

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Efecto de Incendio Forestal en la Composición y Estructura
del Matorral Desértico Rosetófilo en la Sierra del Jardín
Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen, Coahuila.

Por:

JOSÉ DE JESÚS DEL VILLAR PONCE

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Efecto de Incendio Forestal en la Composición y Estructura
del Matorral Desértico Rosetófilo en la Sierra del Jardín
Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen, Coahuila.

Por:

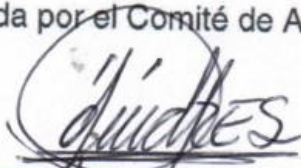
JOSÉ DE JESÚS DEL VILLAR PONCE

TESIS

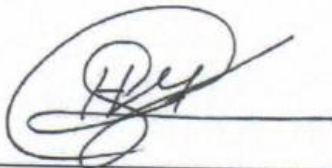
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.C. Andrés Nájera Díaz
Asesor Principal



M.C. Héctor Darío González López
Coasesor



Dr. José Javier Ochoa Espinoza
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2019

DEDICATORIA

A mi padre dios por darme salud, sabiduría y la guía de seguir adelante en esta vida, permitiéndome la oportunidad de terminar mi carrera profesional, una de mis principales metas en mi vida.

A mi familia con admiración y respeto, quien siempre fue la base de mi formación académica y de mi persona, por darme los mejores valores, consejos y principalmente el apoyo y la confianza de creer en mí.

A mi madre; “Adela Ponce Rendón”, por ser siempre mi mano derecha, haciéndome saber a ojos cerrados que siempre contaré con ella para lograr mis metas en la vida, por su cariño, amor y formación como ser humano, demostrándome que hace todo porque yo tenga un mejor futuro en la vida.

A mi padre; “ José de Jesús Del Villar Padilla”, por ser la guía de vida y aprender del camino que debo tomar, los consejos y enseñanza de los valores y el saber respetar a los demás, gracias por el apoyo incondicional y la confianza depositada en mí.

A mis hermanas;

“Lupita Del Villar Ponce”; por tu cariño, por contar con tu apoyo en todo momento asíndome saber que no estoy solo en este camino, y lo mejor, siendo el ejemplo a seguir y demostrarme que todo se puede lograr cuando de verdad se quiere, como una vez me dijiste, “cada sacrificio tiene su recompensa”.

“Sabina Del Villar Ponce”, por demostrarme que, aunque no te tenga cerca siempre contare con tu apoyo para salir adelante y ser alguien en la vida.

A mis hermanos:

“Martin Del Villar Ponce”; por el apoyo que siempre me brindaste para terminar mi carrera profesional y tener un mejor futuro, haciéndome ver que me apoyarías cuando así lo necesitara.

“José Luis Del Villar Ponce”; por el apoyo y la confianza de creer en mí, apoyándome en la decisión de seguir adelante y terminar mi carrera profesional, por apoyar y acompañar a nuestros padres con la decisión de creer en mí.

A mis familiares:

Por el apoyo directo o indirecto que siempre me brindaron, por los consejos de ser una persona de bien y seguir adelante con mis estudios, dándome los aminos de que si se puede lograr cuando te lo propones.

A mi tío; “Héctor Del Villar Padilla”, por el apoyo que siempre me brindó para que saliera adelante en la vida, recordándome antes de cada partida que tenía la confianza en mí para terminar mis estudios.

A mi tío; “Misael Del Villar Padilla”, gracias por el ánimo de ser alguien en la vida y recordándome que si se pueden lograr las metas cuando las tienes bien planeadas.

A mi tío; “Rene Del Villar Padilla”, por demostrarme que si se puede ayudar cuando en verdad se quiere y se quiere ver triunfar alguien de sus seres queridos.

A mi tía; “Marta Ponce Rendón”, por el apoyo y los consejos brindados de salir adelante, siendo cómplice de mis metas logradas y participando en mis decisiones.

A mi abuela; “María Rendon Dueñas” que en paz descansa, porque en vida siempre me demostró su cariño y amor, dándome los animo de seguir adelante con mis estudios, con sus grandes consejos y haciendo todo el esfuerzo posible por estar conmigo en mis logros.

AGRADECIMIENTOS

A mi gran familia, por su apoyo incondicional que siempre me brindaron, muchas gracias, por siempre contar con cada uno de ustedes.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme la oportunidad de cumplir con unas de mis metas, haciéndome profesional en ingeniería forestal, dándome los conocimientos necesarios académicamente y dejarme ser parte de su gran historia.

A todos los maestros que intervinieron en mi formación académica, esforzándose en brindar la mejor educación y guía de formación. A los maestros del departamento forestal por su gran compromiso y dedicación por fortalecer el aprendizaje para formar profesionales en las ciencias forestales.

Al comité revisor de tesis, por su apoyo, confianza y tiempo muchas gracias:

Al M.C. Andrés Nájera Diaz, por ser más que uno de mis maestros formadores de mi carrera profesional, por ser una persona que me enseña con sus consejos y valores, por tener el tiempo para revisar mi trabajo de investigación y ser mi asesor principal, por el gran apoyo en mi carrera, dándome su confianza para motivarme a realizar una movilidad internacional y la realización de prácticas profesionales, por su gran amistad y apoyo, con admiración y respeto, muchas gracias.

Al Dr. José Javier Ochoa Espinoza, por su asesoría, aportación y el tiempo dedicado a mi estudio de investigación, por la identificación de la mayoría de las especies, estando presente para cualquier duda, además por el apoyo incondicional y la gran amistad en prácticas profesionales de usted y su familia, muchas gracias.

Al M.C. Héctor Darío Gonzales López, por ser uno de mis coasesor, otorgándome el apoyo en la asesoría del trabajo de investigación y dando el tiempo necesario para cualquier aclaración.

Al equipo de manejo de combustibles de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (EMC-AN), proyecto que me permitió obtener conocimientos, disciplina, entrenamiento y experiencia en el tema de manejo de combustibles, además, que

gracias a dicho proyecto me dio la oportunidad de realizar la movilidad internacional de estudios a la Universidad Nacional de Ciencias Forestales, Siguatepeque, Comayagua, Honduras.

A todos y cada uno de los que colaboran en la dirección del Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen (APFFMC), por darme la facilidad de realizar el presente trabajo de investigación con el apoyo incondicional, al director del área protegida, M.V.Z. Julio Carrera Treviño, por dar autorización del trabajo de investigación.

A la Dirección Regional Noreste y Sierra Madre Oriental, a la que pertenece el APFF Maderas del Carmen, así como al Ing. Carlos Alberto Sifuentes Lugo por permitir la autorización del tema de investigación.

Al Ing. Arnulfo Hernández, responsable técnico del Programa de Manejo del Fuego del APFFMC por parte del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C. gracias por el apoyo en el material para el levantamiento de la información en campo, aportaciones del muestreo a realizar y las observaciones en el trabajo de investigación, además la confianza y amistad brindada.

Al Ing. Adin Helber Velázquez Pérez, por su tiempo y dedicación en el desarrollo e interpretación del análisis estadístico, y su aportación de observaciones en el trabajo de investigación, sumando su amistad, gracias.

Al Dr. Juan Antonio Encina Domínguez, por la identificación taxonómica de las especies de difícil identificación, por asesorarme en el trabajo de investigación, aportando sus observaciones.

A los integrantes en el levantamiento de información en campo; Raymundo Rodríguez y familia, Lucio Corona, Gustavo Cruz y Emir Eduardo Del Billar Mora, muchas gracias.

A la brigada de incendios forestales del APFFMC, por su apoyo en el reconocimiento del área incendiada y aportaciones en la información del incendio ocurrido en mayo del 2016.

Al Instituto Tecnológico Superior de Múzquiz, al subdirector Carlos Paredes y al docente Juan Torres por brindarme la oportunidad de ocupar sus laboratorios para el estufado y secado de las muestras de campo para el trabajo de investigación de tesis, a la Q.F.B. Maurier Fraga y a la asistente de laboratorio Margarita López por su tiempo y el apoyo en laboratorio, muchas gracias.

A todos y cada uno de los que colaboran en la dirección del Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen (APFFMC), por darme la facilidad de realizar el presente trabajo y prácticas profesionales, Omar Pineda, José Alfredo Ureste, Cinthia de los Ríos, Octavia Sánchez, Francisco Torralba, Yaneth Hernández, Alejandra Salinas y Damaris de los Ríos, por su apoyo y gran amistad, muchas gracias.

