

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE
QUEMAS PRESCRITAS EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO
MICRÓFILO**

POR

ING. JUAN ANDRÉS ROSALES HERNÁNDEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE MAestrÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

ENERO, 2020

**ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS
PRESCRITAS EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO**

Aprobación de tesis



Dr. Marco Aurelio González Tagle
Director



Dr. Eduardo Alanís Rodríguez
Codirector



Dr. Eduardo Javier Treviño Garza
Asesor

DEDICATORIA

Para mi papá Roberto Rosales Rodríguez que siempre ha estado ahí apoyándome cuando más lo necesito a lo largo de mi vida, porque sigue brindándome su apoyo y su amor a su manera.

Para mi mamá María Guadalupe Hernández Jacques que me ha apoyado tanto, no solo en mi preparación académica si no durante toda la vida, dándome amor verdadero, su cariño, comprensión, cuidándome cuando me enfermo, consolándome cuando lo necesito, haciendo sacrificios para que este bien, muchas gracias.

Para Dios al que siempre me ha escuchado en mis plegarias, me ha ayudado en la vida haciéndome milagros, iluminando el camino cuando más oscuro se ha puesto, por toda la fuerza que me da día con día para seguir adelante, gracias.

Para mi hermano Roberto Rosales Hernández y mi hermana Andrea Celeste Rosales Hernández que siempre fueron un ejemplo a seguir, porque yo soy el hermano con la menor edad de todos, siempre estuvieron conmigo en las buenas y malas, cuando los necesitaba me ayudaban y daban sus consejos certeros.

Para mi esposa Alejandra de Jesús Ríos de la Rosa gracias por su paciencia, por su comprensión, por su dedicación, por su fuerza, por su amor y por ser tal y como es. En realidad, ella me llena por dentro de muchas fuerzas para conseguir el equilibrio que me permite seguir adelante.

A la memoria de mis abuelos (as) que desde el cielo nos siguen queriendo y protegiendo.

A todo el resto de familia y amigos que de una u otra manera me han llenado de sabiduría para terminar mis estudios.

A todos en general por darme el tiempo para realizarme profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por darme la oportunidad y el apoyo económico mediante una beca para realizar mis estudios de posgrado en la FCF de la UANL

A la FCF de la UANL por proporcionarme las herramientas para concluir esta etapa tan importante de mi vida y permitirme obtener mi grado académico de Maestro en Ciencias.

A la plantilla de docentes de la FCF, gracias por los conocimientos transmitidos y por su amable trato.

Al Dr. Marco Aurelio González Tagle por su asesoría, apoyo, tiempo, atención y buena disposición para culminar esta etapa académica de mi vida.

Al Dr. Eduardo Alanís Rodríguez por su disposición y apoyo para hacer posible la realización de este trabajo de tesis profesional.

Al Dr. Javier Eduardo Treviño Garza por su disposición y apoyo para realizar la culminación de esta etapa de preparación académica.

Al Dr. Eloy Alejandro Lozano Cavazos por tener la generosidad de aportar información relevante para llevar a cabo este trabajo, así como disponibilidad y tiempo, facilitando el acceso a el área de estudio.

A mis maestros de Ingeniería por enseñarme todo lo que se dé la carrera.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	7
HIPÓTESIS.....	8
OBJETIVOS.....	8
Objetivo General.....	8
Objetivos Específicos	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Localización del área de estudio	9
Clima.	9
Edafología.	10
Geología.	10
Fisiografía.....	10
Relieve.....	10
Topografía.	10
Vegetación.....	11
METODOLOGÍA	12
Selección de los sitios	12
Tamaño y forma de los sitios.....	12
Información a medir.....	13
Análisis de la información.....	13
Índices de diversidad	14
Shannon	14
Margalef	15
Estructura arbórea.....	15
Diversidad y mezcla de especies	16
Distribución espacial.	17

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Diferenciación dimensional.....	18
Efecto de borde.	20
Test de Shapiro–Wilk.....	21
Análisis de Varianza (ANOVA) con prueba de Tukey.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	23
Gráfico en representación del Índice de Valor de Importancia (IVI) para los tres inventarios.	27
Variables dasométricas	28
Prueba Shapiro Wilk para las variables dasométricas	29
Análisis de la varianza (ANOVA) para las variables dasométricas.....	30
Prueba de Tukey para las variables dasométricas.....	30
Índices de diversidad.....	32
Análisis de la varianza (ANOVA) para los índices de diversidad.....	35
Prueba de Tukey para los índices de diversidad.....	35
Gráfico en representación de la comparación de las Categorías Diamétricas	36
Índices de estructura	37
CONCLUSIONES	39
REFERENCIAS	40

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Representación esquemática del índice de mezcla de especies de Gadow utilizado como verificador de biodiversidad en este estudio.	17
Tabla 2. Representación esquemática del índice de Gadow utilizado como verificador de biodiversidad en este estudio.	18
Tabla 3. Representación esquemática del índice de dominancia utilizado como verificador de biodiversidad en este estudio.	20
Tabla 4. Especies registradas en los tres inventarios.	24
Tabla 5. Número de individuos y especies en los tres inventarios.	25
Tabla 6. Estadísticos descriptivos del diámetro de copa y altura para enero de 2018.	26
Tabla 7. Estadísticos descriptivos del diámetro de copa y altura para julio de 2018.	26
Tabla 8. Estadísticos descriptivos del diámetro de copa y altura para la segunda fecha de medición marzo de 2019.	27
Tabla 9. Estadísticos descriptivos de las variables dasométricas.	29
Tabla 10. Resultados de Shapiro Wilk para las variables dasométricas.	30
Tabla 11. Prueba paramétrica para comparación de grupos (ANOVA) usando la variable número de individuos por hectárea, (enero, julio y marzo).	30
Tabla 12. Prueba paramétrica para comparación de grupos (ANOVA) usando la variable área de copa por hectárea, (enero, julio y marzo).	30
Tabla 13. Prueba de Tukey para la variable número de individuos por hectárea.	31
Tabla 14. Prueba de Tukey para la variable área de copa por hectárea.	32
Tabla 15. Valores para los índices utilizados.	34
Tabla 16. Prueba paramétrica para comparación de grupos (ANOVA) usando el índice de Shannon, (enero, julio y marzo).	35
Tabla 17. Prueba paramétrica para comparación de grupos (ANOVA) usando el índice de Margalef, (enero, julio y marzo).	35
Tabla 18. Prueba de Tukey para el índice de Shannon.	36
Tabla 19. Prueba de Tukey para el índice de Margalef.	36
Tabla 20. Valores para los índices de estructura.	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del municipio de Monclova, Coahuila.	9
Figura 2. Representación esquemática de un sitio permanente (0.025 ha). Tomado de la Guía metodológica para el establecimiento de sitios de investigación forestal y de suelos en el estado de Durango.	12
Figura 3. IVI para las diferentes especies presentes en las tres mediciones....	28
Figura 4. Individuos por Categoría Diamétrica de Copa en centímetros.....	37

RESUMEN

El presente estudio caracterizó la estructura del ecosistema y diversidad de especies vegetales después de quemas prescritas realizadas en un área de matorral desértico micrófilo. El objetivo fue determinar la modificación de la diversidad y estructura dimensional de las especies arbóreas y arbustivas debido al cambio producido por las quemas prescritas. Se establecieron sitios de muestreo, dentro de los cuales se realizó un censo de todas las especies arbóreas y arbustivas. A cada individuo se le hicieron mediciones de diámetro de copa, se registró azimut y distancia para cada árbol, especie y altura. Para cada especie se obtuvo el índice de valor de importancia (IVI), calculado a partir de tres variables, abundancia de acuerdo con el número de árboles por hectárea (Naha-1), dominancia a través de la cobertura del área de copa y frecuencia con base en su presencia en los sitios de muestreo. Se calculó el índice de diversidad de Shannon (H') y el índice de riqueza de Margalef (DMG). Además, se obtuvo la distribución con la prueba de uniformidad de ángulos (W_i), el grado de mezcla de especies (M_i), la diferenciación dimensional (TDi) y la dominancia dimensional (UDi). El análisis de diversidad comparativo mostró que a 4 meses de la realización de las quemas prescritas si hay una diferencia significativa en diversidad y riqueza, pero en un periodo de un año después a las quemas la diferencia no es significativa. Esto puede concluir que el ecosistema de matorral desértico micrófilo se puede recuperar después de la presencia de fuego superficial de intensidad baja de manera natural.

Palabras clave: diversidad de especies, estructura espacial, diferenciación dimensional.

ABSTRACT

The present study characterized the structure of the ecosystem and diversity of plant species after prescribed burns performed in an area of microphilic desert scrub. The objective was to determine the modification of the diversity and dimensional structure of the tree and shrub species due to the change produced by the prescribed burning. Sampling sites were established, within which a census of all tree and shrub species was conducted. Cup diameter was measured for each individual, azimuth and distance were recorded for each tree, species and height. For each species the importance value index (IVI) was obtained, calculated from three variables, abundance according to the number of trees per hectare (Naha-1), dominance through the coverage of the canopy area and frequency based on its presence at the sampling sites. The Shannon diversity index (H') and the Margalef wealth index (DMG) were calculated. In addition, distribution was obtained with the angle uniformity test (W_i), the degree of species mixing (M_i), dimensional differentiation (TDi) and dimensional dominance (UDi). The comparative diversity analysis showed that 4 months after the realization of the prescribed burns if there is a significant difference in diversity and wealth, but in a period of one year after burning the difference is not significant. This may conclude that the microphilic desert scrub ecosystem can recover after the presence of low intensity surface fire naturally.

Key words: diversity of species, spatial structure, dimensional differentiation.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años aumenta drásticamente el riesgo de incendios por la acumulación de material combustible sobre el piso de los ecosistemas de matorral. Una de las alternativas para disminuir este riesgo o disminuir el potencial de daños es reducir periódicamente la cantidad de material combustible en el interior de los ecosistemas a través de la quema prescrita.

A pesar del riesgo y de los problemas que puede causar, el fuego es utilizado de forma controlada y/o prescrita como un instrumento útil y barato en diversas actividades forestales y agrícolas desde hace mucho tiempo en prácticamente todas las regiones del mundo.

La utilización de quemas prescritas puede promover el aumento en la regeneración natural, así como una mayor diversidad preservando los tipos de vegetación. Específicamente, a mantener su composición, estructura y procesos, incluyendo espacio vital que abre el fuego para especies de flora y fauna típicos, a su vez favoreciendo a la fauna por el aumento de rebrotes que sirven para su alimentación.

De acuerdo con Merck (1991), el fuego reduce cobertura para depredadores, expone semilla que quedarían escondidas y aumenta herbáceas que fauna como venados y borregos requieren.

Las especies vegetales adaptadas al fuego, de tipo rebrotadoras, se recuperan mediante rebrotes después de las quemas prescritas. Esta recuperación se da primero mediante yemas u órganos subterráneos o aéreos con reservas, luego a partir del nuevo follaje emitido, vía fotosíntesis, que permiten acumular nueva biomasa. Asimismo, las especies semilladoras germinan de sus semillas y acumulan biomasa conforme crecen. En ambos casos, se genera captura de carbono, como parte de la nueva biomasa, luego de la quema prescrita.

Dada la adaptación al fuego de los pastos, estas plantas rebrotan luego de ser afectadas por el fuego. Diversas investigaciones en varias partes del planeta,

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

dejan ver que los rebrotes tiernos son más apetecibles por la fauna, son más nutritivos y están más libres de parásitos que las hojas viejas.

La quema prescrita, a pesar de constituir una práctica cotidiana en otros países del mundo, principalmente para reducir los riesgos de incendios forestales y favorecer la regeneración natural, en México no es utilizada por el temor a los posibles efectos negativos del fuego. Unido a lo anterior, las investigaciones realizadas al respecto son limitadas e insuficientes.

