (5.18 %) con 110,000 ind/ha, *Prosopis glandulosa* (4.67 %) con 1000 ind/ha, *Cilindropuntia leptocaulis* (1.26 %) con 1,000 ind/ha, *Eustoma exaltatum* (1.09 %) con 2,000 ind/ha. y *Dasyllirion cedrosanum* (1.07 %) con 1,000 ind/ha. Los aspectos estructurales del pastizal halófilo después de la quema prescrita se observa en los anexos XI.

4.3 Índices de diversidad vegetal antes y después de la quema prescrita

Los resultados indican que en el estrato herbáceo la diversidad vegetal es mayor antes de la quema prescrita que después de esta, mientras que para el estrato arbustivo la diversidad es mayor después de la quema (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Índice de diversidad vegetal del estrato herbáceo y arbustivo antes y después de quema prescrita.

Estrato	Antes de quema prescrita	Después de quema prescrita
Herbáceo	1.28 bits	1.15 bits
Arbustivo	1.47 bits	1.66 bits

Nota: respecto al valor del índice antes de la quema ha sido mayor, comparado con el valor después de la quema para el estrato herbáceo. El valor del índice favorece al área antes de la quema debido a que la fórmula del índice de diversidad considera la frecuencia de las especies en los sitios de muestreo.

4.4 Análisis estadístico

Producto del análisis de los datos a través de la prueba de G y χ^2 (G y chi-cuadrada o ji-cuadrada), donde se analiza la frecuencia de las especies antes y después de la quema prescrita, a partir de lo anterior se obtiene el grado de

significancia de las especies, la condición de decisión está dada cuando p value valúe < 0.05 la especie es significativa.

4.5 Composición del estrato herbáceo antes y después de quema prescrita

Las especie que aparecieron antes y después de la quema son: *Euphorbia astyla*, *Sartwellia mexicana*, *Nama serphyloides* y *Sporobolus airoides*, los últimos aumentando en gran medida el número de individuos después de la quema prescrita; *Distichlis spicata* aparece antes de la quema, pero no se tiene registros después de la quema, mientras que *Cirsium coahuilense* aparece después de la quema, valores agrupados en el cuadro 2.

Cuadro 2. Especies herbáceas con grado de significancia antes y después de quema prescrita.

ESPECIE	ANTES DE Q	DESPUÉS DE Q	P-VALUE	SIGNIFICANCIA
<i>Cirsium coahuilense</i>	0	4	0.284431	NS
<i>Distichlis spicata</i>	5	0	0.016743	S
<i>Erigeron chiangii</i>	0	1	0.810677	NS
<i>Euphorbia astyla</i>	2	6	0.675112	NS
<i>Nama serphyloides</i>	12	63	0.000011	S
<i>Sartwellia mexicana</i>	35	0	0.000000	S
<i>Sporobolus airoides</i>	73	130	0.308441	NS

4.6 Composición del estrato arbustivo antes y después de quema prescrita

En el estrato arbustivo las especies que han aumentado el número de individuos después de la quema prescrita son: *Sartwellia mexicana* y *Nerisyrenia incana*, mientras que *Isocoma coronopifolia* no se muestran registros después de la quema prescrita, (ver cuadro 3).

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

ESPECIE	ANTES	DESPUÉS	P-VALUE	SIGNIFICANCIA
<i>Allenrolfea occidentalis</i>	588	110	0.0000000	S
<i>Atriplex canescens</i>	225	152	0.0000003	S
<i>Cilindropuntia leptocaulis</i>	0	1	0.1882987	NS
<i>Dasyllirion cedrosanum</i>	1	1	0.7153563	NS
<i>Eustoma exaltatum</i>	1	2	0.4882743	NS
<i>Isocoma coronopifolia</i>	20	0	0.0000024	S
<i>Nerisyrenia incana</i>	515	635	0.0536384	S
<i>Prosopis glandulosa</i>	0	1	0.1882987	NS
<i>Sartwellia mexicana</i>	4	623	0.0000000	S

V DISCUSIÓN

La composición florística del estrato herbáceo después de la quema prescrita presenta un aumento en el número de familias y un aumento en el número de individuos por hectárea, mientras que en el estrato arbustivo las familias también aumentaron, pero el número de individuos se redujo drásticamente.

Aguilar y Nieuwenhuys (2009) mencionan que el motivo por lo que las plantas herbáceas y algunas arbustivas rebrotan al paso del fuego son las adaptaciones tanto del tallo-corteza como de las raíces, es por ello que la maleza y los pastos rebrotan, además no todas las especies de pasto son estimuladas a rebrotar con el uso del fuego. Aparte de estimular la germinación de pastos, el fuego también estimula la germinación de malezas, sobre todo las hierbas anuales.