A mis grandes amigos con los que siempre compartí muchos momentos alegres y las historias que formamos, demostrando que estando solos y lejos de nuestras familias, se puede formar otra gran familia dentro de la universidad con gran amistad y respeto; Aarón Sandoval, Miguel Ángel Jiménez, Albaitzel Amparo Domínguez, Emir Eduardo Del Billar, Cristian Aguirre, Juan Manuel Cortes, Brenda Vázquez, Otoniel Cortes, Juvencio Torres, Heriberto Del Billar, Roció Mendieta. Así como los demás compañeros de generación por tantos momentos compartidos, ayudándonos siempre para salir adelante con la carrera universitaria.

A las amistades ganadas en la estancia en Honduras, por hacerme parte de un equipo, de una familia, haciéndome sentir como si estuviera en mi propio País; Roney Martínez, Carlos Iglesias, Bel Vázquez, Vladimir Onel, Jorge García, Pedro Anariba, y al gran amigo ecuatoriano Mario Córdova y demás compañeros de diferentes grados con los que compartí momentos agradables.

Por todo el apoyo, la gran amistad y cariño recibido del Dr. Kevin Cruz, siempre buscando lo mejor para nosotros, abriéndonos las puertas de su casa y familia sin alguna duda presente para tener una instancia agradable, haciéndonos saber que no estábamos solo en UNACIFOR, Honduras, con respeto y admiración, muchas gracias.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
I INTRODUCCIÓN	17
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	20
1.2 OBJETIVOS.....	20
1.1.2 Objetivo general.....	20
1.2.3 Objetivos específicos.....	21
1.3 HIPÓTESIS.....	21
II REVISION DE LITERATURA	22
2.1 Fuego.....	22
2.2 Incendio forestal.....	22
2.3 Manejo de fuego	23
2.4 Régimen de fuego.....	23
2.5 El papel del fuego en los ecosistemas.....	24
2.6 Área de Protección de Flora y Fauna	26
2.7 Investigaciones afines.....	26
III MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1 Descripción del área de estudio.....	29
3.1.1 Hidrología	30
3.1.2 Fisiografía.....	30

3.1.3 Geología	30
3.1.4 Edafología	30
3.1.5 Clima	31
3.1.6 Vegetación.....	31
3.1.7 Fauna Silvestre.....	32
3.2 Localización del área de estudio.....	32
3.3 Antecedente del área de estudio.	33
3.4 Diseño de los sitios de muestreo.	34
3.5 Evaluación de estructura	36
3.6 Colecta de muestras botánicas.....	38
3.7 Análisis de la información	38
IV RESULTADOS.....	41
4.1 Aspectos estructurales de Matorral Desértico Rosetófilo en área incendiada	41
4.1.1 Estructura arbustiva.....	41
4.1.2 Estructura herbácea	42
4.2 Aspectos estructurales del matorral desértico rosetófilo en área no incendiada	43
4.2.1 Estructura arbustiva.....	43
4.2.2 Estructura herbácea	44
4.3 Riqueza de especies.....	45
4.4 Diversidad vegetal de estrato arbustivo y herbáceo del área incendiada y área no incendiada	45
4.5 Índice de Equitatividad.....	46
4.6 Análisis estadístico	47
4.6.1 Estrato herbáceo con grado de significancia	47

4.6.2 Estrato arbustivo con grado de significancia	48
4.7 Carga de combustibles de matorral desértico rosetófilo	49
4.8 Materia orgánica	50
4.9 Especie representativa del matorral desértico rosetófilo, palma samandoca (<i>Yucca carnerosana</i>).....	50
V DISCUSIÓN	52
5.1 Valor de Importancia Relativa.....	52
5.2 Parámetros ecológicos	53
5.3 Carga de combustible	55
VI CONCLUSIONES.....	56
VII RECOMENDACIONES	59
VIII LITERATURA CITADA	60
IX ANEXOS	64

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. ESPECIES HERBÁCEAS CON GRADO DE SIGNIFICANCIA PARA LAS DOS ÁREAS DE INVESTIGACIÓN EN MATORRAL ROSETÓFILO EN SIERRA DEL JARDÍN, MADERAS DE CARMEN.....	48
CUADRO 2. ESPECIES ARBUSTIVAS CON GRADO DE SIGNIFICANCIA PARA LAS DOS ÁREAS DE INVESTIGACIÓN EN MATORRAL ROSETÓFILO EN SIERRA DEL JARDÍN, MADERAS DEL CARMEN.....	48
CUADRO 3. MATERIA ORGÁNICA EN TONELADAS POR HECTÁREA DE LA ESTRUCTURA VEGETAL DE MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN EL APFF MADERAS DEL CARMEN	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. UBICACIÓN DE INCENDIO FORESTAL “NORIAS DE BOQUILLAS”	29
FIGURA 2. SEÑALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN EL APFFCM.....	32
FIGURA 3. SEÑALIZACIÓN DE LAS ÁREAS Y SITIOS DE INVESTIGACIÓN DE ACUERDO AL INCENDIO.....	33
FIGURA 4. DISEÑO DE MUESTREO SISTEMÁTICO PARA LA CAPTURA DE DATOS DE CAMPO	35
FIGURA 5. SITIOS DE MUESTREO DE VEGETACIÓN	35
FIGURA 6. SEÑALIZACIÓN DE SITIOS DE MUESTREO DE MATERIA ORGÁNICA.....	37
FIGURA 7. ESPECIES ARBUSTIVAS CON VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA EN ÁREA INCENDIADA	41
FIGURA 8. ESPECIES HERBÁCEAS CON VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA EN ÁREA INCENDIADA	42
FIGURA 9. ESPECIES ARBUSTIVAS CON VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA EN ÁREA NO INCENDIADA	43
FIGURA 10. ESPECIES HERBÁCEAS CON VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA EN ÁREA NO INCENDIADA	44
FIGURA 11. RIQUEZA DE ESPECIES EN EL ESTRATO HERBÁCEO Y ARBUSTIVO EN AMBAS ÁREAS DE ESTUDIO.....	45
FIGURA 12. ÍNDICE DE DIVERSIDAD VEGETAL DE SHANNON-WIENER EN ÁREA INCENDIADA Y NO INCENDIADA EN AMBOS ESTRATOS	46
FIGURA 13. ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD PARA ÁREA INCENDIADA Y ÁREA NO INCENDIADA EN AMBOS ESTRATOS	47
FIGURA 14. CATEGORÍA DE COMBUSTIBLES EN MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN EL APFFMC.....	49
FIGURA 16. RENUEVO DE YUCCA CARNEROSANA EN MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN EL APFF MADERAS DEL CARMEN	51

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I. ESTRUCTURA DE ESTRATO HERBÁCEO DE ÁREA INCENDIADA EN MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN EL APFF MADERAS DEL CARMEN	64
ANEXO II. ESTRUCTURA DE ESTRATO ARBUSTIVO DE ÁREA INCENDIADA EN MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN EL APFF MADERAS DEL CARMEN	64
ANEXO III. ESTRUCTURA DE ESTRATO HERBÁCEO DE ÁREA NO INCENDIADA EN MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN EL APFF MADERAS DEL CARMEN	65
ANEXO IV. ESTRUCTURA DE ESTRATO ARBUSTIVO DE ÁREA NO INCENDIADA EN MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN EL APFF MADERAS DEL CARMEN	65
ANEXO V. ESPECIES DE ESTRATO HERBÁCEO DERIVADO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRUEBA DE G Y χ^2 DEL MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN EL APFF MADERAS DEL CARMEN	66
ANEXO VI. ESPECIES DE ESTRATO ARBUSTIVO DERIVADO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRUEBA DE G Y χ^2 DEL MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN EL APFF MADERAS DEL CARMEN	67
ANEXO VII. PESO SECO EN TONELADAS POR HECTÁREA DE CARGA DE COMBUSTIBLE DE LA ESTRUCTURA VEGETAL DE MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN ÁREA INCENDIADA EN EL APFF MADERAS DEL CARMEN	67
ANEXO VIII. PESO SECO EN TONELADAS POR HECTÁREA DE CARGA DE COMBUSTIBLE DE LA ESTRUCTURA VEGETAL DE MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN ÁREA NO INCENDIADA EN EL APFF MADERAS DEL CARMEN	68
ANEXO IX. MATERIA ORGÁNICA EN LA ESTRUCTURA DE MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN APFF MADERAS DEL CARMEN	68
ANEXO X. CARGA DE COMBUSTIBLE TOTAL DE LA ESTRUCTURA VEGETAL DE MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN EL APFF MADERAS DEL CARMEN	69
ANEXO XI. RESPUESTA DE ESPECIE REPRESENTATIVA (YUCCA CARNEROSANA) DEL MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN ÁREA INCENDIADA EN EL APFF MADERAS DEL CARMEN	69
ANEXO XII. RESPUESTA DE ESPECIE REPRESENTATIVA (YUCCA CARNEROSANA) DEL MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO EN ÁREA NO INCENDIADA EN EL APFF MADERAS DEL CARMEN	69