ANTECEDENTES

El fuego es un importante factor ecológico, con efectos a corto y largo plazo en el suelo, agua, atmósfera, flora y fauna. En relación con la vegetación, el fuego ha sido y continúa siendo un factor primordial en el mantenimiento de los ecosistemas de matorral (Gill y Groves, 1981; Christensen, 1985; Trabaud, 1987; Naveh, 1990)

Una quema prescrita es la que se realiza según un plan técnico bajo prescripción, condicionada por los combustibles, meteorología y topografía para estimar un comportamiento del fuego acorde a una gestión sostenible, que marque unos objetivos con compatibilidad ecológica.

En ecosistemas susceptibles e influenciados, la política debe ser de exclusión del fuego, pero en los ecosistemas mantenidos por los incendios, su eliminación sólo empeora el problema, causando acumulación de combustibles y llamas más intensas. En este caso el problema no es relativo a si se quema o no el bosque, sino su frecuencia, intensidad, época y tipo de incendio, es decir, si su régimen de fuego se encuentra alterado o no. En un escenario global de incendios más frecuentes y extensos, debido al cambio climático global (IPCC, 2001) y la pobreza en las zonas rurales, la integración de la prevención y el combate de incendios con el manejo comunitario del fuego (dado que cerca de la mitad de los incendios obedecen a causas agropecuarias), con su uso ecológico y silvícola en ecosistemas mantenidos por incendios, buscando la maximización de impactos positivos del fuego (regeneración, crecimiento del arbolado, reducción de combustibles y de peligro de incendio de mayor magnitud) y la minimización de los negativos (mortalidad de árboles, contaminación, erosión, deforestación), conforman el moderno manejo o el manejo integral del fuego (Rodríguez, 2000; Jardel *et al.*, 2006; Myers, 2006).

Las quemas prescritas pueden ser efectuadas de modo que las modificaciones de los parámetros edáficos sean escasos (Vega *et al.*, 1998), facilitando la reducción del combustible y favoreciendo temporalmente a las herbáceas con la

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

consiguiente creación de microhábitats para la vida silvestre y el ganado extensivo (Vega *et al.*, 1998).

Son muchos los factores que influyen en la recuperación de la vegetación tras incendio: la intensidad del mismo, la periodicidad en las repeticiones, la cantidad y calidad del combustible (Gill, 1981; Trabaud, 1987 a, b; Clement y Touffet, 1990; Moreno y Oechel, 1991, 1992; Reyes y Casal, 1998).

Los incendios forestales generan diversos impactos negativos ecológicos y económicos, además de las amenazas para combatientes y personas que viven en o cerca del bosque, pero los incendios también cumplen un papel ecológico o evolutivo en diversos ecosistemas forestales. (TNC, 2004) y (Myers, 2006) dividen los ecosistemas por su relación con el fuego en: 1) mantenidos por el fuego: han evolucionado bajo su continua influencia y lo requieren, 2) susceptibles: han evolucionado en ambientes con pocos incendios, se queman rara vez, pero cuando lo hacen el evento suele ser catastrófico y sufren cambios dramáticos; 3) influenciados: intermedios entre los dos anteriores; 4) ecosistemas independientes del fuego, como la vegetación desértica, donde la falta de continuidad entre combustibles no propicia la propagación de las llamas. En México, 40% de la superficie con vegetación corresponde a ecosistemas mantenidos por el fuego (pinares, zacatonales, diversos matorrales, varios encinares, palmares, popales, tulares y sabanas), 50% a ecosistemas susceptibles o influenciados (todo tipo de selvas, bosque mesófilo de montaña, oyametales, manglares, varios matorrales y varios bosques de galería) y 10% a independientes (vegetación de las zonas más áridas) (UACH, 2004).

Los sitios permanentes son la fuente de información más importante en manejo e investigación forestal (Graves, 1906; Solomon, 1979; Williams, 1991; Gadow *et al.*, 1999). Estos sitios son instrumentos que permiten seguir el crecimiento y rendimiento de ecosistemas con el propósito de obtener información esencial para ser utilizada en el momento de tomar decisiones de manejo forestal.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Un programa de investigación forestal a través del establecimiento de sitios permanentes permite a los manejadores e investigadores forestales observar diversas variables ecológicas, sociales, económicas y culturales relevantes, además de coleccionar información básica y esencial de cómo funcionan los ecosistemas.

Los índices de diversidad y estructura cada día tienen mayor importancia como criterios de comparación de alternativas y control de decisiones en el manejo forestal (Neumann y Starlinger, 2001). Una forma confiable y práctica de integrar aspectos de diversidad en el plan de manejo forestal es el control de la estructura de los rodales del ecosistema forestal (Ozdemir *et al.*, 2012), dado que la diversidad de especies está correlacionada con la diversidad de hábitats (Neumann y Starlinger, 2001), específicamente, la estructura del estrato arbórea es un indicador de la biodiversidad del sistema y es fácilmente modificable a través de la silvicultura (Solís, *et al.*, 2006).

La evaluación de la composición de la estructura o condiciones de un rodal es posible describirla con tres características: 1) diversidad y mezcla de especies, 2) posición o distribución espacial, y 3) el arreglo de la diferenciación vertical y horizontal o diferencia de tamaños (Jiménez, *et al.*, 2001; Aguirre *et al.*; 2003; Castellanos *et al.*, 2008).

La estructura de la masa forestal es un indicador de la composición y función del ecosistema, por lo que sus estudios nos proporcionan información sobre los diferentes procesos que tienen lugar en cada etapa del ciclo de desarrollo de la masa forestal. Del Rio 2003 menciona que los aspectos más relevantes sobre un estudio de estructura es la distribución del arbolado, así como la diferenciación en diámetro y altura.

L. tridentata (La Gobernadora) es un arbusto de 2 a 3 m de altura que se distribuye en forma casi ininterrumpida desde Nevada, Utah, Nuevo México y Texas (en Estados Unidos) hasta Guanajuato, Querétaro e Hidalgo (en México)

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

donde es una de las especies más abundantes y conspicuas (Rzedowski y Calderón, 1988).

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

JUSTIFICACIÓN

En el área de estudio se ha observado que después de la ocurrencia de incendios existe la aparición de nuevas especies sin que esta se haya documentado de manera científica, por lo que se debe realizar un análisis sobre la estructura y diversidad después de quemadas prescritas en el matorral desértico micrófilo, para conocer la respuesta en la dinámica sucesional de este ecosistema.

HIPÓTESIS

Las características de la estructura y diversidad de especies arbustivas y arbóreas son diferentes después de aplicar quemas prescritas en matorral desértico.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la estructura y diversidad de especies arbustivas y arbóreas, antes y después de quemas prescritas en el matorral desértico micrófilo, de tal forma que contribuya al conocimiento de la dinámica “sucesional” de este tipo de ecosistema.

Objetivos Específicos

- Analizar la distribución espacial de especies arbustivas y arbóreas, en matorral desértico micrófilo después de la aplicación de quemas prescritas.
- Conocer la interacción espacial de las especies arbustivas y arbóreas, y sus características como diámetro y especies en matorral desértico micrófilo después de la aplicación de quemas prescritas.
- Determinar las especies arbustivas y arbóreas, que son tolerantes a el fuego en el matorral desértico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El área de estudio corresponde a un rancho cinegético en matorral desértico micrófilo en el municipio de Monclova, en la región Centro-Este del estado de Coahuila ($101^{\circ} 25' 20''$ longitud oeste, $26^{\circ} 54' 37''$ latitud norte), al norte de México, tiene una elevación media de 600 msnm, está enclavada en el valle formado por La Sierra de La Gloria y los cerros El Mercado y La Rata; limita al Norte con el municipio de Abasolo; al Sur con el de Castaños, al Este con el de Candela y al Oeste con el municipio de Frontera. Se localiza a una distancia aproximada de 195 kilómetros de Saltillo (Figura 1).



Figura 1. Localización del municipio de Monclova, Coahuila.

Clima.

Según datos recabados del Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI 1985), el clima que prevalece en el área de estudio es semiárido cálido, no hay mucha precipitación durante todo el año, se presentan durante el verano. La precipitación promedio es de 400 milímetros por año, la menor cantidad de lluvia ocurre en marzo, el promedio de este mes es 8 mm, en septiembre, la precipitación alcanza su pico, con un promedio de 72 milímetros. La temperatura promedio es de 18 a 22°C, la temperatura más alta, mayor de 30°C, se presenta en los meses de mayo a agosto y la más baja en enero, que es alrededor de 4°C.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Edafología.

Se pueden distinguir dos tipos de suelo:

Xerosol.- Suelo de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión.

Regosol.- No presenta capas distintas, es claro y se parece a la roca que le dio origen. Su susceptibilidad a la erosión es muy variable y depende del terreno en el que se encuentre.

Geología.

La información derivada de los estudios geomorfológicos de la Sierra Madre Oriental, manifiesta que las rocas pertenecen al período cuaternario, las cuales se han calificado como rocas ígneas intrusivas de composición ácida (monzonita y granodioritas) están compuestas principalmente por cuarzo, feldespato y mica, y rocas sedimentarias (Caliza) de composición intermedia compuesta generalmente de dos tercios de plagioclasas y un tercio de minerales oscuros como hornablenda, biotita y a veces piroxeno, y un suelo aluvial.

Fisiografía.

El área de estudio se encuentra ubicada en la Provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, en las Sub-Provincias Sierras y Llanuras Coahuilenses y Pliegues Saltillo Parras.

Relieve.

El sistema de topoformas es considerado como llanura desértica de piso rocoso o cementado, asociado con bajada típica, por esta razón, el área de estudio puede considerarse como plana o con pendientes poco pronunciadas.

Topografía.

La mayor parte del área de estudio tiene una pendiente baja, la cual se puede considerar plana. La altura sobre el nivel medio del mar se ubica en el rango de 683 a 835 m.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Vegetación.

La mayor parte de sus formaciones vegetales son matorral desértico micrófilo. En su estrato arbóreo dominan las especies *Prosopis glandulosa*, *Yucca filifera*, *Acacia farnesiana*, *Parkinsonia aculeata* y *Diospyros texana*. El estrato arbustivo lo constituyen *Acacia rigidula*, *F. cernua*, *Karwinskia humboldtiana*, *Eysenhardtia texana*, *Leucophyllum frutescens*, *Forestiera angustifolia*, *Guaiacum angustifolium*, *Castela texana*, *Sida acuta*, *Celtis pallida*, *Bernardia myricifolia*, *L. tridentata*, *Euphorbia milii*, *Salvia officinalis*, *Euphorbia antisyphilitica*, *Havardia pallens*, *Cylindropuntia leptocaulis* y *Dasyllirion wheeleri*, el herbáceo está dominado por especies de gramíneas y compuestas. Y las especies en forma de roseta dominadas por *Agave lechuguilla* y *Agave americana*.

METODOLOGÍA

Selección de los sitios

Para analizar la caracterización estructural del matorral desértico micrófilo en el área de estudio se desarrolló un estudio de quince parcelas permanentes de investigación. Se realizó la instalación y remediación de los sitios, los cuales fueron evaluados en un intervalo de un año y tres meses, correspondientes a una medición inicial en enero de 2018 antes de realizar las quemadas prescritas la cual fue la base para determinar este estudio, y dos remediciones después de las quemadas prescritas, en julio de 2018 y marzo de 2019. Las quemadas prescritas se realizaron en marzo de 2018.

Tamaño y forma de los sitios.

Los sitios de tamaño fijo son recomendados debido a que son más fáciles de controlar en el campo. Los sitios circulares son más difíciles de delimitar y pueden ser usados con precisión en el caso de las plantaciones. Para rodales de ecosistemas naturales el uso de sitios cuadrados es más apropiado y por lo tanto recomendado para este estudio. Se propone que el tamaño de los sitios sea de 25x10 metros (0.025 ha) (Figura 2).