Sin embargo White y Hanselka (1914) concuerdan con los resultados al afirmar que son precisamente las especies herbáceas las que están mejor adaptadas a las quemas que las plantas leñosas, pero que la respuesta de las plantas después de la quema puede verse afectada dependiendo de la lluvia, cantidad de combustible y duración del periodo de crecimiento de las plantas.

En contraste el índice de diversidad de Shannon muestra que el estrato herbáceo antes de la quema (1.28 bits) es más diverso que los valores obtenidos después de la quema (1.15 bits). El estrato arbustivo por su parte presenta mayor diversidad después de la quema prescrita (1.66 bits) superando al valor obtenido antes de la quema (1.47 bits).

La explicación a este resultado es que en los sitios seleccionados, la frecuencia (número de veces que aparece la especie) el tiempo de la medición después de la quema fue corto (5 meses) y las especies aún estaban en el proceso de rebrote, esto concuerda con lo mencionado por Trabaud (1998) donde menciona que en los primeros meses después de la presencia del fuego existen pocas especies y que va aumentando hasta alcanzar su valor máximo entre el primer y tercer año, estabilizándose hasta el quinto año.

Es necesario considerar que después de la ejecución de la quema prescrita (año 2015) se han registrado un incremento de la precipitación acumulada en los meses de Diciembre-Abril con respecto a los años 2011-2014. Siendo de 78 mm en tan sólo en los meses de Marzo a mediados de Abril. De acuerdo a la estación Meteorológica del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Rancho Pronatura Noreste, A.C. Se coincide con White y Hanselka (1914) que menciona que la respuesta de las plantas depende de la cantidad de lluvia después de la quema.

Para ser más precisos Iglesia *et al.*, (2000) menciona para el caso de quema controlada, el índice de diversidad de Shannon, la dominancia y la equitatividad se estabilizan después de los 15 meses después de la quema prescrita, donde se destaca la elevada cobertura de las especies herbáceas; aunque los principales cambios en la diversidad se producen en los seis primeros meses en el caso de la quema prescrita y después de los nueve primeros meses en el caso del incendio forestal.

Los efectos de las quemas prescritas pueden variar dependiendo de la fecha de aplicación, intensidad de la quema y de las especies presentes, uno de los aspectos que hay que tener en cuenta, son los objetivos de la quema, especialmente si esta es con fines de obtención de especies deseables para forraje del ganado, el conocimiento de estos factores permitirá darnos una idea de la dinámica y comportamiento de las especies después de las quemas prescritas, información que concuerda con Reyes y Casal (2000) donde mencionan que para llevar a cabo la gestión del fuego que permita el mantenimiento sostenido de los recursos es necesario el conocimiento de la respuesta de las plantas al elemento fuego, especialmente las que tienen que ver con la capacidad germinativa, la apertura de frutos, la liberación de semillas y el desarrollo de plántulas, así como los sistemas de dispersión, producción, tamaño y capacidad de rebrote propias de cada especie.

Se atribuye que la especie endémica (*Cirsium coahuilense*) haya aparecido con ayuda del fuego o que haya estado presente antes de la quema prescrita, por ello

es necesario promover el uso de quemas prescritas con fines de investigación siendo congruentes con el apartado 6, Componentes de manejo del plan de manejo del APFFC donde especifica que uno de sus objetivos es: asegurar que permanezcan los factores que garanticen la conservación de los recursos y procesos naturales, siendo esta una acción a corto plazo. Una vez identificado y documentado estos procesos naturales, es necesario desarrollar programas de educación y divulgación que promuevan la importancia de las acciones encaminadas a la conservación y protección del área.

Es necesario mencionar que *Cirsium coahuilense* no se encuentra en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, pero es de gran importancia al ser una especie endémica de Coahuila, de distribución restringida a hábitat muy específico de suelos salinos (García, 2000). También es importante indicar que la quema prescrita se desarrolló a baja intensidad. Se coincide con (Martínez y Rodríguez, 2008).

Lo que se observa es que el fuego es un elemento que renueva los ecosistemas mantenidos por el fuego a su estado original, donde solamente las especies adaptadas a este prevalecerán, sobre todo si se sigue un régimen de presencia del fuego, Rzedowski (1978) coincide con las observaciones al establecer que los pastizales son la fuente principal de alimento para el ganado y si se tiene presencia de fuegos de baja intensidad durante la época seca del año el resultado será el brote de tallos tiernos apetecido por los animales, por consiguiente los pastizales halófilos deben de quemarse periódicamente para conservar la condición de comunidades casi puras y cobertura continua donde se distingue el amacollamiento de las especies presentes, adaptación que les permite soportar las temperaturas y estimulación de la aparición de retoños tiernos cuando son quemados.