ANEXO XIII. FORMATO PARA EL LEVANTAMIENTO DE DATOS DE CAMPO.....	70
ANEXO XIV. COORDENADAS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS EN ÁREAS DE INVESTIGACIÓN EN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM), DATUM WGS-84 ZONA 13 N	70
ANEXO XV. CLASIFICACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES, LEÑOSOS Y MUERTOS	71
ANEXO XVI. RENUEVOS DE YUCCA CARNEROSANA EN SIERRA DEL JARDÍN, MADERAS DEL CARMEN.....	71

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el fin de evaluar el efecto de un incendio forestal en la composición y estructura del matorral desértico rosetófilo en la Sierra el Jardín del Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen, a través de la comparación de un área incendiada y otra no incendiada, y fortalecer la información acerca de los efectos del fuego en ecosistemas áridos y semiáridos del norte de México y considerando que son ecosistemas dependientes del fuego con fuente de ignición de origen natural (descargas eléctricas); lo que resulta de importancia para el manejo de los recursos naturales en las Áreas Naturales Protegidas. Se establecieron cinco sitios de muestreo en un área incendiada y otros cinco sitios en un área no incendiada, el arreglo en ambos sitios fue sistemático. Para la evaluación del estrato arbustivo se utilizaron sitios circulares de 100 m² y dentro de cada uno de estos, se estableció un sitio de un metro cuadrado para evaluar el estrato herbáceo y se colectó todo el material para el cálculo de la carga de combustible. Se evaluó la cobertura de copa (cm) de cada individuo y una altura promedio (cm) por especie, también se colectó materia orgánica, utilizando un cuadrante de 30 x 30 cm. Se calcularon los atributos de la vegetación para determinar el valor de importancia relativa, la riqueza de especies, y para la comparación de ambas áreas se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener. La comprobación de la hipótesis se realizó a través de la prueba de χ^2 . En el área incendiada resultó mayor riqueza de especies para el estrato herbáceo encontrando 17 especies contra 10 en la no incendiada; en el estrato arbustivo existe mayor riqueza de especies en la no incendiada con 14 especies, contra 6 de la incendiada. En lo relacionado al índice de biodiversidad, el estrato herbáceo es más diverso (2.70 bits) en el área incendiada que en la no incendiada (2.18 bits); el estrato arbustivo, es más diverso en la no incendiada (2.45 bits) que en la incendiada (1.67 bits). De acuerdo al análisis estadístico las áreas son significativamente diferentes en la composición de las especies. Los efectos del fuego beneficiaron la cubierta del suelo al generar cantidades significativas de materia orgánica.

Palabras claves: Área Natural Protegida, Composición, Diversidad, Estructura, Incendio, Matorral Rosetófilo.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of fire on the structure and composition of the rosetophyllous desert scrubland, located in the Sierra El Jardin inside the Maderas del Carmen Natural Protected Area; through out the comparison between both, burn and unburned areas; another objective was to strengthen the available information about the fire effects on arid and semiarid ecosystems in northern Mexico, taking account such ecosystem are fire dependents when the source of ignition come from natural events (such as electric discharges). Such information becomes relevant for natural resources management in Protected Areas. Five sample sites were established at burned areas, meanwhile another five sites were also established on unburned areas, and in both sites the experimental design was systematic. For the scrub strata, circular plots of about 100 m² were used, and inside of those plots a one square meter sub plot was measured to evaluate the herbaceous strata; all the fuel material was collected to determine volume. The crown coverage (cm) of each individual and an average height (cm) per species were measured, organic matter was also collected, using a quadrant of 30 x 30 cm. The attributes of the vegetation were calculated to determine the value of relative importance, the richness of species, and for the comparison of both areas the Shannon-Wiener diversity index was calculated. The testing of the hypothesis was carried out through the χ^2 test. In the burned area, there was a greater species richness for the herbaceous stratum, finding 17 species against 10 in the unburned one; in the shrub layer, there is a greater species richness in the non-burned with 14 species, against 6 of the burning. In relation to the biodiversity index, the herbaceous stratum is more diverse (2.70 bits) in the burned area than in the unburned area (2.18 bits); the shrub layer, is more diverse in the non-burned (2.45 bits) than in the burned (1.67 bits). According to the statistical analysis, the areas are significantly different in the composition of the species. The effects of fire benefited the soil cover by generating significant amounts of organic matter.

Key words: Protected Natural Area, Composition, Diversity, Structure, Fire, Rosetophyllous Scrub.

I INTRODUCCIÓN

El fuego es una fuerza natural y dinámica que juega un papel principal en el desarrollo de los bosques y pre-asentamientos en comunidades forestales y pastizales en todo el mundo (Christensen *et al.*, 1981). De acuerdo con Vélez (2000) el fuego es un elemento que siempre ha prevalecido desde nuestros antepasados, desarrollándose en el mundo para diversas funciones, tanto para la sobrevivencia de flora y fauna, como para la vida humana.

En México están presentes ecosistemas con adaptaciones al fuego, considerándose como ecosistema mantenidos o dependiente del fuego para su desarrollo, como por ejemplo; matorrales y pastizales del norte del País, contribuyendo el fuego a mantener la biodiversidad, reciclaje de nutrientes, conservando las especies con adaptación al fuego y reducir la entrada de plantas invasoras indeseables que contribuyen al cambio de vegetación y pérdida de especies nativas, ocasionando la falta de alimento para la fauna silvestre nativa (Rodríguez, 2000).

El cambio que ahora existe o la manera de ver este elemento, es que antes tenía presencia por causas naturales, como descargas eléctricas (rayos) y el vulcanismo, eran las principales causas de los incendios forestales, en la actualidad la principal causa de los incendios forestales, es el hombre al utilizar el fuego para dominar el espacio (Vélez, 2000).

Por su parte, Van Lear (1985) menciona que se está generando el control y la prevención del fuego en los diversos ecosistemas, atenuando una alteración en las especies de plantas y animales que dependen del factor fuego. Incluso, generan pérdida de diversidad y dan paso a especies invasoras que se acoplan a ese ecosistema modificado.

Existe una gran diferencia con el fuego sin control que constantemente se presentan y que en ocasiones tienen efectos extremadamente dañinos por la alta severidad debido al material vegetativo excesivo e invasor, que no es aprovechado por la ganadería y la fauna silvestre (Larry *et al.*, 1969).

En ciertos casos donde el fuego aparece de forma prudente y controlada en el ecosistema indicado, constituye un valioso auxiliar de la dasonomía, contribuyendo para lograr la reproducción natural de ciertas especies al destruir parcialmente la capa muerta de hojarasca, en muchos casos tienen un espesor excesivo e impiden su germinación, para eliminar la competencia de plantas herbáceas o para ahuyentar a la fauna que impide la regeneración del bosque al alimentarse de las semillas (Verduzco, 1974). En general el fuego es un factor que altera la sucesión vegetal, por lo general suelen ser perjudiciales, pero también pueden ser útiles para mantener la sucesión vegetal en el estado que más convenga (Verduzco, 1974).

Uno de los disturbios más importantes en los ecosistemas forestales en el mundo es la presencia del ser humano provocando desde hace siglos el control de los incendios de origen natural, la exclusión o el exceso del mismo, que son la base principal para alterar el balance natural del ecosistema (Rodríguez *et al.*, 2002).

Los incendios forestales aumentan globalmente, ante la influencia del cambio climático, con el mayor índice de pobreza en zonas rurales y con la exclusión del fuego en ecosistemas dependientes de este factor (Rodríguez, 2007).