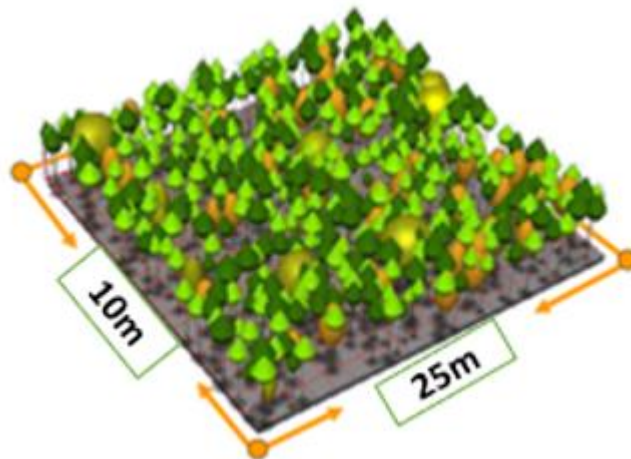


Figura 2. Representación esquemática de un sitio permanente (0.025 ha). Tomado de la Guía metodológica para el establecimiento de sitios de investigación forestal y de suelos en el estado de Durango.

Información a medir.

Para cada parcela se registró la siguiente información dasométrica: número de árbol, especie, dominancia, altura total (m), dos diámetros de copa (norte-sur, este-oeste), azimut y distancia de cada uno de los individuos al centro de la parcela.

Análisis de la información.

Para cada especie se determinará su abundancia, de acuerdo con el número de árboles, su cobertura, en función del área de copa, y su frecuencia con base en su presencia en los sitios de muestreo. Estos valores se utilizarán para obtener un valor ponderado a nivel de especie denominado índice de valor de importancia (IVI), que adquiere valores porcentuales en una escala de 0 a 100 (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Las fórmulas para estos cálculos se describen a continuación.

$$A_i = N_i/E$$

$$AR_i = \left(A_i / \sum_{i=1..n} A_i \right) \times 100$$

donde A_i es la abundancia absoluta, AR_i es la abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total, N_i es el número de individuos de la especie i , y E la superficie de muestreo (ha).

La cobertura relativa se evaluó mediante:

$$D_i = Ab_i/E(ha)$$

$$DR_i = \left(D_i / \sum_{i=1..n} D_i \right) \times 100$$

donde D_i es la cobertura absoluta, DR_i es cobertura relativa de la especie i respecto a la cobertura, Ab el área de copa de la especie i y E la superficie (ha).

La frecuencia relativa se obtuvo con la siguiente ecuación:

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

$$F_i = P_i / NS$$

$$FR_i = \left(F_i / \sum_{i=1..n} F_i \right) \times 100$$

donde F_i es la frecuencia absoluta, FR_i es la frecuencia relativa de la especie i respecto a la suma de las frecuencias, P_i es el número de sitios en el que está presente la especie i y NS el número total de sitios de muestreo.

El índice de valor de importancia (IVI) se define como (Whittaker, 1972; Moreno, 2001):

$$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3}$$

Índices de diversidad

Para estimar la diversidad y riqueza de especies se utilizaron los índices de Shannon y Margalef, respectivamente. Un aspecto muy importante que es utilizado para la caracterización de una determinada área es la estructura del sistema, para conocer el grado de mezcla de las especies, la distribución espacial y el grado de diferenciación dimensional en este trabajo se utilizaron los índices de mezcla de especies de Gadow, el índice de uniformidad, y los índices de diferenciación dimensional en diámetro y altura, así como el índice de dominancia (Castellanos, 2008).

Shannon

En este trabajo la diversidad de especies para cada parcela se describió a través del índice de Shannon (H'), el cual es una medida de diversidad derivada de la teoría de la información ya que se fundamenta en la lógica (Magurran, 1988). Gadow (1993) menciona que el índice de Shannon es una de las variables más

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

empleadas para la estimación de la diversidad de especies y refleja de buena manera la diversidad de poblaciones florísticamente ricas.

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \times \ln (P_i)$$

$$P_i = n_i / N$$

Donde: (pi)=abundancia relativa de cada especie i (en número de individuos por ha), ln (pi)= logaritmo natural de base 4 de la abundancia relativa de cada especie i.

El valor del índice de Shannon (H') se incrementa conforme un mayor número de especies y la proporción de individuos de estas es más homogénea. H' depende, por lo tanto, no solo del número de especies presentes en un ecosistema, sino también de la frecuencia con que estén representadas.

Margalef

El índice de Margalef, se utiliza para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada.

$$D_{Mg} = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$$

Donde= S= número de especies, N= número total de individuos.

El mínimo valor que puede adoptar es cero y ocurre cuando solo existe una especie en la muestra (S=1, por lo que S-1=0).

Estructura arbórea

La caracterización de los tres componentes estructurales evaluados en este trabajo (el grado de mezcla, la distribución espacial y el grado de diferenciación), se basó en la estimación de cinco índices desarrollados para la caracterización de la diversidad estructural. La base para la determinación de tales índices la

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

constituyo un método de muestreo conocido como grupo estructural de los cinco árboles. Este sistema de muestreo fue desarrollado por un grupo de investigadores de la Universidad de Göttingen, Alemania, para evaluar los tributos estructurales de los árboles que conforman una masa forestal (Gadow, 1993; Földner, 1995; Gadow *et al.*, 2001; Aguirre *et al.*, 2003; Corral *et al.*, 2005; Solís *et al.*, 2006).

Diversidad y mezcla de especies

La diversidad de especies es un aspecto importante que debe ser considerado dentro del concepto de diversidad estructural y manejo sostenible de ecosistemas. Su monitoreo en las escalas espacial y temporal permite detectar cambios en indicadores clave de manejo forestal sostenible.

Índice de Mezcla de especies de Gadow.

La estimación del índice de mezcla de especies de Gadow M_i (Fülder, 1995) evalúa la diversidad de especies de la vecindad de un árbol de referencia i y se define como la proporción de los n vecinos que no pertenecen a la misma especie del árbol de referencia. El valor de este índice puede variar entre 0 y 1 (Tabla 1).

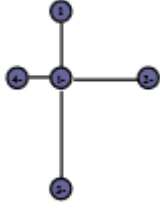
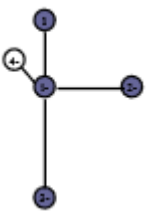
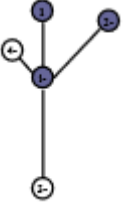
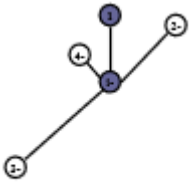

El índice de mezcla de especies se obtiene de la siguiente ecuación:










$$M_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_j$$

Donde v_j es una variable binaria discreta que asume el valor de 0 cuando el j -ésimo árbol es de la misma especie que el árbol de referencia i , y el valor de 1 si es de diferente especie. Valores cercanos a cero indican que las especies analizadas tienden a agruparse y que no se mezclan con el resto. Por el contrario, valores cercanos a uno indican una preferencia a mezclarse entre ellas.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Tabla 1. Representación esquemática del índice de mezcla de especies de Gadow utilizado como verificador de biodiversidad en este estudio.

Sin Mezcla	Poca mezcla	Mezcla moderada	Mezcla alta	Mezcla muy alta
				
Mi = 0	Mi = 0.25	Mi = 0.50	Mi = 0.75	Mi = 1
Los cuatro vecinos pertenecen a la misma especie del árbol de referencia	Tres de los cuatro vecinos pertenecen a la misma especie del árbol de referencia	Dos de los cuatro vecinos pertenecen a la misma especie del árbol de referencia	Uno de los cuatro vecinos pertenece a la misma especie del árbol de referencia	Ninguno de los cuatro vecinos pertenece a la misma especie del árbol de referencia

-  Árbol de referencia
-     Vecinos que no pertenecen a la misma especie del árbol de referencia
-     Vecinos que pertenecen a la misma especie del árbol de referencia

Distribución espacial.

Diversos métodos han sido propuestos para la caracterización de la distribución espacial de los árboles dentro de los rodales (Clark y Evans, 1954; Ripley, 1977; Gadow *et al.*, 1999). Para evaluar la distribución espacial de los individuos en sitios permanentes, en este trabajo se empleó el índice de uniformidad de Gadow, ya que es de sencillo cálculo y ha probado ser eficiente para la descripción de este componente estructural.

Índice de uniformidad de Gadow.

La determinación del índice de uniformidad de Gadow W_i (Gadow *et al.*, 1999), se basó en la medición de los ángulos entre dos vecinos al árbol de referencia i y su comparación con el ángulo estándar α , de tal manera que considerando cuatro vecinos al árbol de referencia W_i puede tomar valores de 0 hasta 1, donde un valor cercano a cero representa condiciones a la regularidad, valores cercanos

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

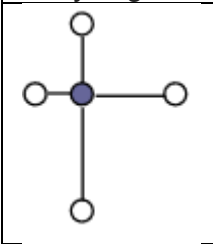
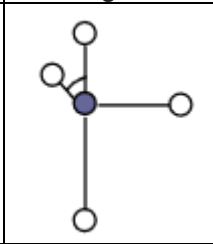
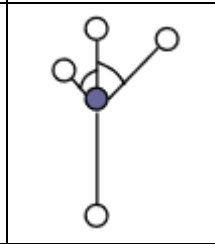
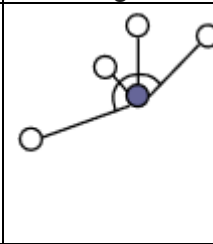
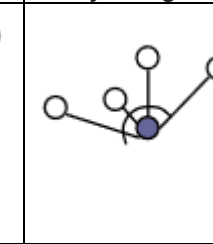
a 0.5 muestra tendencia a la aleatoriedad y aquellos cercanos a uno representa condiciones de agrupamiento (Tabla 2).

El índice de uniformidad se obtiene con la siguiente ecuación:

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n W_{ij}$$

Donde= W_{ij} es una variable binaria discreta que asume el valor de 1 si el j -ésimo ángulo entre dos árboles vecinos es menor o igual al ángulo estándar ∞ , y 0 en caso contrario.

Tabla 2. Representación esquemática del índice de Gadow utilizado utilizado como verificador de biodiversidad en este estudio.

Muy regular	Regular	Aleatorio	Irregular	Muy irregular
				
$W_i = 0.00$	$W_i = 0.25$	$W_i = 0.50$	$W_i = 0.75$	$W_i = 1.00$
Ninguno de los ángulos ∞_j es menor que ∞	Uno de los ángulos ∞_j es menor que ∞	Dos de los ángulos ∞_j es menor que ∞	Tres de los ángulos ∞_j es menor que ∞	Los cuatro ángulos ∞_j son menores que ∞

● Árbol de referencia

○ ○ ○ ○ Vecinos más cercanos

En este trabajo se utilizó un ángulo estándar de 72° para la estimación de este índice, debido a que en las simulaciones de Hui y Gadow (2002), se encontró a este valor como el ángulo estándar óptimo produciendo un promedio de $W=0.5$ para una distribución aleatoria de los árboles dentro de los sitios que se simularon.

Diferenciación dimensional.

La última de las principales características que definen la estructura de un rodal analizadas en este trabajo es la variación existente entre los tamaños de los

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

árboles que lo constituyen. Para evaluar este componente estructural se utilizaron los índices de diferenciación diamétrica (TDi) y de altura (THi), y el índice de dominancia (Aguirre *et al.*, 2003). Estos índices han probado ser útiles para describir la estructura horizontal y vertical de los ecosistemas forestales.

Índice de diferenciación diamétrica (TDi) y de altura (THi).

Los índices de diferenciación diamétrica (TDi) y de altura (THi) (Hui y Gadow, 2002), fueron obtenidos al igual que otros índices de las relaciones de vecindad entre los árboles de los sitios.