VI CONCLUSIONES

La aparición de cinco familias después de la quema, de las cuatro existentes en el estrato herbáceo y de siete familias en el estrato arbustivo, de las cinco existentes antes de la quema prescrita, demuestran que la composición de especies varía después de cinco meses de la quema prescrita, condición que hace posible la aceptación de la hipótesis alterna, que dice que la composición de especies varía al aplicar quema prescrita.

El valor de importancia demuestra que *Sporobolus airoides* y *Nama serpylloides* son las especies que presentan valores altos de dominancia, densidad y frecuencia después de la quema en el estrato herbáceo, así también *Nerisyrenia incana*, *Atriplex canescens* y *Sartwellia mexicana* son las especies de mayor importancia en el estrato arbustivo. Las quemas prescritas favorecen en gran medida a las especies herbáceas, la capacidad de rebrote es inmediato mientras que las arbustivas *Atriplex canescens* y *Prosopis glandulosa* presentan alta respuesta positiva al fuego.

En base a los resultados de la estructura horizontal del estrato arbustivo, se obtuvo un mayor número de individuos por hectárea después de la quema prescrita, que está relacionado con la baja intensidad en la que se desarrolló la quema y la poca continuidad horizontal lo que propició que quedaran manchones sin quemar.

La diversidad de especies en el estrato arbustivo aumentó por especies consideradas de rápido crecimiento y que se presentan en el estrato herbáceo y en el estrato arbustivo.

Se considera que *Cirsium coahuilense* sea una especie que tenga cierto grado de adaptación al fuego, debido que la quema fue de baja intensidad y se relaciona con la presencia de lluvia después de la quema.

El hecho que una especie presente un alto número de individuos no garantiza que el valor de importancia tendrá un comportamiento igual, debido a que el valor de

importancia depende de tres parámetros principales: dominancia densidad y frecuencia. De igual forma se puede tener una especie con pocos individuos con altos valores de cobertura y frecuencia para tener un valor de importancia alto.

Referente al índice de diversidad de Shannon, se pueden tener la presencia de un mismo número de especies en dos sitios diferentes y presentar diferencias en el índice de diversidad, para hallar este valor no solo se considera la frecuencia si no que lleva implícita el número de especies.

Es necesario considerar a las quemas prescritas como una herramienta en el manejo del pastizal halófilo, al verse favorecido *Sporobolus airoides*, esta especie es considerada con alto valor forrajero.

VII RECOMENDACIONES

Es necesaria la investigación en materia de efectos del fuego prescrito en México y en los diferentes tipos de vegetación que se encuentra dentro del APFF Cuatrociénegas, para poder llevar a cabo quemas prescritas con diferentes objetivos en los diversos ecosistemas.

Para conocer la respuesta al fuego del pastizal halófilo es preciso darle seguimiento a las investigaciones, y que los sitios de muestro utilizados en este estudio puedan seguir siendo evaluados en diferentes tiempos y con los resultados obtener una justificación acertada del porque utilizar el fuego como una herramienta ecológica de manejo en este tipo de vegetación.

Cercar las áreas de estudio con fines de protección para trabajos posteriores.

Evaluar la presencia de fauna silvestre en la unidad de quema, para identificar a las especies animales que benefician de los rebrotes que aparecen después de la quema.

Establecer los parámetros de prescripción para el pastizal halófilo, a través de la realización de quemas prescritas consecutivas en el área.

Es importante la selección de la temporada, día y hora de ejecución de la quema prescrita, de manera que se cumpla con los efectos del fuego planteados en el plan de quema, que deben ser compatibles con el plan de manejo del Área Natural Protegida.