Rodríguez *et al.* (2002) menciona que en México el 90% de los incendios son originados por causas humanas, teniéndose un registro histórico del 50% se debe por actividades agropecuarias. Incluso, a lo largo de todo el año existe la presencia de incendios forestales en alguna parte del País, gracias a que la temporada de estiaje se mueve a lo largo del territorio nacional, siendo un País de gran diversidad de ecosistemas (CONAFOR, 2018).

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas administra actualmente 182 áreas naturales protegidas divididas en nueve regiones (CONANP, 2018). De las cuales, México posee 40 áreas de protección de flora y fauna con seis millones 996 mil 864 hectáreas, catalogándose en la tercera más grande en superficie después de parques nacionales y reservas de la biosfera (SEMARNAT, 2018).

El Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen (APFFMC) pertenece a la Región Noreste y Sierra Madre Oriental, dicha región está conformada de 17 áreas naturales protegidas reconocidas a nivel mundial por su alto valor ambiental, las cuales suman en total 3,246,338.91 hectáreas (CONANP, 2018).

México presenta un registro histórico de 47 años de incendios forestales (1970 al 2017), el año 1998 fue el más importantes para el País, con 14,445 incendios y una superficie afectada de 849, 633 hectáreas. Sin embargo, el año de 2011 ha sido el de mayor superficie afectada con 959, 405 con 12,113 incendios (CONAFOR, 2018).

Por su parte, Rodríguez *et al.* (2002) menciona que el año de 1998 queda como histórico el tema de los incendios forestales para los mexicanos, a partir de esto, se despierta el interés en la investigación con relación al fuego; incluso, la incorporación de la elaboración de programas de manejo del fuego en áreas naturales protegidas, apoyados y financiados por agencias internacionales y organizaciones no gubernamentales nacionales y locales.

Challenger (1998) cataloga a México como uno de los principales Países con zonas áridas y semiáridas, contemplando, aproximadamente del 50 por ciento del territorio mexicano. Rodríguez *et al.*, (2002) menciona que en la mayoría y en casi cada tipo de vegetación está adaptado a quemarse, aunque con diferente frecuencia, por ejemplo, los pastizales anualmente o trimestralmente y varios matorrales en promedio cada treinta a cincuenta años. En el noroeste del País la mayor presencia de incendios forestales en vegetación de matorrales desérticos se presenta en el verano y otoño (Rodríguez *et al.*, 2002).

Por ser México un País con presencia de fuego, dentro de las Normas oficiales de los Estados Unidos Mexicanos. La Norma Oficial: NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007; que establece las especificaciones técnicas de los métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario (Rural *et al.*, 2009). Además, existe en el Estado de Coahuila de Zaragoza el Decreto que establecen zonas de veda para el uso del fuego en todas las áreas boscosas del Estado (SEMA, 2006).

1.1 JUSTIFICACIÓN

Dada la escasez de información acerca de los efectos del fuego en ecosistemas áridos y semiáridos del norte de México, resulta de gran relevancia para los manejadores de los recursos naturales (áreas naturales protegidas, aprovechamientos forestales, pagos de servicios ambientales, UMAS, entre otros.) conocer los cambios que ocurren en la estructura, diversidad y composición en ecosistemas dependientes del fuego, como es el caso de pastizales y matorrales de ladera en la Sierra del Jardín, ubicada al noroeste del Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen (APFFMC). Adicionalmente y en el contexto del cambio climático, los indicadores de resiliencia en los ecosistemas no están documentados, ni desarrollados; por lo anterior, este estudio brinda información relevante para iniciar una base de datos y contribuir en los fundamentos ecológicos y de efectos del fuego para la toma de decisiones en la aplicación de estrategias y acciones del Plan de Manejo del Fuego del APFFMC.

1.2 OBJETIVOS

1.1.2 Objetivo general

Determinar el efecto de un incendio natural en la estructura, diversidad y composición del matorral desértico rosetófilo en un área de la sierra del Jardín en el APFF Maderas del Carmen.

1.2.3 Objetivos específicos

- Determinar el índice de Valor de Importancia Relativa (VIR) dentro y fuera del área incendiada y reconocer la respuesta de las especies vegetales.
- Determinar los parámetros ecológicos de diversidad, similitud y riqueza del matorral desértico rosetófilo comparando un área incendiada contra otra no incendiada, en similares condiciones.
- Documentar el efecto del incendio en un ecosistema dependiente del fuego con ignición natural, para establecer las bases de manejo de incendios en ecosistemas de matorral desértico rosetófilo del APFFMC.
- Estimar el volumen de combustible acumulado posterior a la fecha del incendio y compararlo con un área testigo.

1.3 HIPÓTESIS

H₀: Los parámetros ecológicos como diversidad, similitud y riqueza del matorral desértico rosetófilo son iguales en el área incendiada contra el área no incendiada.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Fuego

Rodríguez *et al.* (2002) describe el fuego como la liberación de luz y calor, generada por la combustión de un cuerpo; y requiere de tres elementos, que forman el llamado “Triángulo del Fuego” (combustible, calor o fuente de ignición y oxígeno); el fuego es diverso para la humanidad y puede ser benéfico o perjudicial, dependiendo en la actividad que se utilice. En la cocina es benéfico para la cocción de los alimentos, en lo agropecuario se utiliza como herramienta, también es un factor ecológico, o puede ser un agente destructor, es fuente de energía, entre otras cosas, pero lo más importante que reflejó en el mundo, fue la evolución de la inteligencia del hombre (Rodríguez *et al.*, 2002).

Para la gente y los ecosistemas el fuego tiene varias facetas, puede ser benéfico o dañino, según dónde y cómo ocurra. Durante miles de años la humanidad lo ha utilizado de forma benéfica, usándolo para cocinar, proveer calor, producir energía, entre otras. Pero al utilizarse de manera benigna, en el lugar, en la hora, en tiempo, en el ecosistema incorrecto, puede amenazar los ecosistemas, la salud y el sustento humano (TNC, 2004).

2.2 Incendio forestal

Un incendio forestal de origen natural se da cuando ocurre sobre vegetación sin inducción del ser humano, este tipo de incendio ha ocurrido desde hace millones de años, por rayos, erupciones volcánicas y otras causas naturales, que influyen en la evolución de las plantas y los ecosistemas. Sin embargo, la diferencia es que en la actualidad en el planeta los incendios generalmente son por causas humanas; además, los incendios ocurrían de forma natural en ecosistemas dependientes del fuego, sobre especies de plantas que están adaptadas al fuego y lo necesitan para mantener sus ciclos biológicos; ahora ocurren en ecosistemas que no se pueden recuperar del exceso del fuego, gracias a la integración del hombre al utilizarlo únicamente para su beneficio (Rodríguez *et al.*, 2002).

Los incendios que se inician naturalmente y que refuerzan los ciclos naturales del fuego son beneficiosos y ayudan a mantener la vida de los ecosistemas que han evolucionado con el fuego. Pero también existe la parte mala o negativa del fuego, al presentarse o ponerlo en un ecosistema que están compuestos por plantas y animales que no poseen las adaptaciones a éste para sobrevivir o aprovecharse de él. Sin embargo, se cree que los incendios en la actualidad se comportan diferentes a los que se presentaron en la historia, ya que hoy en día, los humanos se han convertido en la principal fuente de los incendios (TNC, 2004).

2.3 Manejo de fuego

Es la gama de las posibles decisiones técnicas y acciones disponibles para prevenir, mantener, controlar o usar el fuego en un paisaje dado. Involucra la preparación y capacidad de respuesta para hacer frente a emergencias de incendios. Al integrar la información acerca de incendios pasados, fuentes de ignición y la necesidad y la tendencia de ciertos tipos de vegetación a quemarse, los organismos y las comunidades pueden anticipar mejor los incendios y tomar decisiones más acertadas cuando éstos ocurren (Myers, 2006).

Considera el desarrollo, monitoreo y evaluación de las estrategias y acciones que se realizan en el programa de protección contra incendios forestales, incluyendo las estrategias y acciones de uso del fuego como una herramienta ecológica de manejo, la investigación en ecología y efectos del fuego, en el contexto de beneficios y daños, el entorno socioeconómico y cultural de la sociedad (Nájera, 2016).