Una manera sencilla para el cálculo de estas variables es a través del uso de los coeficientes de variación de los tamaños de los árboles que forman el grupo estructural. Para hacer compatibles estas variables se integraron cinco grupos de diferenciación dimensional de acuerdo con Hui y Gadow (2002) utilizando el valor del coeficiente de variación: escasa Ti = 0.00: CV = 0.05; moderada Ti = 0.25: 0.05 < CV < 0.15; media Ti = 0.50: 0.15 CV < 0.30; Alta Ti = 0.75: 0.30 CV < 0.60; muy alta Ti = 1.0 < 0.60 CV.

Los índices de diferenciación diamétrica (TDi) y de altura (THi) se obtienen con las siguientes ecuaciones:

$$TDi = \frac{\text{desviación estándar del diámetro}}{\text{diámetro medio}}$$

$$THi = \frac{\text{desviación estándar de la altura}}{\text{altura media}}$$

Índice de dominancia.

La dominancia de un árbol de referencia i (Ui) se define como la proporción de los cuatro vecinos que son más grandes que dicho árbol (Gadow y Hui, 2002). Al igual que la mayoría de los índices, los valores de esta variable varían de 0 a 1: Ui= 0 si los cuatro vecinos son más grandes que el árbol de referencia i (suprimido); Ui= 0.25 si tres de los vecinos son más grandes que el árbol de referencia i (intermedio); Ui =0.50 si dos de los vecinos son más grandes que el árbol de referencia i (codominante); Ui =0.75 si uno de los vecinos es más grande que el árbol de referencia i (dominante) y Ui =1 si ninguno de los vecinos es más

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

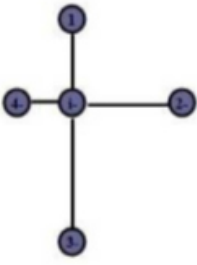
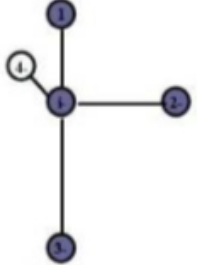
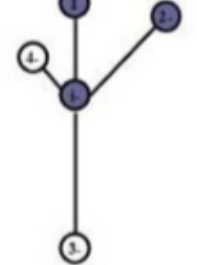
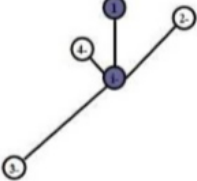
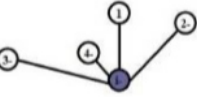
grande que el árbol de referencia i (muy dominante). Los cinco valores de U_i corresponden con las clases sociales desarrolladas por Kraft (1884) (Tabla 3)


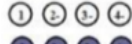

El índice de dominancia se obtiene con la siguiente ecuación:

$$U_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_j$$

Donde v_j = variable binaria discreta que asume el valor de 1 cuando el árbol j es más chico que el árbol de referencia i , y el valor de 0 en caso contrario.

Tabla 3. Representación esquemática del índice de dominancia utilizado como verificador de biodiversidad en este estudio.

Suprimido	Intermedio	Codominante	Dominante	Muy dominante
				
$U_i=0$	$U_i=0.25$	$U_i=0.50$	$U_i=0.75$	$U_i=1$
Los cuatro vecinos son más grandes que el árbol de referencia	Tres vecinos son más grandes que el árbol de referencia	Dos vecinos son más grandes que el árbol de referencia	Uno de los vecinos es más grande que el árbol de referencia	Ninguno de los vecinos es más grande que el árbol de referencia

-  Árbol de referencia
-  Vecinos más pequeños que el árbol de referencia i
-  Vecinos más grandes que el árbol de referencia i

Efecto de borde.

La estimación de los índices se realizó utilizando el programa estadístico SAS (SAS, Institute, 2009). El cálculo de la mayoría de los índices analizados en este trabajo siempre estará sesgado en aquellos árboles cercanos a los bordes de las parcelas, a menos que un esquema de corrección por efectos de borde sea aplicado en su estimación. La razón es que estos árboles son problemáticos

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

porque sus vecinos potenciales pueden estar localizados fuera del área de interés. En este trabajo, para eliminar el efecto de borde y obtener informaciones insesgadas de las variables estructurales, se implementó un método de corrección de borde del n vecino más cercano (en inglés nearest neighbour edge correction method) propuesto por Pommerening y Stoyan (2006) en todas las rutinas de SAS usadas en la estimación de los índices. Esta técnica de corrección de borde permite obtener estimaciones sesgadas para los valores medios de todos los índices, así como también las verdaderas distribuciones de sus valores. El principio se basa en el concepto de “minus sampling” por su término en inglés (reducción del número de árboles de referencia) y evalúa si todos los n vecinos más cercanos a un árbol de referencia i se encuentran verdaderamente localizados dentro de la parcela de observación, eliminando aquellos individuos que se encuentran muy cerca a alguno de los bordes de la parcela de investigación. Debido a que los cuatro vecinos más cercanos a un árbol de referencia i , normalmente se enumeran en orden ascendente de acuerdo a la distancia, en este estudio todos los árboles de referencia cuya distancia media al cuarto árbol es más grande que la distancia al borde más cercano fueron ignorados.

Test de Shapiro–Wilk

En estadística, el Test de Shapiro–Wilk se usa para contrastar la normalidad de un conjunto de datos, en este estudio se utilizara para ver la normalidad de los datos de las variables dasométricas. Se plantea como hipótesis nula que una muestra x_1, \dots, x_n proviene de una población normalmente distribuida.

El estadístico del test es:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

donde

$x_{(i)}$ (con el subíndice i entre paréntesis) es el número que ocupa la i -ésima posición en la muestra (con la muestra ordenada de menor a mayor);

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

$\bar{x} = (x_1 + \dots + x_n) / n$ es la media muestral;

las variables a_i se calculan

$$(a_1, \dots, a_n) = \frac{m^T V^{-1}}{(m^T V^{-1} V^{-1} m)^{1/2}}$$

Donde

$$m = (m_1, \dots, m_n)^T$$

siendo m_1, \dots, m_n son los valores medios del estadístico ordenado, de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas, muestreadas de distribuciones normales. V es la matriz de covarianzas de ese estadístico de orden.

Análisis de Varianza (ANOVA) con prueba de Tukey

Para evaluar si la abundancia, dominancia y cobertura de la diversidad arbórea, así como de los índices de diversidad y estructura utilizados en este trabajo suponen una diversidad estructural significativamente diferente entre ambas mediciones, que indique que la aplicación de las quemadas prescritas modifica la estructura del estrato arbóreo fue aplicada la comparación de medias de Análisis de Varianza con prueba de Tukey considerando un 95% de nivel de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se registraron 26 especies, pertenecientes a 15 familias y 22 géneros. El género *Acacia* presentó la mayor riqueza con 3 especies, seguido del género *Agave* y *Euphorbia* con 2 especies cada uno. Como se observa en la tabla 4, de las 26 especies registradas en los tres inventarios solo comparten 15, pues *C. texana* y *E. milii* se registraron en enero de 2018 pero no se encontraron en julio de 2018 y marzo de 2019, además *A. farnesiana*, *H. pallens* y *P. aculeata* se identificaron en julio de 2018 pero no se localizaron en enero de 2018 y marzo de 2019, y *Acacia berlandieri* se reconoció en marzo de 2019 pero no se presentó en enero de 2018 y julio de 2018.

Las especies que se vieron favorecidas en cuanto a su propagación después de aplicar las quemas prescritas son *A. berlandieri*, *A. farnesiana*, *C. leptocaulis*, *D. wheeleri*, *D. texana*, *E. antisiphilitica*, *H. pallens* y *P. aculeata*, ya que se encontraron en las dos mediciones realizadas después de las quemas prescritas.

Las especies que fueron resistentes al fuego son *A. rigidula*, *A. americana*, *A. lechuguilla*, *B. myricifolia*, *C. pallida*, *E. texana*, *F. cernua*, *F. angustifolia*, *G. angustifolium*, *K. humboldtiana*, *L. tridentata*, *L. frutescens*, *P. glandulosa*, *S. acuta* y *Y. filifera*, encontrándose en las tres mediciones realizadas antes y después de las quemas prescritas.

Las especies que fueron vulnerables al fuego son *C. texana* y *E. milii* encontrándose en la primera medición antes de realizar las quemas y ausentándose en las dos mediciones posteriores a las quemas.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Tabla 4. Especies registradas en los tres inventarios.

Especie	Familia	Género	ene-18	jul-18	mar-19
<i>Acacia berlandieri</i>	Fabaceae	Acacia			✓
<i>Acacia farnesiana</i>	Fabaceae	Acacia		✓	
<i>Acacia rigidula</i>	Fabaceae	Acacia	✓	✓	✓
<i>Agave americana</i>	Asparagaceae	Agave	✓	✓	✓
<i>Agave lechuguilla</i>	Agavaceae	Agave	✓	✓	✓
<i>Bernardia myricifolia</i>	Euphorbiaceae	Bernardia	✓	✓	✓
<i>Castela texana</i>	Simarubáceae	Castela	✓		
<i>Celtis pallida</i>	Cannabaceae	Celtis	✓	✓	✓
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	Cactaceae	Cylindropuntia		✓	✓
<i>Dasyllirion wheeleri</i>	Asparagaceae	Dasyllirion		✓	✓
<i>Diospyros texana</i>	Ebenaceae	Diospyros		✓	✓
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	Euphorbiaceae	Euphorbia		✓	✓
<i>Euphorbia milii</i>	Euphorbiaceae	Euphorbia	✓		
<i>Eysenhardtia texana</i>	Fabaceae	Eysenhardtia	✓	✓	✓
<i>Flourensia cernua</i>	Astereaceae	Flourensia	✓	✓	✓
<i>Forestiera angustifolia</i>	Oleaceae	Forestiera	✓	✓	✓
<i>Guaiacum angustifolium</i>	Zygophyllaceae	Guaiacum	✓	✓	✓
<i>Havardia pallens</i>	Fabaceae	Havardia		✓	
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	Rhamnaceae	Karwinskia	✓	✓	✓
<i>Larrea tridentata</i>	Zygophyllaceae	Larrea	✓	✓	✓
<i>Leucophyllum frutescens</i>	Scrophulariaceae	Leucophyllum	✓	✓	✓
<i>Parkinsonia aculeata</i>	Fabaceae	Parkinsonia		✓	
<i>Prosopis glandulosa</i>	Fabaceae	Prosopis	✓	✓	✓
<i>Salvia officinalis</i>	Lamiaceae	Salvia	✓		✓
<i>Sida acuta</i>	Malvaceae	Sida	✓	✓	✓
<i>Yucca filifera</i>	Asparagaceae	Yucca	✓	✓	✓

Para las diferentes parcelas muestreadas en la tabla 5 se muestra el número de individuos encontrados en los inventarios en enero de 2018, julio de 2018 y marzo de 2019, así como el número de especies presentes, la parcela 1 presentó una reducción en el número de sus individuos (11), en contraste con esto, las parcelas restantes presentaron aumento en su número de individuos entre enero de 2018 y julio de 2018, las parcelas 1 y 6 mostró un acrecentamiento en el número de individuos (39, 14), a diferencia con ello, las parcelas sobrantes mostraron disminución en su número de individuos entre julio de 2018 y marzo de 2019. Las parcelas 3, 6, 7 y 8 permanecieron con el mismo número de especies, las parcelas 1, 4, 5, 9, 10 y 13 exhibió un descenso en el número de sus especies, en oposición con esto, las parcelas restantes exhibieron engrandecimiento en su número de sus especies entre enero de 2018 y julio de 2018, las parcelas 10, 14 y 15 se mantuvieron con un número igual de especies, las parcelas 7, 8, 11 y 12 presentó un declive en el número de sus especies, en contraste con ello, las

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

parcelas sobrantes presentaron aumento en su número de especies entre julio de 2018 y marzo de 2019.

Tabla 5. Número de individuos y especies en los tres inventarios.