VIII LITERATURA CITADA

- Acevedo H., M. A. 2010. Fuego, comunidades vegetales y diversidad de especies en parajes de Tepetlaoctox, Edo. Mex. Tesis profesional de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México. 65 p.
- APFFC. 2012. Sitio oficial del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas [En línea] [Consultado: 18 febrero 2015] disponible en: <http://cuatrocienegas.conanp.gob.mx/>.
- Aguilar A., y Nieuwenhuys A. 2009. Manual técnico de Manejo integral de malezas en pasturas. Managua, Nicaragua. 177 p.
- CONAFOR. 2011. Reporte semanal de resultados de incendios forestales. Coordinación General de Conservación y Restauración, Gerencia de Protección Contra Incendios Forestales. Jalisco, México. 17 p.
- CONABIO. 2015. Sitio Oficial de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Cuatro Ciénegas. (En línea) (Consultado: 31 de mayo 2015). Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_048.html.
- CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México. Estudio de país. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 339 p.
- CONANAP. 2011. Estrategia y Lineamientos de Manejo del Fuego en Áreas Naturales Protegidas. Comisión Nacional de Áreas Naturales protegidas. Tlalpan, México. 35 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). Jalisco, México. 60 pp.
- 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 agrícola. Diario Oficial de la Federación. México, D.F. 67 p.

Espinoza M., L.A., Rodríguez T., D.A., Zamudio S., F. J. 2008. Sinecología del sotobosque de *Pinus hartwegii* dos y tres años después de quemas prescritas. *Agrociencia*. 42: 717 -730 p.

FAO. 2007. Manejo del Fuego: principios y acciones estratégicas. Directrices de carácter voluntario para el manejo del fuego. Documento de trabajo sobre el manejo del fuego No. 17. Roma, Italia. [En línea] [Consultado: 21 Enero de 2015]. Disponible en: www.fao.org/forestry/site/35853/en.

Fernández Ch., I., N. Morales S.M., D. Olivares L., C. Salvatierra J., U. Gómez M., R. Montenegro G .2010. Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por los incendios forestales. Santiago, Chile. 162 p.

Flores G., J.G., R. Aceves O.G., O. Minakata A.T., R. Chávez O.G., Ch. Durán A. A., X. Carmona J. 2011. Monitoreo del comportamiento del fuego en quemas prescritas. Jalisco, México. 69 p.

Flores G., J. G., B. Solorio J.D. 1995. Efecto de las quemas prescritas sobre algunas características del suelo en un rodal de pino. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 20:116 – 128.

Galvao M., A., Durigan G. 2010. Los incendios en el bosque estacional semicaducifolio: repercusiones y regeneración en las orillas del bosque. Sao Paulo, Brasil. 61: 67-42.

García E. de M. 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 D., A. Las plantas del valle de Cuatrociénegas, Coahuila, México. Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. 73 p.

- Iglesia A., A. Cascudo., y E. Díaz V. 2000. Comparación de la dinámica de la vegetación tras fuego controlado e incendio forestal en matorrales del interior de Galicia. *Sociedad española de ciencias forestales*. 9: 115-122.
- INIFAP-CONABIO. 1995. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Carta edafológica. Escala 1: 1 000 000. México. [En línea], (consultado: miércoles 11 de marzo del 2015). Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.
- SIFT. 2009. El efecto del fuego en los ecosistemas agrícolas y forestales. Sociedad Internacional de Forestales Tropicales. Maryland, EUA. 20 p.
- Juárez O., S., Z. Cano S. 2007. El cuarto elemento y los seres vivos. *Ecología del fuego*. Ciencias. Universidad Autónoma de México. México, D.F. 4-12 p.
- Ley Forestal del Estado de Coahuila de Zaragoza. 2008. Congreso del Estado. Última reforma publicada el 06 de Junio de 2008. Coahuila, México. 29 p.
- Méndez B., A. 2009. Estrategias y lineamientos del manejo del fuego en áreas protegidas de México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Tlalpan, México. 10 p.
- Mostacedo B., S. Fredericksen T. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Santa Cruz, Bolivia. 87 p.
- Myers L., R. 2006. Convivir con el fuego. Manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el manejo integral del fuego. Tallahassee, FL, USA. 28 p.
- Paysen T. 2000. Quemadas prescritas en el suroeste y en la costa pacífica suroccidental de los Estados Unidos. *Sociedad Española de Ciencias Forestales*. 9: 71-73.