2.4 Régimen de fuego

Se define como un conjunto de condiciones recurrentes del fuego que caracteriza a un ecosistema dado. Dichas condiciones están inscritas en un rango específico de frecuencia, comportamiento del fuego, severidad, momento y tamaño de la quema, modelo de propagación del fuego y modelo y distribución de la quema. Si se elimina o aumenta el fuego o se altera o restringe uno o más de los componentes del régimen del fuego de manera tal que el rango de variabilidad en un ecosistema

dado, ya no sea el adecuado, este ecosistema se transformará en algo diferente y se perderán hábitats y especies (Myers, 2006).

Prácticamente todos los ecosistemas terrestres tienen un régimen de fuego, es decir, una historia de fuego que ha modelado o afectado la estructura y la composición de las especies.

También se dice que existen otros dos regímenes de fuego; régimen de fuego ecológicamente adecuado, definiéndolo como aquel que mantiene la variabilidad o estructura, composición y el funcionamiento deseados del ecosistema, no siendo necesariamente un régimen natural del fuego. Y el régimen de fuego alterado o indeseable, mencionando que es aquel que ha sido modificado por actividades humanas tales como la supresión y prevención de incendios, las quemas excesivas o inadecuadas, la conversión del ecosistema o la fragmentación del paisaje, hasta el punto en que el régimen de fuego actual afecta negativamente la variabilidad de los ecosistemas deseados y la sostenibilidad de los productos y servicios que estos ecosistemas proveen (Myers, 2006).

The Nature Conservancy, (2004) también menciona que las alteraciones de los regímenes del fuego es la medida en que los modelos actuales del fuego se han alejado de los rangos naturales, históricos o ecológicamente aceptables de variación de los atributos clave (frecuencia y severidad) asociados con diferentes ecosistemas y característicos de éstos. Además, la alteración de los atributos clave de un régimen del fuego crea condiciones actuales o de largo plazo que amenazan la persistencia de las poblaciones de plantas y animales nativos asociados con este régimen del fuego.

2.5 El papel del fuego en los ecosistemas

Myers, (2006) describe cuatro categorías amplias de respuestas de la vegetación al fuego, definiéndolas a continuación;

Ecosistemas independientes del fuego: son aquellos en los cuales el fuego juega un papel muy pequeño o nulo, son demasiado fríos, húmedos o secos para

quemarse, como desiertos, tundra y bosques lluviosos en ambientes no estacionales.

Ecosistemas dependientes del fuego: son aquellos donde el fuego es esencial y las especies han desarrollado adaptaciones para responder positivamente al fuego y para facilitar su propagación, es decir, la vegetación es inflamable y propensa por el fuego, también denominados como ecosistemas adaptados al fuego o mantenidos por el fuego. Ambientes fuertemente dependientes del fuego incluyen bosque de tipo mediterráneo, matorrales y sabanas dispersas por todo el mundo, bosques de coníferas y de clima templado, y bosques y pastizales dominados por encinos de América del Norte.

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

Ecosistemas influidos por el fuego: incluye tipos de vegetación que se encuentra frecuentemente en la zona de transición entre los ecosistemas dependientes del fuego y los ecosistemas sensibles al fuego o independientes del fuego, pero en última instancia puede incluir tipos de vegetación más amplios en los cuales las respuestas de las especies al fuego todavía no han sido documentadas y el papel del fuego en el mantenimiento de la biodiversidad no se reconoce.

De acuerdo con The Nature Conservancy, (2004) el 46% del área mundial estudiada de los principales tipos de hábitat como dependientes del fuego, el 36% como ecosistemas sensibles al fuego y el 18% como independientes del fuego.

2.6 Área de Protección de Flora y Fauna

Las Áreas de Protección de Flora y Fauna, de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, son lugares que contienen los hábitats de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestre. En dichas áreas se permite la realización de actividades relacionadas con la conservación, preservación, repoblación, propagación, aclimatación, refugio, investigación y aprovechamiento sustentable de las especies mencionadas, así como las relativas a educación y difusión en la materia. Además, las comunidades pueden aprovechar los recursos naturales de acuerdo con las normas oficiales mexicanas y usos del suelo que estén establecidas en la declaratoria del área natural protegida (SEMARNAT, 2018).

2.7 Investigaciones afines

Velázquez (2013) evaluó el efecto de incendios en la composición y estructura de la vegetación en Sierra la Purísima en Cuatro Ciénegas, Coahuila, el primer incendio ocurrido el 01 de mayo de 2011 y el segundo el 19 de marzo de 2012. Para dicho estudio se establecieron diez sitios en incendio 2011 y diez sitios en área no incendiada para comparar, cuatro sitios en incendio 2012 y cuatro sitios en área no incendiada. La vegetación arbustiva se evaluó con sitios circulares de 100 m² y las herbáceas en parcelas de dos metros cuadrados. En el incendio ocurrido en el año 2011 benefició el estrato herbáceo, obteniendo un índice de diversidad vegetal mayor en el área incendiada en comparación con el área no incendiada y para el estrato arbustivo se encontró lo contrario, incrementando mayor número de especies el área no incendiada en comparación con el área incendiada. Para el año 2012 en ambos estratos el índice de diversidad vegetal fue mayor en el área no incendiada.

Ávila (2016) realizó un estudio en la composición y estructura del matorral submontano de rosáceas posterior a un incendio forestal en la Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. Después de diez años de haber ocurrido el incendio, evaluó cinco sitios en áreas incendiadas y cinco sitios en áreas no incendiadas con características similares, utilizando el muestreo selectivo. Para el estrato arbustivo

utilizó parcelas de 100 m² y para el herbáceo de 1 m². Las especies arbustivas beneficiadas con el efecto del fuego de acuerdo con mayor Valor de Importancia Relativa (VIR) en el área incendiada fueron; *Gymnosperma glutinosum* (16.01%), *Nolina cespitifera* (13.39%) y *Agave lechuguilla* (10.49%) y para el área no incendiada las principales especies fueron; *Dasyllirion cedrosanum* (13.37%), *Nolina cespitifera* (8.55%) y *Agave lechuguilla* (8.40%). Sin embargo, para el estrato herbáceo las especies con mayor (VIR) fueron; *Chrysactinia mexicana* (15.67%), *Linum rupestre* (7.55%) y *Wedelia acapulcensis* (7.54%) comparado con el área no incendiada se tienen que las especies con mayor índice fueron; *Bouteloua gracilis* (10.32%), *Chrysactinia mexicana* (8.57%) y *Metcalfia mexicana* (8.19%).

Huerta (2016) realizó un estudio sobre el efecto de un incendio en la composición y estructura del matorral de rosáceas en la Sierra Zapalinamé, Saltillo, Coahuila, por medio de la comparación de un área incendiada y un área no incendiada. En cada área se establecieron cuatro sitios de muestreo donde se evaluó el estrato herbáceo y arbustivo; para el estrato herbáceo utilizó el método de cuadrado (1 m²) y para el arbustivo sitio circulares de (100 m²). En dicho estudio encontró que el índice de diversidad vegetal fue mayor para el estrato herbáceo en el área incendiada, mientras que, en el estrato arbustivo en el área incendiada fue menor la diversidad comparándola con el área testigo (no incendiada).

Worthington y Corral (1987) evaluaron el efecto del fuego sobre arbustos y plantas suculentas por medio de transectos y parcelas de estudio, dicha investigación se realizó después de 16 meses del incendio, el incendio ocurrió el 15 de julio de 1981, quemando alrededor de 30 hectáreas en el desierto Chihuahuense en las montañas Franklin, en el Condado, El Paso, Texas, EUA. Encontrando que la mayor parte de las especies de plantas se han recuperado casi por completo en toda la superficie afectada por el incendio, considerando que en las áreas afectadas por el fuego era 7.52% en la composición contra 33.68% para las áreas no quemadas adyacentes.

De manera particular, el matorral desértico rosetófilo es muy diverso en especies en la Región de Maderas del Carmen; de acuerdo con Ochoa (2018) en su investigación, "Contribución al conocimiento de las poblaciones de equinos ferales en el Noreste de Coahuila, México", en el Capítulo II, Estructura de la vegetación y composición florística en dos tipos de matorral desértico con presencia de equinos, menciona que en el matorral desértico rosetófilo registró 66 especies, principalmente, *Agave lechuguilla*, *Bouteloua gracilis*, *Larrea tridentata* y *Pathenium incanum*, destacando que la composición básica a nivel paisaje conserva los elementos representativos del desierto Chihuahuense.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó en el área afectada por incendio forestal ocurrido el 9 de mayo de 2016, en el paraje conocido como “Las cintas del frentón”, ubicado en la ladera oeste de la Sierra el Jardín, dentro de la poligonal del Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen (APFFMC), (Figura 1). El ecosistema representativo es el Desierto Chihuahuense en el extremo noroeste del Estado de Coahuila, la provincia ecológica a la que pertenece es la del Altiplano Mexicano, delimitado al oeste por la Planicie Costera del Norte y la Sierra Madre Oriental y Occidental y por el Eje Volcánico Transversal al Sur.