Número de parcela	S1	S2	S3	Número de individuos enero 2018	Número de individuos julio 2018	Número de individuos marzo 2018
1	11	5	14	41	30	69
2	7	9	11	23	205	120
3	9	9	11	37	134	55
4	10	6	11	41	163	67
5	7	5	7	31	62	51
6	8	8	10	40	170	184
7	7	7	6	39	268	158
8	9	9	7	48	248	95
9	10	9	10	55	130	60
10	9	8	8	39	264	123
11	7	9	7	42	101	89
12	8	10	6	36	70	51
13	9	6	8	41	154	109
14	6	8	8	44	196	151
15	8	10	10	44	388	48

Donde: S1= especies en enero de 2018; S2=especies en julio de 2018; S3= especies en marzo de 2019.

En las tablas 6, 7 y 8 se muestran los estadísticos descriptivos para las parcelas en enero de 2018, julio de 2018 y marzo de 2019, respectivamente.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Tabla 6. Estadísticos descriptivos del diámetro de copa y altura para enero de 2018.

Parcela	Dc (cm)				H (cm)			
	Max	Min	x	SD	Max	Min	x	SD
1	287.50	35.50	109.57	50.81	350.00	53.00	142.78	64.44
2	360.50	54.00	166.00	77.83	295.00	79.00	161.83	53.10
3	314.00	49.00	139.31	66.87	400.00	76.00	154.81	75.61
4	322.50	35.00	114.04	59.80	415.00	61.00	166.93	86.92
5	304.50	20.50	105.97	67.94	288.00	31.00	148.58	71.36
6	210.00	42.50	93.98	41.55	241.00	47.00	109.20	48.32
7	221.50	43.50	119.81	48.80	330.00	42.00	134.28	64.62
8	229.50	20.50	106.20	52.75	231.00	23.00	109.27	54.41
9	239.00	13.00	105.05	60.44	273.00	27.00	131.73	64.22
10	235.50	25.50	106.42	50.57	221.00	17.00	110.49	57.10
11	314.50	30.50	100.61	61.79	288.00	36.00	105.10	58.92
12	220.50	26.50	110.39	50.15	256.00	30.00	141.33	53.02
13	271.00	36.50	136.18	59.61	360.00	36.00	149.61	63.61
14	218.00	32.00	105.86	45.13	296.00	48.00	132.68	58.91
15	250.50	32.00	126.94	55.27	309.00	41.00	158.34	64.42

Donde: Dc= Diámetro de copa; H= altura; \bar{x} = media; SD= desviación estándar.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos del diámetro de copa y altura para julio de 2018.

Parcela	Dc (cm)				H (cm)			
	Max	Min	x	SD	Max	Min	x	SD
1	160	17	63.47	41.62	130	14	73.53	34.54
2	217.5	11.5	33.31	24.1	171	10	45.98	26.6
3	189	10	21.54	25.3	412	7	28.78	41.9
4	135	6	23.38	17.1	148	10	28.30	15.6
5	74.5	12	16.9	10.5	41	7	19.71	5.4
6	200	8	19.7	26	243	5	52.86	25.8
7	170	4	19.4	25.7	165	5	43.62	19.6
8	220.5	4	26.6	29.5	338	3	47.56	40
9	235.5	11	33.3	38.9	290	12	52.55	48.2
10	199	2	15.8	14.8	168	6	24.21	15.1
11	270	4	27.5	34.7	260	8	48.52	34.3
12	130.5	4	25.8	18.8	166	9	35.16	27.7
13	265.5	3	19.1	34.5	279	5	28.06	36.5
14	83.5	2	23	11.9	170	11	38.66	14.2
15	200	4	17.1	18.7	242	4	28.79	22.2

Donde: Dc= Diámetro de copa; H= altura; \bar{x} = media; SD= desviación estándar.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Tabla 8. Estadísticos descriptivos del diámetro de copa y altura para la segunda fecha de medición marzo de 2019.

Parcela	Dc (cm)				H (cm)			
	Max	Min	x	SD	Max	Min	x	SD
1	160	8	50.46	32.74	130	7	58.6	38.43
2	260	10	44.7	40.36	327	6	51.3	53.4
3	170	4.5	42.7	36.7	170	3	46.7	39.4
4	140	7	40.9	25.6	140	7	48.7	31.5
5	90	9	35.5	19.2	92	7	47.4	24.8
6	222.5	5	29.4	22.4	180	4	35.9	23
7	175	6.5	28.5	24.1	235	3	39.7	35.6
8	114	4	28.5	23.7	230	6	45.9	42.8
9	195	6	35.4	41.4	220	7	44.6	46.7
10	172.5	10	25.4	18.7	180	10	33.1	21.2
11	267.5	5	40.3	43.1	290	18	51.4	42.2
12	161.5	5	42.3	32.6	236	15	50.2	35.7
13	185.5	5.5	33.8	32.4	275	10	46	46.5
14	90	2	33.6	15.3	106	10	36.5	12.8
15	235	8.5	45.8	46.2	250	4	48.1	60.4

Donde: Dc= Diámetro de copa; H= altura; \bar{x} = media; SD= desviación estándar. Para todos los cuadros primero la media, SD, max y min, en ese orden

Gráfico en representación del Índice de Valor de Importancia (IVI) para los tres inventarios.

En el histograma se aprecia la relación del IVI en los tres inventarios, enero 2018, julio 2018 y marzo 2019, respectivamente. Los porcentajes para las especies con mayor IVI antes de realizar las quemias prescritas, se mantienen para todas las parcelas, siendo las especies de *A. rigidula*, *F. cernua*, *E. texana*, *K. humboldtiana*, *L. frutescens* y *P. glandulosa* las que presentaron los valores más altos, sin embargo, después de la aplicación de las quemias prescritas los porcentajes de IVI más elevados permanecen para las especies *A. rigidula*, *A. lechuguilla*, *F. cernua*, *L. tridentata* y *P. glandulosa* en todas las parcelas. Se puede observar que en enero de 2018 solo existía *C. texana* y *E. millii*, lo que puede indicar que estas especies son sensibles al fuego ya que no aparecen después de realizar las quemias prescrita. En contraste con esto, para julio de 2018 se incorporó *A. farnesiana*, *P. aculeata* y *H. pallens*, estas especies mencionadas dejaron de estar presentes para marzo de 2019, esto puede ser un indicador de que estas especies las favoreció el fuego en su rebrote, pero las

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

condiciones ambientales del ecosistema no le ayudaron a subsistir. En marzo de 2019, *A. berlandieri* tuvo presencia en la medición del tercer inventario por lo cual se pudiera decir que esta especie es favorecida por el fuego.

En este estudio se presenta un pequeño número de especies abundantes y una gran proporción de especies poco abundantes con una clara dominancia al igual que el estudio realizado por González *et al.* (2017).

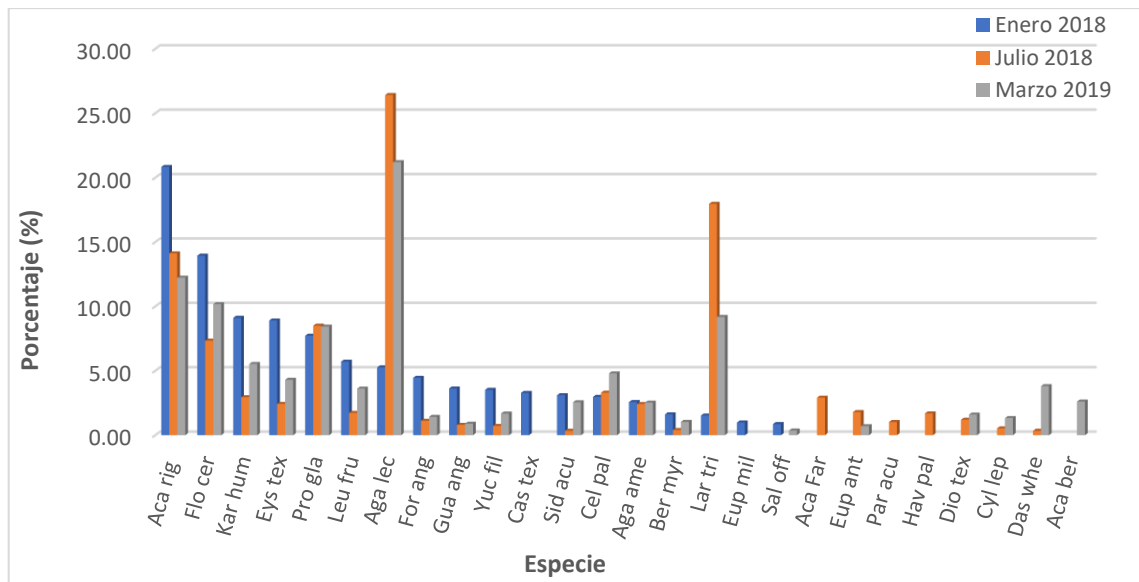


Figura 3. IVI para las diferentes especies presentes en las tres mediciones.

Variables dasométricas

Se presentan las variables dasométricas correspondientes en las tres mediciones, la abundancia se determinó con el número de individuos y la cobertura con el área de copa (Cuadro 9).

La abundancia se mide de acuerdo con el número de individuos por unidad de superficie, para el caso de esta comunidad vegetal se presentó una abundancia de 3813 árboles y arbustos por hectárea después de 1 año de realizar las quemadas prescritas. Esta abundancia es mayor a la reportada por Graciano *et al.* (2018), Mora *et al.* (2013) y Jiménez *et al.* (2012), quienes registraron 1448, 1 792 y 2

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

370 individuos por hectárea respectivamente en un área de matorral espinoso tamaulipeco.

La recuperación de la cubierta vegetal al año de realización de las quemas prescritas ha sido de un 31%, resultado similar el que obtuvo Iglesia *et al.* (2000), en un estudio elaborado en análisis de matorral después de quemas prescritas e incendio forestal, obteniendo como resultado una recuperación más rápida de cubierta vegetal de más de 40% a los 10 meses.

Tabla 9. Estadísticos descriptivos de las variables dasométricas.

Parcela	N*Ha enero 2018	N*Ha julio 2018	N*Ha marzo 2019	AC*Ha enero 2018	AC*Ha julio 2018	AC*Ha marzo 2019
1	1640	1200	2760	1870.8	537.6	780.8
2	920	8200	4800	2409.6	1088.4	1360
3	1480	5360	2200	2760.8	463.6	543.2
4	1640	6520	2680	2124.4	428	487.2
5	1240	2480	2040	1528.8	76.8	260.4
6	1600	6800	7360	1320.8	567.2	789.6
7	1560	10720	6320	2042.4	869.6	690.4
8	1920	9920	3800	2111.2	1229.68	408
9	2200	5200	2400	2526	1066.8	554.88
10	1560	10560	4920	1689.2	390	383.2
11	1680	4040	3560	1827.2	619.2	967.6
12	1440	2800	2040	1651.2	224.4	452.8
13	1640	6160	4360	2835.6	750	746.8
14	1760	7840	6040	1824	413.2	646
15	1760	15520	1920	2640	784	631.2
Media	1602.67	6888.00	3813.33	2077.47	633.90	646.81

Donde N*Ha=Número de individuos por hectárea; AC*Ha=Área de copa por hectárea.

Prueba Shapiro Wilk para las variables dasométricas

Se realizó una prueba de normalidad de Shapiro Wilk para todas las variables bajo estudio. La prueba indica que todas las variables presentan una distribución normal (Tabla 10).

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Tabla 10. Resultados de Shapiro Wilk para las variables dasométricas.

Variables	Shapiro Wilk
N*Ha enero 2018	0.326
N*Ha julio 2018	0.788
N*Ha marzo 2019	0.099
AC*Ha enero 2018	0.616
AC*Ha julio 2018	0.854
AC*Ha marzo 2019	0.188

Análisis de la varianza (ANOVA) para las variables dasométricas

Los datos de las tablas 11 y 12 muestran que existen diferencias significativas entre las mediciones realizadas con respecto a la abundancia y cobertura, porque están por debajo del nivel de significancia 0,05.