- Reyes O., Casal M. 2000. Comportamiento reproductivo tras fuego de especies forestales de Galicia. Sociedad Española de Ciencias Forestales. 9: 109-114.
- Rodríguez T., D.A. 1996. Incendios Forestales. 1ª ed. En español México, Mundi-prensa. México, D.F. 630 p.
- Rodríguez T., D.A., Rodríguez A. M., y Fernández S. F. 2002. Educación e incendios forestales. Mundi prensa. México, D.F. 201 p.
- Rodríguez T., D.A. 2001. ¿Hacia dónde vamos en materia de manejo del fuego en México? Memoria sobre foro de análisis sobre la problemática de los incendios en áreas naturales protegidas del sur de México. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 48 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México, primera edición. Instituto Politécnico Nacional. México. D.F. 432 p.
- Spurr S., H. Burton V. Barnes. 1980. Ecología Forestal. 3a edición en inglés. Primera edición en español. A. G. T. Editor, S.A. México, D.F. 690 p.
- Sánchez M., A., M. Andrade M., H. Castro F., Y. Diez J.L., G Francisco M., L. Gras J.M., C. Herrera E., V. Jiménez V., B. López P., C. Marchena F., R. Miniño V., Q. Padín N., C. Recamán R., M. Rincón V., R. Sarabia A. 2000. Planificación y ejecución de las quemadas controladas en la provincia de Pontevedra. Sociedad española de ciencias forestales. Junio, 9: 235-241.
- SEMARNAP. 1999. Programa de manejo del área de protección de flora y fauna Cuatrociénegas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca. Primera Edición. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 197 p.
- SMN. 2005. Apoyo meteorológico al combate de incendios forestales. Servicio Meteorológico Nacional. México, D. F. 3 p.
- TNC. 2004. El fuego, los ecosistemas y la gente. Una evaluación preliminar del fuego como un tema global de conservación. Iniciativa global sobre el fuego. The Nature conservancy. Sigrisvil, Suiza. 9 p.

Trabaud., L. 1998. Recuperación y regeneración de ecosistemas mediterráneos incendiados. Serie Geográfica. 7: 37-47.

Valladares F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Segunda edición. Madrid. España. 29- 70 p.

White L., D., W. Hanselka. 1914. Quemadas prescritas de pastizales de Texas. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. College Station, Texas 11 P.

NWCG. 2014. Glossary of Wildland Fire Terminology. The National Wildfire Coordinating Group. Versión en inglés. U.S.A. 190 p.

ANEXOS

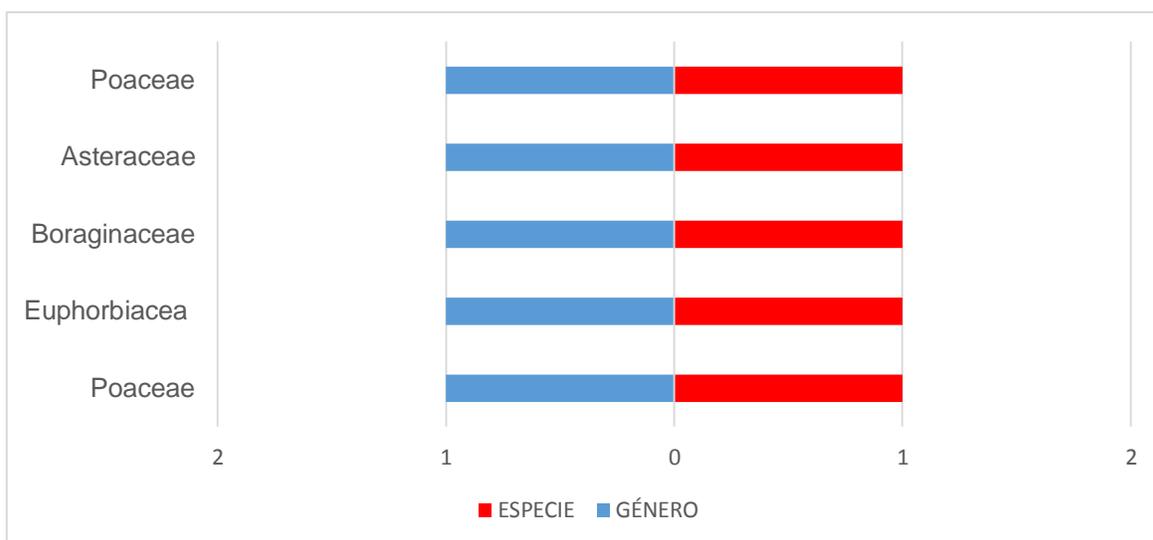
ANEXO I. Coordenadas de los vértices de la unidad de quema y sitios de muestreo.

Coordenadas de los vértices		Coordenadas de los sitios			Altitud
		Sitio	X	Y	MSNM
Vértice 1	X: 796960	1	796912	2969283	713
	Y:2996353	2	796897	2969301	712
Vértice 2	X:796910	3	796852	2969288	713
	Y:2969263	4	796910	2969314	714
Vértice 3	X:796867	5	796869	2969314	716
	Y:2969393	6	796833	2969331	717
Vértice 4	X:796817	7	796922	2969345	716
	Y:2969296	8	796902	2969338	721
		9	796899	2969351	724
		10	796879	2969354	722

ANEXO II. Composición florística del estrato herbáceo antes de la quema prescrita.