El APFFMC está situada dentro de tres municipios del Estado de Coahuila, que son: Múzquiz, Ocampo y Acuña. Geográficamente se encuentra en las coordenadas: 28° 42' 18" y 29° 22' 15" Latitud Norte y 102° 20' 56" y 102° 56' 06" Longitud Oeste.

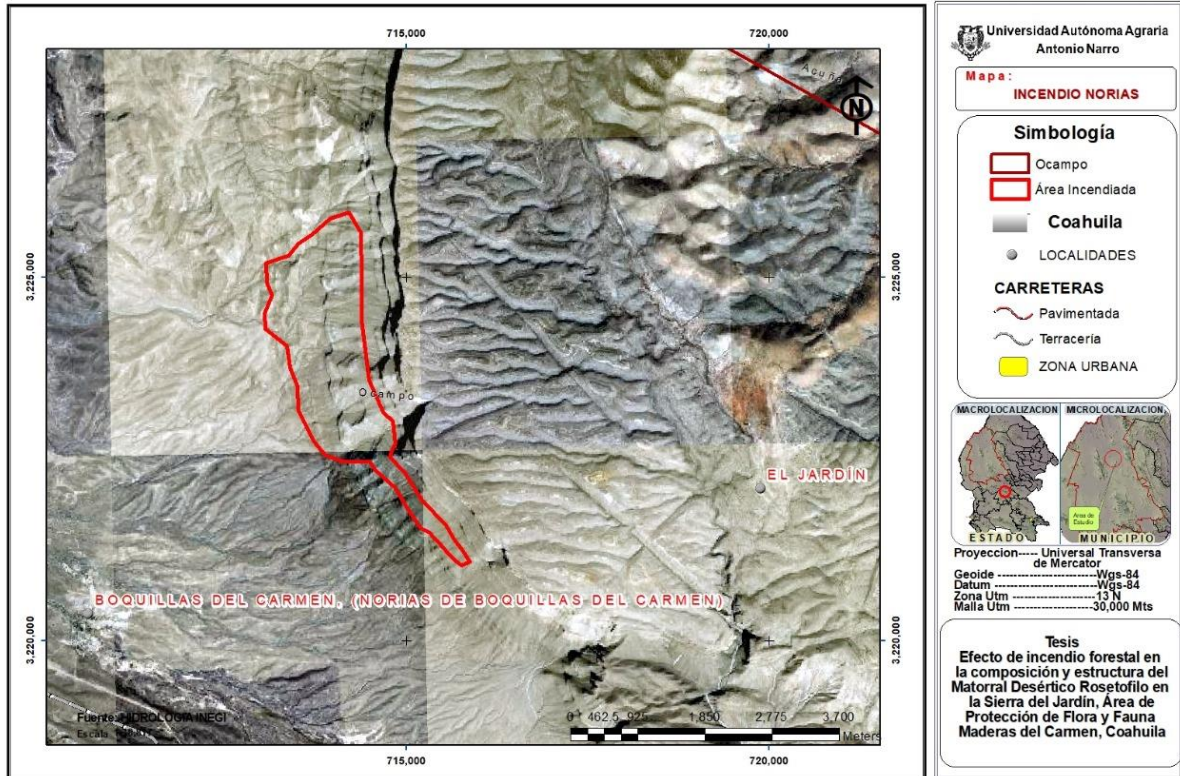


Figura 1. Ubicación de incendio forestal “Norias de Boquillas”

3.1.1 Hidrología

El área de estudio se ubica en la región hidrológico-administrativa VI Río Bravo, se localiza en la Región Hidrológica 24 (RH24ha, Subcuenca Río Bravo- Arroyo de las Vetas), la poligonal del APFFMC comprende partes de los acuíferos 526 Serranía del Burro y 515 Santa Fe del Pino, los ríos más importantes en la región son el Conchos y el Bravo, este último sirve como frontera natural con Estados Unidos de América, fluye por 512 kilómetros entre la frontera de Coahuila y Texas (INEGI, 1997).

3.1.2 Fisiografía

Cubre una superficie total de 208,381 hectáreas, con un rango de altitudes que fluctúa entre los 2,720 msnm en los picos más altos y los 500 msnm, a la orilla del Monumento Natural Río Bravo del Norte. El APFFMC se constituye de sierras de calizas, plegadas y orientadas de noroeste a sureste, son escarpadas y pequeñas, sus ejes estructurales bien definidos y con anticlinales alargados con lomos erosionados (INEGI, 1997).

3.1.3 Geología

En el APFF Maderas del Carmen la composición de las rocas es a grandes rasgos de sedimentarias (calizas) del Mesozoico en la parte Norte y Centro, rocas ígneas extrusivas (riolita-toba acida) del cenozoico y materia aluvial del Cenozoico hacia el Sur (INEGI, 2009).

3.1.4 Edafología

Dentro del polígono de protección de Maderas del Carmen, se encuentran cinco principales tipos de suelo; xerosol, planosol, regosol, feozem y rendzina. El xerosol es tipo de suelo dominante en el área de estudio, se caracteriza por ser un suelo de zona seca o árida; la vegetación natural que sustenta son matorral y pastizal, son suelos con baja susceptibilidad a la erosión, salvo cuando están en pendientes y sobre caliche o tepetate (INEGI, 2005).

3.1.5 Clima

En el área de estudio el principal tipo de clima que se presenta es el seco, subtipo muy seco semicálido con escasa lluvias todo el año, con la fórmula climática: BW_hx (Peel *et al.*, 2007) en altitudes menores a 1,000 msnm las variaciones en la temperatura pueden ser hasta de 14°C, una temperatura promedio de 20°C y un rango de precipitación anual entre 100 y 200 mm, estos climas ocurren en lomeríos y sierras bajas, se encuentran relacionados a una mayor influencia marítima, la precipitación se distribuye más uniformemente en el año, de modo que la proporción de lluvia invernal es mayor a 10 por ciento del total anual.

3.1.6 Vegetación

En el APFF Maderas del Carmen se encuentran siete tipos de vegetación; bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de encino, chaparral, matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo y pastizal natural.

El presente estudio se llevó a cabo en el matorral desértico rosetófilo, el cual se caracteriza principalmente por la presencia de especies con hojas en forma de roseta con o sin espinas, sin tallo aparente, se le encuentra solamente en suelos xerosoles de laderas de cerros de origen sedimentario y las partes altas de los abanicos aluviales (Rzedowski, 1983). Este tipo de matorral está representado principalmente por especies como la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), guapilla (*Hechtia texensis*), sotol (*Dasylirion leiophyllum*), palmito (*Yucca carnerosana*), sangre de drago (*Jatropha dioica*) y diversas especies de nopal (*Opuntia* spp); el matorral desértico rosetófilo se asocia con vegetación de pastizal en espacios pequeños abiertos, las especies más representativas son; *Bouteloua ramosa*, *Bouteloua curtispindula* (banderita), *Tridens muticus*, *Heteropogon contortus* (zacate colorado) y otra especie regularmente abundante es *Aristida schiedeana* (Villareal y Valdés, 1992).

3.1.7 Fauna Silvestre

De la fauna silvestre, las principales especies que habitan en el APFFCM son; lagartijas *Cophosaurus turcius*, *Sceloporus merriami*, serpientes; *Nerodia erythrogaster* y *Coluber constrictor stejnegerianus*; de aves, estas áreas son de buenas características para la conservación del águila real (*Arpialeaetus solitarius*), (Garza *et al.*, 2007). Maderas del Carmen, cuenta con mamíferos de gran valor que se encuentran en peligro de extinción, como es el caso del oso negro (*Ursus americanus eremicus*) y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus carminis*).