Tabla 11. Prueba paramétrica para comparación de grupos (ANOVA) usando la variable número de individuos por hectárea, (enero, julio y marzo).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P.
Entre grupos	211376853.3	2	105688426.7	18.390	0.000
Dentro de grupos	241373866.7	42	5746996.825		
Total	452750720.0	44			

Donde: gl=grados de libertad; F=estadístico F de Snedecor; P.=valor de *P*.

Tabla 12. Prueba paramétrica para comparación de grupos (ANOVA) usando la variable área de copa por hectárea, (enero, julio y marzo).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	20654235.02	2	10327117.51	77.702	0.000
Dentro de grupos	5582080.648	42	132906.682		
Total	26236315.66	44			

Donde: gl=grados de libertad; F=estadístico F de Snedecor; Sig.=valor de *P*.

Prueba de Tukey para las variables dasométricas.

Las comparaciones múltiples realizadas por medio de la prueba T de Tukey arrojan una diferencia significativa en abundancia entre las tres mediciones de

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

enero 2018, julio 2018 y marzo 2019, siendo menores a el valor de significancia 0.05 (Tabla 13). Esto se debe a que después de la aplicación de las quemas prescritas el número de individuos aumenta considerablemente reflejándose en la medición de julio de 2018, y en la medición de marzo de 2019 hay un decremento grande en el número de individuos con respecto a la medición de julio de 2018.

Tabla 13. Prueba de Tukey para la variable número de individuos por hectárea.

Fechas de medición	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
ene-18 ↔ jul-18	-5285.33*	875.36	0.000	-7412.03	-3158.63
ene-18 ↔ mar-19	-2210.66*	875.36	0.040	-4337.36	-83.96
jul-18 ↔ ene-18	5285.33*	875.36	0.000	3158.63	7412.03
jul-18 ↔ mar-19	3074.66*	875.36	0.003	947.96	5201.36
mar-19 ↔ ene-18	2210.66*	875.36	0.040	83.96	4337.36
mar-19 ↔ jul-18	-3074.66*	875.36	0.003	-5201.36	-947.96

Donde: Desv. Error=Desviación del error; Sig.=valor de *P*.

En cuanto a la cobertura existe una diferencia significativa de la medición de enero 2018 con respecto a las mediciones de julio 2018 y marzo 2019 presentando un valor de significancia menor a 0.05 y existe similitud entre la medición de julio 2018 y marzo 2019 (Tabla 14, $P=0.995$). Esto se debe a que después de la presencia de fuego la cobertura se reduce de manera considerable y a que su recuperación es lenta porque hay similitud en las dos últimas mediciones después de las quemas prescritas.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Tabla 14. Prueba de Tukey para la variable área de copa por hectárea.

Fechas de medición		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
ene-18	↔jul-18	1443.56*	133.11	0.000	1120.15	1766.98
ene-18	↔mar-19	1430.66*	133.11	0.000	1107.24	1754.07
jul-18	↔ene-18	-1443.56*	133.11	0.000	-1766.98	-1120.15
jul-18	↔mar-19	-12.90	133.11	0.995	-336.32	310.50
mar-19	↔ene-18	-1430.66*	133.11	0.000	-1754.07	-1107.24
mar-19	↔jul-18	12.90	133.11	0.995	-310.50	336.32

Donde: Desv. Error=Desviación del error; Sig.=valor de P .

Índices de diversidad.

En la tabla 15 se pueden observar los valores para los diferentes índices evaluados, los resultados muestran desigualdad; a nivel parcela para la evaluación del índice de diversidad de Shannon (H') la parcela 15 presento el valor más bajo en la medición de enero de 2018, esto se debe a que en la parcela existe una gran dominancia de *A. rigidula* ($H' = 1.457$), la parcela 4 mostro el valor más bajo en la medición de julio 2018, esto por el alto nivel de dominancia adquirido para la especie *L. tridentata* después de las quemas prescritas ($H' = 0.526$), la parcela 7 tuvo el valor mas bajo en la medición de marzo 2019, esto por la alta dominancia de la especie *A. lechuguilla*, la cual fue favorecida después de aplicar las quemas prescritas ($H' = 0.660$), respecto a las demás especies, la parcela 1 presento el valor más alto en enero de 2018 ($H' = 2.090$) pero su valor redujo en julio de 2018 ($H' = 1.121$) y volvió a aumentar con respecto a las medición de marzo de 2019 ($H' = 2.119$), la parcela 12 presento el valor más alto en julio de 2018 ($H' = 1.825$) el cual es mayor al de enero de 2018 y marzo de 2019 ($H' = 1.759$; $H' = 1.520$), la parcela 3 mostro el valor más alto en marzo de 2019 ($H' = 2.152$) mayor al de enero y julio de 2018 ($H' = 1.749$; $H' = 0.762$). El índice de Margalef (IM) demostró que la parcela 1 presento la mayor riqueza tanto para enero de 2018 ($IM=2.692$) y marzo de 2019 ($IM=3.070$), para la medición de julio de 2018 la parcela 12 tuvo el valor más alto ($IM=2.118$). La parcela 14 presento la menor riqueza, para enero de 2018 ($IM=1.321$), la parcela 5, para julio de 2018 ($IM=0.969$) y la parcela 7, para marzo de 2019 ($IM=0.987$). Respecto

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

a evaluación en tiempo de enero con julio de 2018 los resultados tienden a disminuir por medio de la media estadística, así como con relación de julio de 2018 con marzo de 2019 los valores tienden a aumentar, con el índice de Shannon (enero de 2018 $H'=1.700$; julio de 2018 $H'=1.026$ y marzo de 2019 $H'=1.535$) y Margalef (enero de 2018 $IM=1.993$; julio de 2018 $IM=1.381$ y marzo de 2019 $IM=1.803$).

La riqueza de especies tuvo un descenso con respecto a la medición de enero de 2018 contra julio de 2018, pero después empezó a recuperar su riqueza de acuerdo a las mediciones julio de 2018 y marzo de 2019, lo que puede indicar su recuperación a largo plazo. A comparación de los resultados obtenidos por González *et al.* (2017), donde tuvo un aumento en zonas que no tenían disturbio con valores de 1.72 a 3.84 a zonas con disturbios con valores de 2.95 a 5.85. Lo cual puede indicar que la riqueza de especies es favorecida después de un disturbio.

En el estudio de Alanís *et al.* (2008) se encontró que la riqueza de especies después de post-incendio de acuerdo al índice de Margalef aumento de acuerdo a un ecosistema de referencia con un valor de 1.05 a un ecosistema que se recuperó de forma natural con un valor de 1.72. Se puede deducir que el fuego ayuda a algunas especies a su dispersión.

Según Iglesia *et al.* (2000), la diversidad en matorral después de una quema prescrita tiende a disminuir con respecto a los 16 meses de análisis de acuerdo al índice de Shannon, a comparación del presente estudio donde la diversidad disminuye hasta los 4 meses de análisis y después tiende a aumentar hasta los 12 meses de estudio.

La riqueza específica fue de 21 especies después de 1 año de presenciar las quemas prescritas, menor a la registra registrada por Graciano *et al.* (2018) quien evaluó una comunidad de matorral espinoso tamaulipeco con perturbación post-incendio, el cual obtuvo 24 especies. En cuanto al índice de Margalef el valor promedio fue de $IM=1.803$ lo cual indica que hay una riqueza de especies menor

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

a la registrada por Graciano *et al.* (2018) quien obtuvo un valor de $IM=3.16$. En el índice de Shannon fue de $H'=1.535$ el cual es un valor menor comparado con Alanís (2006) el cual obtuvo un índice de Shannon de 2.02 en una evaluación con diferente historial antropogénico.

En el estudio realizado por Medina *et al.* (2015) se registró una alta riqueza de especies en un área de incendio natural (16 especies) comparada con un área testigo (7 especies), asimismo con el presente estudio donde también hubo una alta riqueza de especies después de un año de realizada la quema prescrita (21 especies) a diferencia con el área antes de realizar la quema donde hubo solo 18 especies. En el índice de Shannon de acuerdo a la investigación de Medina *et al.* (2015) se obtuvo un valor más bajo en el área con incendio natural ($H'=1.210$) que en el área testigo ($H'=1.484$) similar a este estudio con un valor más bajo después de la quema ($H'=1.535$) que antes de realizarlas ($H'=1.700$).

Tabla 15. Valores para los índices utilizados.

Parcela	Shannon			Margalef		
	ene-18	jul-18	mar-19	ene-18	jul-18	mar-19
1	2.090	1.121	2.119	2.692	1.176	3.070
2	1.652	1.369	1.759	1.913	1.502	2.088
3	1.749	0.762	2.152	2.215	1.633	2.495
4	1.991	0.526	1.952	2.423	0.981	2.378
5	1.678	0.666	1.507	1.747	0.969	1.526
6	1.591	0.561	1.008	1.897	1.362	1.725
7	1.574	0.738	0.660	1.637	1.073	0.987
8	1.539	1.119	1.401	2.066	1.451	1.317
9	1.730	1.260	1.651	2.245	1.643	2.198
10	1.704	0.816	0.996	2.183	1.255	1.454
11	1.695	1.392	1.388	1.605	1.733	1.336
12	1.759	1.825	1.520	1.953	2.118	1.271
13	1.739	1.321	1.660	2.154	0.992	1.492
14	1.552	1.179	1.512	1.321	1.326	1.395
15	1.457	0.748	1.753	1.849	1.509	2.324
Media	1.700	1.026	1.535	1.993	1.381	1.803

Análisis de la varianza (ANOVA) para los índices de diversidad

Los datos de la tabla 16 y 17 muestran que existen diferencias significativas entre las mediciones realizadas con respecto a los índices de diversidad Shannon y Margalef, porque están por debajo del nivel de significancia 0.05.

Tabla 16. Prueba *paramétrica para comparación de grupos (ANOVA)* usando el índice de Shannon, (enero, julio y marzo).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3.696	2	1.848	16.433	0.000
Dentro de grupos	4.723	42	0.112		
Total	8.418	44			

Donde: gl=grados de libertad; F=estadístico F de Snedecor; Sig.=valor de *P*.

Tabla 17. Prueba *paramétrica para comparación de grupos (ANOVA)* usando el índice de Margalef, (enero, julio y marzo).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2.943	2	1.471	7.775	0.001
Dentro de grupos	7.948	42	0.189		
Total	10.890	44			

Donde: gl=grados de libertad; F=estadístico F de Snedecor; Sig.=valor de *P*.

Prueba de Tukey para los índices de diversidad

Las múltiples comparaciones realizadas por medio de la prueba T de Tukey arrojan una diferencia significativa de la medición de julio de 2018 con respecto a las mediciones de enero de 2018 y marzo de 2019 presentando un valor significativo menor a 0.05 y existe similitud entre la medición de enero de 2018 y marzo de 2019 con el índice de Shannon y Margalef (Tabla 18, $P=0.381$ y Tabla 19, $P=0.464$, respectivamente). Esto puede indicar que la diversidad y riqueza de especies después de un periodo corto a la realización de quemas prescritas disminuye, pero posteriormente el ecosistema tiende a recuperarse.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Tabla 18. Prueba de Tukey para el índice de Shannon.

Fechas de medición	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
ene-18 ↔ jul-18	.673133*	0.122444	0.000	0.37566	0.97061
ene-18 ↔ mar-19	0.164133	0.122444	0.381	-0.13334	0.46161
jul-18 ↔ ene-18	-.673133*	0.122444	0.000	-0.97061	-0.37566
jul-18 ↔ mar-19	-.509000*	0.122444	0.000	-0.80648	-0.21152
mar-19 ↔ ene-18	-0.164133	0.122444	0.381	-0.46161	0.13334
mar-19 ↔ jul-18	.509000*	0.122444	0.000	0.21152	0.80648

Donde: Desv. Error=Desviación del error; Sig.=valor de *P*.