Familia	Género	Especie	Nombre común	Autor
<i>Poaceae</i>	<i>Distichlis</i>	<i>spicata</i>	Zacate salado	L. Greene
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Euphorbia</i>	<i>astyla</i>	Hierba de la golondrina	Boiss
<i>Boraginaceae</i>	<i>Nama</i>	<i>serpylloides</i>	Cenicilla	Hemsl.
<i>Asteraceae</i>	<i>Sartwellia</i>	<i>mexicana</i>	Flaverilla mexicana	A.Gray
<i>Poaceae</i>	<i>Sporobolus</i>	<i>airoides</i>	Zacatón alcalino	(Torr.) Torr.

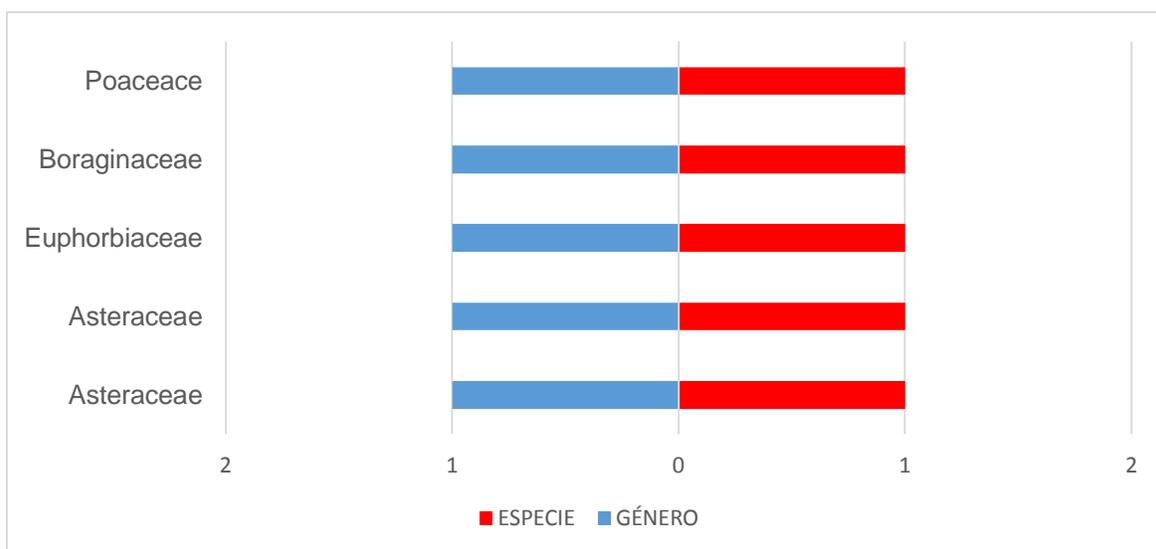
ANEXO III. Representación gráfica de la composición florística del estrato herbáceo antes de la quema.



ANEXO IV. Composición florística del estrato herbáceo después de la quema prescrita.

Familia	Género	Especie	Nombre común	Autor
Asteraceae	<i>Cirsium</i>	<i>coahuilense</i>	Cardo de Coahuila	Owney & Pinkava
Asteraceae	<i>Erigeron</i>	<i>chiangii</i>	Fernandilla	GLNesom
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>	<i>astyla</i>	Hierba de la golondrina	Boiss
Boraginaceae	<i>Nama</i>	<i>serphyloides</i>	Cenicilla	Hemsl.
Poaceae	<i>Sporobolus</i>	<i>airoides</i>	Zacatón alcalino	(Torr.) Torr.