3.2 Localización del área de estudio.

Los pobladores locales definen la formación montañosa como “Las cintas del frentón”, esta terminación se le da por la forma de la misma, debido a que son varias franjas, una franja o cinta con vegetación y una cinta con una estructura vertical rocosa, así sucesivamente está formada la Sierra del Jardín, todas las cintas cuentan con una pendiente muy pronunciada lo que hace que se le llame frentón, el área de estudio se realizó en una de las franjas, de la “cinta” más alta hacia la parte más baja, se trabajó en la tercer “cinta” de vegetación (Figura 2). En la franja de estudio las elevaciones van de los 1,200 msnm al pie de la “cinta” hasta los 1,500 msnm en la parte más alta de la “cinta”, con una pendiente en promedio del 75 por ciento y con exposición oeste.

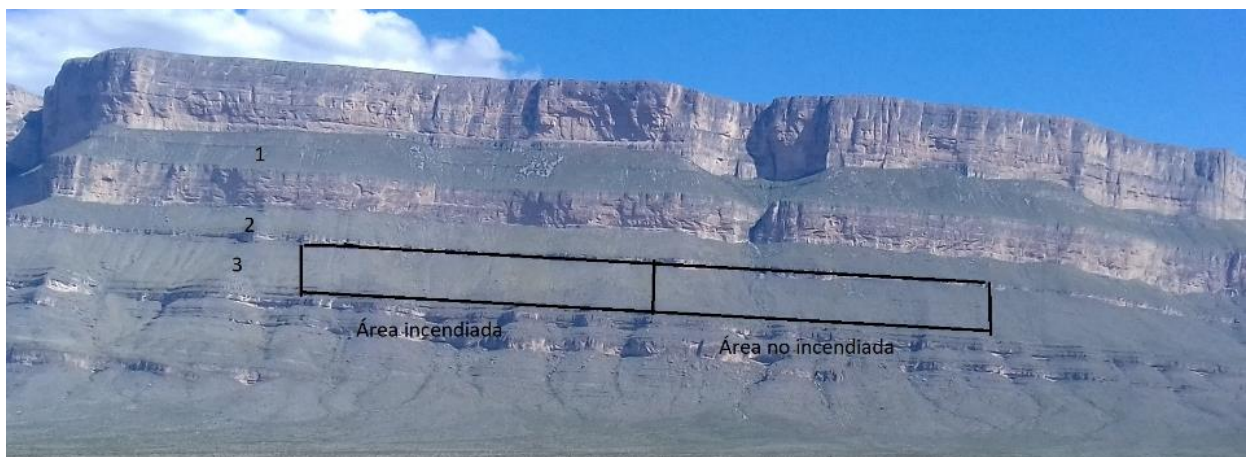


Figura 2. Señalización del área de estudio en el APFFCM

*los números en la imagen significan el orden de las franjas (“cintas”) de vegetación

Tomando en cuenta, que la vegetación presente en el área de estudio tiene las mismas condiciones (luz, pendiente, altitud, exposición y tipo de suelo); en el área de investigación el incendio forestal ocurrido en el año 2016 quemó en contra del viento, por lo tanto, se incendió homogéneamente de noroeste a sureste hasta cierta parte de la “cinta”, y considerando que la única diferencia de por medio era que un área se había incendiado y en la otra no, se trabajó con un diseño de muestreo sistemático.

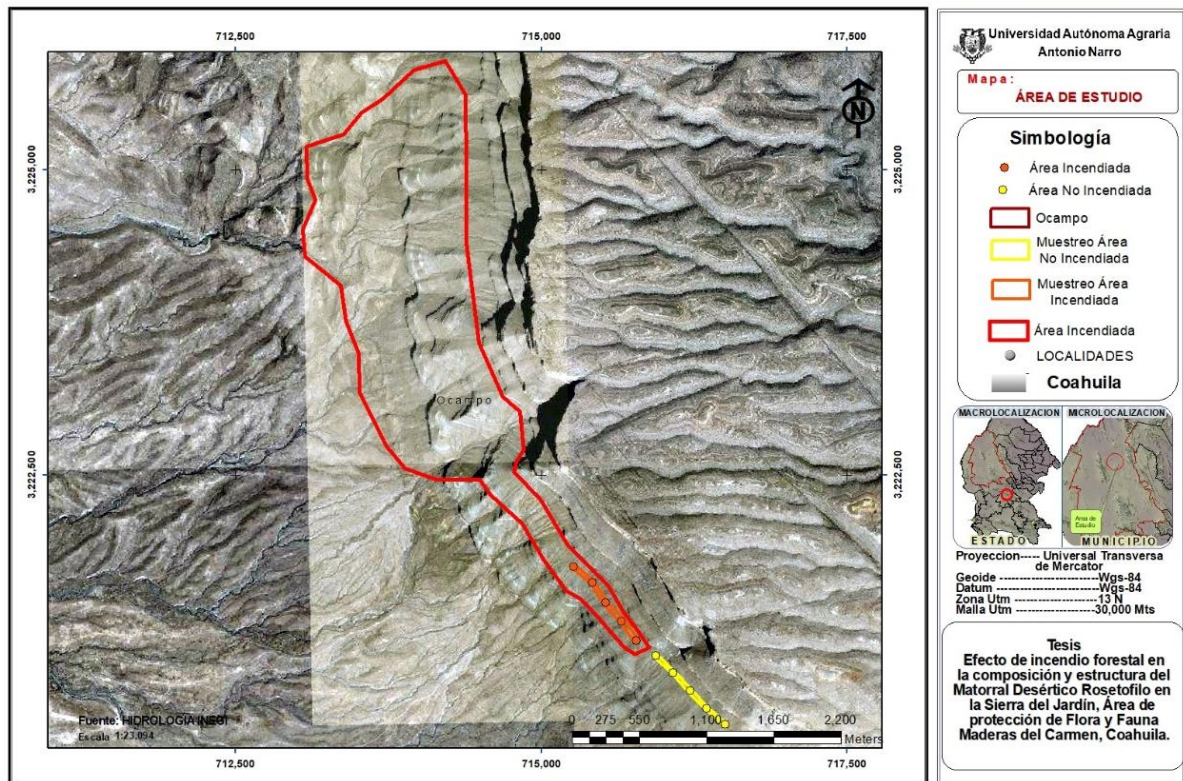


Figura 3. Señalización de las áreas y sitios de investigación de acuerdo al incendio

3.3 Antecedente del área de estudio.

La fecha de detección del incendio fue el día 9 de mayo de 2016, teniendo el primer reporte a las 3:30 pm, el ataque inicial se realizó el 10 de mayo de 2016 y como fecha de liquidación el 13 de mayo de 2016 a las 15:00 horas. La coordenada del incendio fue latitud 29° 8'6" y longitud 102° 48'3". Como personal participante estuvo, la brigada del APFF Maderas del Carmen (8 brigadistas), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR 9 brigadistas), personal

técnico de APFFMC (3 brigadistas), Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA 5 brigadistas) y Secretaria de Medio Ambiente de Gobierno del Estado de Coahuila (SEMA 6 brigadistas), teniendo un total de 31 personas en el combate del incendio.

El incendio ocurrió en mayo de 2016 llevando como nombre “El frentón de Norias de Boquillas”, en la sub-zona de aprovechamiento sustentable de los ecosistemas denominada “lomeríos” en la parte noroeste del APFF Maderas del Carmen. El tipo de vegetación afectada fue pastizal y matorral rosetófilo, en estratos de arbustivo herbáceo y sobre una superficie total de 408 hectáreas. La causa del incendio fue natural (descarga eléctrica) con un impacto moderado de tipo superficial, en una presencia de combustible de materiales finos y medianos (en pie y en el suelo).

3.4 Diseño de los sitios de muestreo.

El tipo de diseño para el establecimiento de los sitios de muestreo fue sistemático, el cual consiste en ubicar las muestras o unidades muestrales en un patrón regular en toda la zona de estudio. Este tipo de muestreo permite detectar variaciones espaciales en la comunidad, partiendo de un punto determinado al azar, partiendo de este los subsiguientes puntos a una cierta medida para la captura de la información (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Se establecieron 10 sitios considerando el ancho de la “cinta de vegetación” en una superficie total de dos hectáreas de acuerdo al diseño de muestreo sistemático, teniendo una separación de 200 metros entre sitio y sitio, considerando también el área no incendiada (Figura 4), cada área con una superficie de 1 hectárea y 5 sitios dentro de ella, ambos a una altitud de los 1398 msnm.