Tabla 19. Prueba de Tukey para el índice de Margalef.

Fechas de medición	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
ene-18 ↔ jul-18	.611800*	0.158843	0.001	0.22589	0.99771
ene-18 ↔ mar-19	0.189600	0.158843	0.464	-0.19631	0.57551
jul-18 ↔ ene-18	-.611800*	0.158843	0.001	-0.99771	-0.22589
jul-18 ↔ mar-19	-.422200*	0.158843	0.029	-0.80811	-0.03629
mar-19 ↔ ene-18	-0.189600	0.158843	0.464	-0.57551	0.19631
mar-19 ↔ jul-18	.422200*	0.158843	0.029	0.03629	0.80811

Donde: Desv. Error=Desviación del error; Sig.=valor de *P*.

Gráfico en representación de la comparación de las Categorías Diamétricas

En la figura 4 se pueden observar el número de individuos por categoría diamétrica de copa para las diferentes parcelas en los distintos inventarios. Los datos se encuentran concentrados a la izquierda, después de la aplicación de las quemadas prescritas, por lo que se asume que el ecosistema reduce su cobertura ante la presencia del fuego, pero con respecto a la última medición se puede observar que el número de individuos se empiezan a distribuir de manera normal en las diferentes categorías diamétricas. En la medición de enero de 2018 el mayor número de individuos se concentra en la categoría diamétrica de copa 65 con 54 individuos. En la medición de julio de 2018 el número de individuos es mayor en la categoría diamétrica de copa 15 con 1434 individuos. En la medición de marzo de 2019 se concentran 447 individuos en la categoría diamétrica de copa 25 teniendo mayor presencia que en las demás categorías. Se puede

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

observar que en la medición de enero de 2018 la distribución de individuos es más dispersa en las diferentes categorías diamétricas de copa, mientras que en las mediciones realizadas después de la aplicación de quemas prescritas el número de individuos se concentra en las categorías menores de la 5 a la 25, esto por la reducción en cobertura.

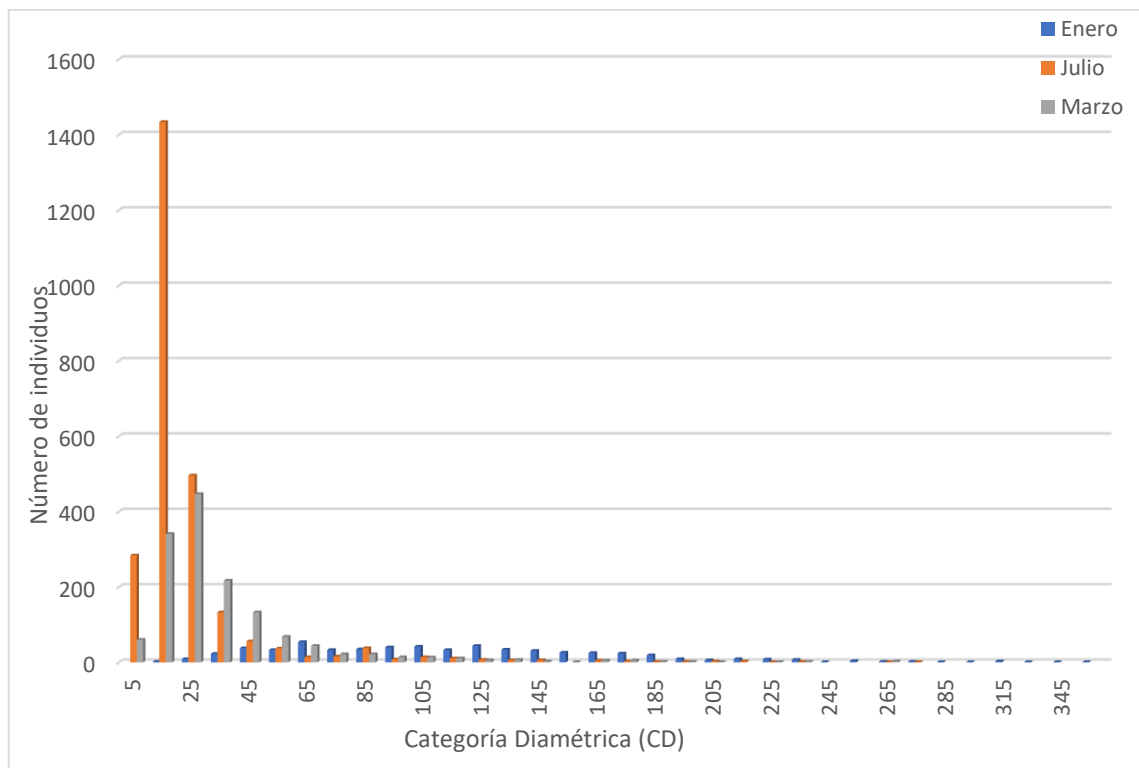


Figura 4. Individuos por Categoría Diamétrica de Copa en centímetros.

Índices de estructura

En la tabla 20 se presentan los resultados de mezcla de especies, distribución espacial, diferenciación dimensional y la dominancia para marzo de 2019 después de realizar las quemas prescritas. La parcela 7 tiene menor mezcla de especies de acuerdo a los valores arrojados por el índice, pues en ella solo se encontró registro de 6 especies diferentes.

Para la estructura espacial se observó con una tendencia aleatoria ya que sus valores se acercan a 0.5. Respecto a la diferenciación dimensional en diámetro los valores registrados en la parcela 3 y 15 reflejan una variabilidad muy alta, la parcela 10 tiene una diferencia moderada, mientras que todas las demás

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

parcelas tienen una diferenciación alta, lo contrario a los resultados obtenidos por Jiménez *et al* (2009) donde la diferencia en diámetros fue escasa en un área de matorral espinoso tamaulipeco. En cuanto a la diferenciación dimensional en altura la parcela 15 presenta una variación muy alta, la parcela 8 y 14 tienen una diferencia media, la parcela 10 cuenta con una diferenciación moderada y todas las demás parcelas reflejaron una variabilidad alta a diferencia de los resultados de Jiménez *et al* (2009) donde su diferencia en alturas es escasa. En todas las parcelas la mayoría de los individuos son codominantes ya que sus valores se aproximan a 0.5.

Tabla 20. Valores para los índices de estructura.

P	S	Na	Mi	Wi	TDi	Thi	Ui
1	14	69	0.68	0.52	0.73	0.71	0.52
2	11	120	0.61	0.54	0.78	0.77	0.49
3	11	55	0.74	0.55	0.84	0.74	0.40
4	11	67	0.55	0.59	0.76	0.74	0.51
5	7	51	0.53	0.59	0.64	0.61	0.54
6	10	184	0.30	0.58	0.68	0.61	0.51
7	6	158	0.18	0.55	0.75	0.63	0.50
8	7	95	0.40	0.57	0.68	0.55	0.54
9	10	60	0.46	0.55	0.70	0.69	0.52
10	8	123	0.27	0.57	0.37	0.32	0.47
11	7	89	0.39	0.56	0.75	0.60	0.46
12	6	51	0.37	0.68	0.71	0.60	0.52
13	8	109	0.42	0.60	0.71	0.67	0.49
14	8	151	0.46	0.56	0.62	0.52	0.48
15	10	48	0.84	0.59	0.95	0.85	0.49
Media	8.93	95.3	0.48	0.57	0.71	0.64	0.50

Donde: P=parcela; S=número de especies; Na=número de individuos; Mi=mezcla de especies; Wi=uniformidad de ángulos; TDi=diferenciación en diámetro, Thi=diferenciación en altura, Ui=dominancia.

CONCLUSIONES

La presente investigación aporta información sobre la estructura arbustiva y arbórea, y diversidad del matorral desértico micrófilo después de la aplicación de quemas prescritas que sirve de base para conocer la respuesta de la dinámica sucesional en este ecosistema, y así saber bajo qué objetivos se pueden aplicar dichas quemas.

Hubo un aumento en el número de especies después de la aplicación de quemas prescritas, presenciándose 4 especies más en la medición de julio de 2018 y 3 especies más en marzo de 2019 con respecto a la medición tomada antes de realizar las quemas en enero de 2018.

Las especies con el índice de valor de importancia más alto antes y después de la aplicación de las quemas prescritas fueron *A. rigidula*, *F. cernua* y *P. glandulosa*, lo que sugiere el buen comportamiento ecológico en el ecosistema de estudio y refleja la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos agua, luz, espacio y nutrientes, situación que asegura su supervivencia.

La *A. farnesiana* fue la especie que tuvo mayor propagación después de la aplicación de quemas prescritas presentándose en 8 parcelas.

El *A. lechuguilla* y *A. americana* fueron las especies que tuvieron mayor resistencia al fuego presentándose en las tres mediciones en todas sus parcelas.

La aplicación de quemas prescritas no tiene un cambio significativo en la riqueza y diversidad de especies de acuerdo a los resultados obtenidos con el índice de Margalef y Shannon-Weaver, en el periodo de un año.

REFERENCIAS

- Agee, J. K. (1993). Fire ecology of Pacific Northwest forest (2a ed., Vol. 4). Washington, D.C.: Island Press. doi: 10.1071/WF9940195
- Aguirre, C. O. A. (2004). Índices para la caracterización del estado arbóreo de ecosistemas forestales. *Revista Ciencia Forestal en México*, 27, 5-27.
- Aguirre, C. O. A., Hui, G., Gadow, K. V., & Jiménez, J. (2003). An analysis of spatial forest structure using neighborhood- based variables. *Forest Ecology and Management*, 183, 137-145.
- Aguirre, C., Kramer, O. A., & Jiménez, H. J. (1998). Strukturuntersuchungen in einem Kiefern-Durchforstungsversuch Nordmexikos. *Allgemeine Forst u. Jagdzeitung*, 169, 213-220.
- Alanís-Rodríguez, E. (2006). *Diversidad de especies arbóreas y arbustivas en áreas con distinto historial de uso antropogénico en el matorral espinoso tamaulipeco*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Linares N. L., México.
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Espinoza-Vizcarra, D., Jurado-Ybarra, E., Aguirre-Calderón, O. A., & González-Tagle, M. A. (2008). Evaluación del estrato arbóreo en un área restaurada post-incendio en el Parque Ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 14(2), 113-118.
- Albert, M. (1999). *Analyse der eingriffsbedingten Strukturveränderung und Durchforstungsmodellierung in Mischbeständen. Alemania*. Tesis doctoral, Faculty of Forest Sciences, University Göttingen.
- Ávila, F. D. Y., González, T. M. A., Jiménez, P.J., Aguirre, C. O. A., Treviño, G. E. J. & Vargas J. L. B. (2012). Evaluación de la estructura espacial post-incendio de rodales de *Pinus hartwegii* utilizando parámetros de vecindad en la Sierra Madre Oriental, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15, 377-387.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Ávila-Flores, D. Y., González-Tagle, M. A., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E., Vargas-Larreta, B., & Alanís-Rodríguez, E. (2014). Efecto de la severidad del fuego en las características de la estructura forestal en rodales de coníferas. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20(1), 33–45. doi: 10.5154/r.rchscfa.2013.01.005

Castellanos-Bolaños, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, A., Jiménez-Pérez, J., Musalem-Santiago, M., & López-Aguillón, R. (2008). Estructura de bosques de *Pino pátula* bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 14(2), 51–63.

Christensen, N. L. (1985). Shrubland fire regimes and their evolutionary consequences. En: S. T. A. Pickett & P.S. White (Eds.). *The Ecology of Natural Disturbance on Patch Dynamics*, pp. 85 - 100. Academic Press Inc. London.

Clark, P. J., & Evans, F. C. (1954). Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology*, 35, 445-453.

Clement, B., & Touffet, J. (1990). Plant strategies and secondary succession on Brittany heathlands after severe fire. *Journal of Vegetation Science* 1: 195 - 202.