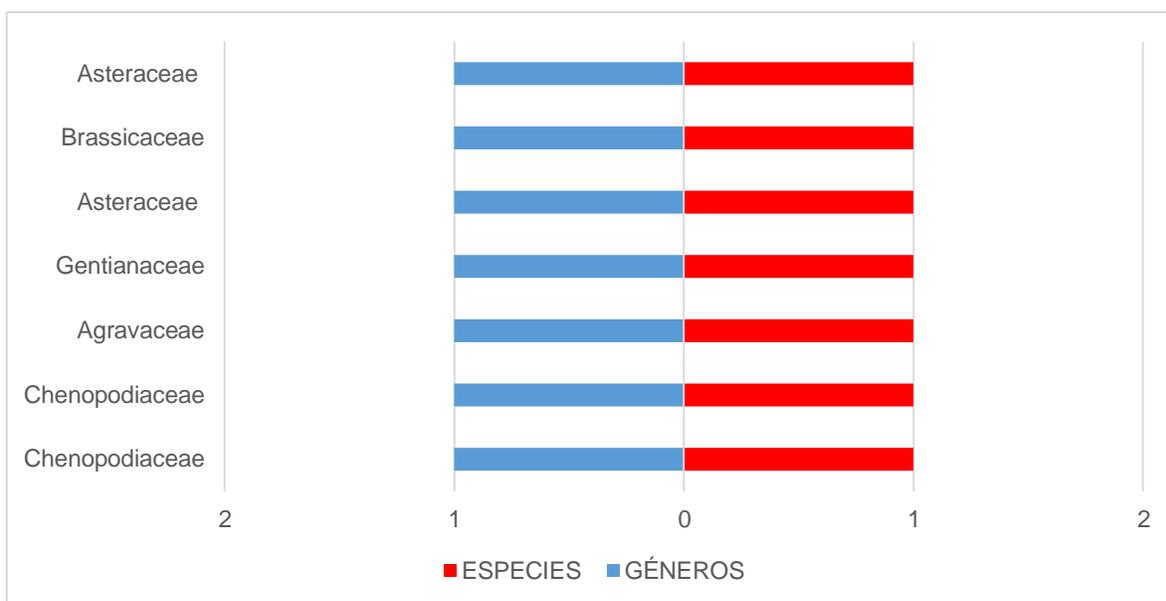
ANEXO V. Representación gráfica de la composición florística del estrato herbáceo después de la quema.



ANEXO VI. Composición florística del estrato arbustivo antes de la quema prescrita.

Familia	Género	Especie	Nombre común	Autor
Chenopodiaceae	<i>Allenrolfea</i>	<i>occidentalis</i>	Salmuerilla de occidente	(Wats.) Kuntze
Chenopodiaceae	<i>Atriplex</i>	<i>canescens</i>	Costilla de vaca	(Pursh) Nutt
Agravaceae	<i>Dasyllirion</i>	<i>cedrosanum</i>	Sotol	Trel.
Gentianaceae	<i>Eustoma</i>	<i>exaltatum</i>	Florequilla blanca	(L.) Salisb. ex G.Don
Asteraceae	<i>Isocoma</i>	<i>coronopifolia</i>	Coronilla	A. Gray
Brassicaceae	<i>Nerisyrenia</i>	<i>incana</i>	Cenicilla	Rollins
Asteraceae	<i>Sartwellia</i>	<i>mexicana</i>	Flaverilla mexicana	A.Gray

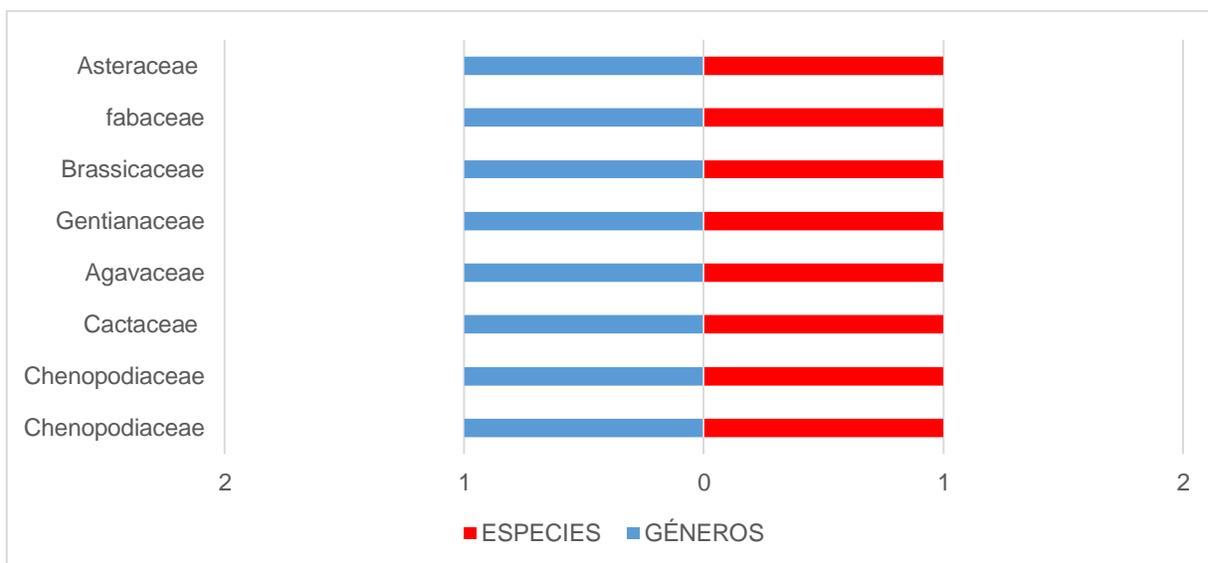
ANEXO VII. Representación gráfica de la composición florística del estrato arbustivo antes de la que prescrita.