Corral, J. J., Aguirre, O. A., Jiménez, J., & Corral, S. (2005). «Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña El Cielo, Tamaulipas, México». *Investigación Agraria: Sistemas Recursos Forestales* 14(2), 217-228.

Del Río M., Montes F., Cañellas I., & Montero G. (2003). Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Invest agrar: sist recur for* 2(1), 159-176.

Füldner, K. (1995). Zur Strukturbeschreibung in Mischbeständen. *Forstarchiv*, 66, 149-161, 235-240.

Gadow K. V., & Hui G., (1999). *Modelling Forest Development*. Kluwer Academic Publishers, 213 pp.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Gadow K. V., (1993). Zur Bestandesbeschreibung in der Forsteinrichtung. Forst und Holz 21, 601-606.

Gadow K. V., Real P., & Álvarez G.J., (2001). Modelación del crecimiento y la evolución de los bosques. UIFRO World Series. Vol. 12, 242 pp.

Gadow, K. V., Hui, G. Y. & Albert, M. (1998). Das Winkelmaß – ein Strukturparameter zur Beschreibung der Individualverteilung in Waldbeständen. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 115, 1-9.

Gadow, K. V., Rojo A., Álvarez J.G & Rodríguez R. (1999). Ensayos de crecimiento. Parcelas permanentes, temporales y de intervalo. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Fuera de Serie no 1.

Gadow, K. V., Sánchez, S. O. & Álvarez, G. J. G. (2007). Estructura y crecimiento del bosque. Göttingen: Universidad de Göttingen.

Gadow, K. V., Zhang, C. Y., Wehenkel, C., Pommereing, A., Corral, R. J., & Korol, M. (2012). Forest structure and diversity. En T. Pukkala y K. V. Gadow (Eds.), Continuous cover forestry, managing forest ecosystems (pp. 23-55). Dordrecht, Países Bajos: Springer Science+Business Media B. V.

Gill, A. M. & Groves, R. M. (1981). Fire regimes in heathlands and their plant-ecological effects. En: R.L. Specht (Ed.), Heathlands and Related Shrublands of the world. Analytical Studies, pp. 61-84. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.

González-Delgado, M., Foroughbakhch-Pournavab, R., Rocha-Domínguez, L., Lucio, G., Antonio, M., & González-Rodríguez, H. (2017). Composición florística y caracterización estructural del matorral desértico micrófilo en Galeana, Nuevo León. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 8(39), 83-98.

González-Tagle, M. A., Schwendemann, I., Jiménez, P. J. & Schulz, R. (2008). Forest structure and Woody plants species composition along a fire chronosequence in mixed pine-oak forest in the Sierra Madre Oriental, Northeast México. *Forest Ecology and Management*, 256, 161-167.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O. A., Rubio-Camacho, E. A., & González-Tagle, M. A. (2018). Estructura y diversidad postincendio en un área del matorral espinoso tamaulipeco. *Polibotánica*, (45), 89-100.
- Graves, H.S. (1906). *Forest mensuration*. New York, Wiley. 458 p.
- Heinselman, M. (1981). Fire intensity and frequency as factors in the distribution and structure of northern ecosystems. En H. A. Mooney, T. M. Bonnicksen, N. L. Christensen Jr., J. E. Lotan, & W. A. Reiners (Eds.), *Fire Regimes and Ecosystem Properties* (pp. 7-57). Honolulu, Hawaii: USDA Department of Agriculture, Forest Service.
- Hui, G. Y. & Hu, Y. B. (2001). Measuring species spatial segregation in mixed forest. *Forest Research*, 14, 23-27.
- Hui, G., & Gadow, K.V. (2002). Das Winkelmaß. Herteilung des Optimalen Standarwinkels. *Allgemeine Forst u Jagdzeitung* 10:173-177.
- Iglesia, A., Cascudo, A., & Vizcaíno, E. D. (2000). Comparación de la dinámica de la vegetación tras fuego controlado e incendio forestal en matorrales del interior de Galicia. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (9), 115-122.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge, University Press. Cambridge, U. K. 967 p.
- Jardel P., E., R. Ramírez V., F. Castillo N., S. García R., O. E. Balcázar M., J.C. Chacón M., & J.E. Morfín R. (2006). Manejo del fuego y restauración de bosques en la reserva de la biosfera Sierra de Manantlán, México. *In: Flores G.G., D.A. Rodríguez T., O. Estrada M., y F. Sánchez. Z. (coords). Incendios Forestales. CONAFOR–MundiPrensa. México, D. F. pp: 217–242.*

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Jardel-Peláez, E. J., Alvarado-Celestino, E., Morfín-Ríos, J. E., Castillo-Navarro, F., & Flores-Garnica, J. G. (2009). Regímenes de fuego en ecosistemas forestales de México. México: Mundi-Prensa.

Jiménez, J., Aguirre, O., & Kramer, H. (2001). Análisis de la estructura horizontal y vertical en un sistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. *Invest. Agrar.: Sist Recur. For.*, 10(2), 355-366. doi: 10.5424/729

Jiménez, P. J., Aguirre, O. A. C. & Kramer, H. (1998). Bestandestrukturanalyse im ungleichaltrigen Kiefern-Wacholder-Eichen-Mischwald Nordostenmexikos. *Forstarchiv*, 69, 227-234.

Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, Ó., Pando-Moreno, M., & González-Tagle, M. (2009). Análisis sobre el efecto del uso del suelo en la diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco. *Madera y bosques*, 15(3), 5-20.

Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., Ruiz-González, J., González-Tagle, M., Yerena-Yamallel, J. I., & Alanís-Flores, G. (2012). Diversidad de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco con historial agrícola en el noreste de México. *Ciencia UANL*, 15(58), 66-71.

Kraft, G. (1884). Beiträge zur lehre von den durchforstungen, schlagstellungen und lichtungshieben. Verlag Keind-worth, Hannover. 147 p.

Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Oxford, UK: Blackwell Science.

Medina-Guillén, R., Cantú-Silva, I., Estrada-Castillón, E., González-Rodríguez, H., & Delgadillo-Villalobos, J. A. (2015). Cambios en la vegetación del matorral desértico micrófilo en un área bajo manejo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 6(32), 37-48.

Mora, C., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M., Yerena-Yamallel, J. I., & Cuellar-Rodríguez, L. (2013). Estructura, composición florística

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada*, 12(1), 29-34.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA (1a ed., Vol. 1). Pachuca, Hidalgo, México: Editado por Cooperación Iberoamericana (CYTED), Unesco (Orcyt) y SEA. [doi: 10.1017/CBO9781107415324.004](https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004)

Moreno, J. M. & Oechel, W. C. (1991). Fire intensity effects on germination of shrubs and herbs in southern California chaparral. *Ecology* 72: 1993 - 2004.

Moreno, J. M. & Oechel, W. C. (1992). Factors controlling postfire establishment in southern California chaparral. *Oecologia* 90: 50 - 60.

Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Santa Cruz, Bolivia: BOLFOR. [doi: 10.1007/s13398-014-0173-7.2](https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2)

Myers, R. L. (2006). Convivir con el fuego. The Nature Conservancy. Tallahassee, Florida. 28 p.

Naveh, Z. (1990). Fire in the Mediterranean. A landscape ecological perspective. En: IG. Goldammer y M. I. Jenkins (Eds.), *Fire in Ecosystem Dynamics*, pp. 1-20. SPB Academic Publishing. The Hague.

Neuman M., & Starlinger F., (2001). The significance of different indices for stand structure and diversity in forest. *Forest Ecology and Management* 145, 91-106.

Ozdemir, I., Ozkan, K., Mert, A., Ozkan, U. Y., Senturk, O., & Alkan, O. (2012). [Mapping forest stand structural diversity using Rapid Eye satellite data].

Plana, E. (2015). Usar el fuego contra el fuego: las quemas prescritas. Fondo Mundial para la Naturaleza.

Pommerening, A. & Stoyan, D. (2006). Edge-correction needs in estimating indices of spatial forest structure. *Canadian Journal of Forest Research*, 36, 1723-1739.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

- Pommerening, A. (2002). Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*, 75, 305-324.
- Pommerening, A. (2008). *Analyzing and modelling spatial Woodland structure*. Tesis doctoral, Habilitations schrift. Vienna, Austria: University of Natural Resources and Applied Life Sciences.
- Pyne, S. J., Andrews, L., & Laven, D. (1996). *Introduction to Wildland Fire* (2a ed.). New York: Wiley.
- Reyes, O., & Casal, M. (1998). Are the dominant species in NW Spain fire - prone? En: Trabaud, L. (Ed.) *Fire Management and Landscape Ecology*. Fairfield, Washington, pp: 177 - 188.
- Ripley B. D. (1977). Modelling spatial patterns (with discussion). *J. Royal Statistical Society B* 39, 172-212.
- Rodríguez T. D. A. (2000). Propuesta de manejo del fuego. *In: Rodríguez T., D. A., M. Rodríguez A., F. Fernandez S., y S. J. Pyne. Educación e Incendios Forestales*. Mundi Prensa. México, D. F. pp: 189–194.
- Rodríguez-Trejo, D. A. (1996). *Incendios forestales*. México, D. F.: Mundi Prensa-Universidad Autónoma de Chapingo.
- Rodríguez-Trejo, D. A. (2008). Fire regimes, fire ecology, and fire management in Mexico. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 37(7), 548-556.
- Rubio, E. A., González, M. A., Wibke-Himmelsbach, Ávila, D. Y., Alanís, E., & Jiménez J. (2017). Patrones de distribución espacial del arbolado en un bosque mixto de pino-encino del noreste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1ra. ed. digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 255 pp.
- Rzedowski, J., & G. Calderón, (1988). "Dos nuevas localidades de *Larrea tridentata* (Zygophyllaceae) en el Centro de México y su interés fitogeográfico". *Acta Botánica Mexicana*, 1: 7-9.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. En C. E. Shannon & W. Weaver (Eds.), *The Development of Information Theory* (pp. 29–125). University of Illinois: Press Urbana.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52 (3-4) pp. 591-611.
- Solís, M. R., Aguirre, C. O. A., Treviño, G. E. J., Jiménez, P. J., Jurado, Y. E., & Corral, R. J. (2006). Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Bosques*, 12(2), 49–64.
- Solomon, D.S. (1979). Permanent plots in forestry research. Pp. 327-332 in Frayer, W.E. (ed), *Forest resource inventories*, Vol. 1. Fort Collins, Society of American Foresters, Colorado State University. 513 p.
- The Nature Conservancy (TNC). (2004). *El fuego, los ecosistemas y la gente*. TNC. Tallahassee, Florida, U.S.A. 9 p.
- Trabaud, L. (1987) a. Fire and survival traits of plants. En: Trabaud L. (Ed.), *The role of fire in ecological systems*, pp. 65-89. SPB Academic Publishing. The Hague.
- Trabaud, L. (1987) b. Natural and prescribed fire: survival of plants and equilibrium in mediterranean Ecosystems. En: Tenhunen *et al*, (Eds.). *Plant Response to Stress*. pp. 607- 621. Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg.
- Universidad Autónoma Chapingo (UACH). (2004). Evaluación del programa nacional de incendios forestales de la CONAFOR, ejercicio fiscal 2003. Comisión Nacional Forestal. URL: <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php?l1=4&l2=2&l3=12#2003> (agosto, 2006)
- Vega, J. A., Cuiñas, P., Fontúrbel, M. T., & Fernández, C. (1998). Planificar la prescripción para reducir combustibles y disminuir el impacto sobre el suelo en las quemadas prescritas. Taller de empleo de quemadas prescritas para la prevención de incendios forestales. Lourizán.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS
EN UN ÁREA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2), 213-25.

Williams, D.S. (1991). Forest composition changes over 25 years on Pureora Mountain. *Rotorua Botanical Society Newsletter* 22: 15-20.