ANEXO VIII. Composición florística del estrato arbustivo después de la quema prescrita.

Familia	Género	Especie	Nombre común	Autor
Chenopodiaceae	<i>Allenrolfea</i>	<i>occidentalis</i>	Salmuerilla de occidente	(Wats.) Kuntze
Chenopodiaceae	<i>Atriplex</i>	<i>canescens</i>	Costilla de vaca	(Pursh) Nutt
Cactaceae	<i>Cylindropuntia</i>	<i>leptocaulis</i>	Tasajillo	(DC.) FM Knuth
Agavaceae	<i>Dasyllirion</i>	<i>cedrosanum</i>	Sotol	Trel.
Gentianaceae	<i>Eustoma</i>	<i>exaltatum</i>	Florequilla blanca	(L.) Salisb. ex G.Don
Brassicaceae	<i>Nerisyrenia</i>	<i>incana</i>	Cenicilla	Rollins
Fabaceae	<i>Prosopis</i>	<i>glandulosa</i>	Mezquite	Torreyana
Asteraceae	<i>Sartwellia</i>	<i>mexicana</i>	Flaverilla mexicana	A.Gray

ANEXO IX. Representación gráfica de la composición florística del estrato arbustivo después de la que prescrita.



ANEXO X. Atributos en la estructura de la vegetación del estrato herbáceo.

ESTRATO HERBACEO ANTES DE QUEMA PRESCRITA						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de importancia (%)
<i>Distichlis spicata</i>	49.00	0.640	5000	3.906	4.762	3.103
<i>Euphorbia astyla</i>	16.00	0.735	2000	1.563	4.762	2.353
<i>Nama serpyllodes</i>	6.00	1.118	12000	9.375	14.286	8.260
<i>Sartwellia mexicana</i>	16.33	21.620	35000	27.344	28.571	25.845
<i>Sporobolus airoides</i>	42.90	75.887	74000	57.813	47.619	60.440

ESTRATO HERBACEO DESPUÉS DE QUEMA PRESCRITA						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de importancia (%)
<i>Cirsium coahuilense</i>	60	8.125	4000	1.961	5.882	5.323
<i>Erigeron chiangii</i>	17	0.095	1000	0.490	5.882	2.156
<i>Euphorbia astyla</i>	18	5.718	6000	2.941	5.882	4.847
<i>Nama serpyllodes</i>	3	0.920	63000	30.882	23.529	18.444
<i>Sporobolus airoides</i>	25.7	85.142	130000	63.725	58.824	69.230

ANEXO XI. Atributos en la estructura de la vegetación del estrato arbustivo.

ESTRATO ARBUSTIVO ANTES DE QUEMA PRESCRITA

Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de importancia (%)
<i>Allenrolfea occidentalis</i>	33.67	16.346	588000	43.427	11.111	23.628
<i>Atriplex canescens</i>	88.60	50.131	225000	16.617	37.037	34.595
<i>Dasyllirion cedrosanum</i>	131.00	1.567	1000	0.074	3.704	1.782
<i>Eustoma exaltatum</i>	54.00	0.067	1000	0.074	3.704	1.281
<i>Isocoma coronopifolia</i>	70.00	4.063	20000	1.477	3.704	3.081
<i>Nerisyrenia incana</i>	43.40	26.333	515000	38.035	37.037	33.802
<i>Sartwellia mexicana</i>	60.00	1.494	4000	0.295	3.704	1.831

ESTRATO ARBUSTIVO DESPUÉS DE QUEMA PRESCRITA

Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de importancia (%)
<i>Allenrolfea occidentalis</i>	17	2.080	110000	7.227	6.250	5.186
<i>Atriplex canescens</i>	64.8	41.788	152000	9.987	31.250	27.675
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	65	0.588	1000	0.066	3.125	1.260
<i>Dasyllirion cedrosanum</i>	120	0.044	1000	0.066	3.125	1.078
<i>Eustoma exaltatum</i>	42	0.023	2000	0.131	3.125	1.093
<i>Nerisyrenia incana</i>	56.5	38.782	632000	41.524	25.000	35.102
<i>Prosopis glandulosa</i>	210	10.823	1000	0.066	3.125	4.671
<i>Sartwellia mexicana</i>	28.125	5.872	623000	40.933	25.000	23.935