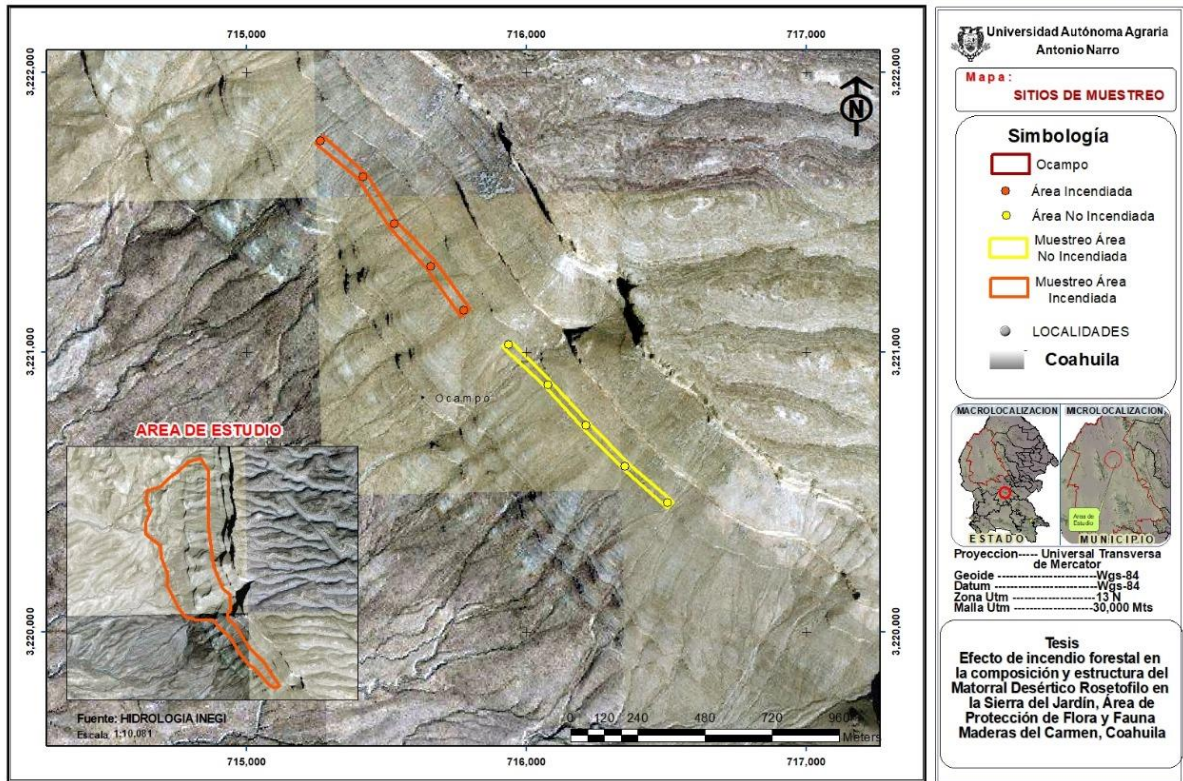


Figura 4. Diseño de muestreo sistemático para la captura de datos de campo

Los sitios de muestreo para la vegetación arbustiva fueron en parcelas circulares, mientras que para la vegetación herbácea se realizaron sitios de muestreo por el método de cuadrado para obtener muestreos más homogéneos (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974 y Franco, 1985). En la ubicación del sitio sistemáticamente se determinó el sitio de 100 m² para las arbustivas y dentro de este, en el centro el de 1 m² para la vegetación herbácea (Figura 5).

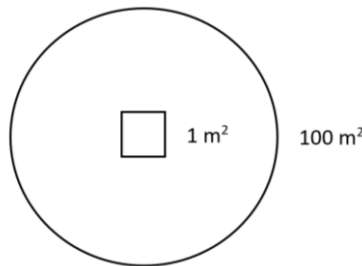


Figura 5. Sitios de muestreo de vegetación

3.5 Evaluación de estructura

Los sitios fueron ubicados con coordenadas (Anexo XIV) con ayuda de (GPS), se tomaron primeramente los datos principales del sitio (Anexo XIII), como son, coordenadas, número de sitio, tipo de área (incendiada o no incendiada), fecha y altitud, anexando algunas observaciones del sitio; la función principal de las observaciones es identificar el sitio de manera relevante, que consiste en describir las características del sitio como es, formas de las rocas, relieves pronunciados, echaderos, agujeros.

Para la delimitación de los sitios circulares de 100 m² se realizó con una cinta métrica de 20 metros, considerando que la pendiente no cambia por las condiciones del terreno se marcó en la cinta métrica una señal de la compensación de la pendiente; la pendiente se determinó con un clinómetro marca Suunto. Para la evaluación de vegetación herbácea de 1 m² se utilizó un cuadro de tubos armado de PVC de ½ pulgada de diámetro.

Para la evaluación de la vegetación arbustiva se determinó la cobertura de cada uno de los individuos y una altura promedio por especie con un flexómetro, además en ese mismo sitio de 100 m² se contabilizó la mortalidad y rebrotes de palma samandoca (*Yucca carnerosana*) en el área incendiada, por ser una de las especies representativas del matorral desértico rosetófilo.

Para la medición del material vegetativo herbáceo se comenzó a levantar la información de todas las especies que se encuentren dentro; Se comenzó por la especie más abundante, capturando; número de individuos, cobertura de todos los individuos de la misma especie en centímetros, y hasta el final se tomó una altura promedio de esa misma especie, ambas mediciones se realizaron utilizando un flexómetro, y así sucesivamente para las demás especies que se encontraron dentro del cuadro de estudio.

El material muerto leñoso que se encontró en el piso fue separado y clasificado según su tamaño y forma (Anexo XV) para después cortarlo utilizando unas tijeras de podar toda la vegetación presente dentro del metro cuadrado, separando el material según las horas de tiempo de retardo (Anexo XV).

Con apoyo del laboratorio del Instituto Tecnológico Superior de Múzquiz (lugar más cercano al APFF Maderas del Carmen), el material se introdujo a una estufa de secado a 65°C para estimar el peso seco de los materiales.

Además de evaluar y muestrear la cobertura vegetal, también se colectó materia orgánica, para la colecta de este material se utilizó un cuadrado de 30 centímetros por 30 centímetros (cuadro de tubos armado de PVC de ½ pulgada de diámetro), dos en cada uno de los sitio de muestreo de vegetación herbácea, ubicando uno por arriba y en la parte inicial del cuadro de 1 m² y otro por abajo y al final del mismo, tomando como referencia la pendiente del terreno, como se muestra a continuación en la Figura 6. Así como el material combustible en las diferentes categorías de tiempo de retardo se estufó; también se introdujo la materia orgánica a la estufa de secado para estimar su peso seco.

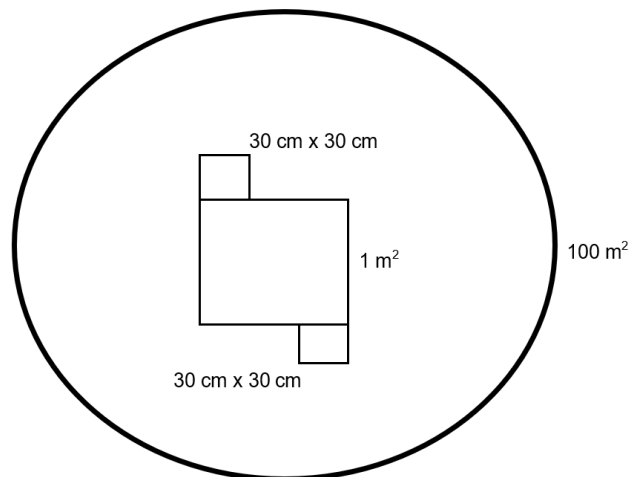


Figura 6. Señalización de sitios de muestreo de materia orgánica

3.6 Colecta de muestras botánicas

Las especies vegetales no identificadas, se tomó una muestra para su posterior identificación, se colectaron fuera del cuadro de 1 m² pero que sea similar a la que estaba dentro del cuadro de estudio, completa, que contuviera: flor, fruto, hojas definidas y cualquier característica anatómica que permita la identificación.

Las muestras fueron con un largo máximo de 30 cm y se colocó en una bolsa de cartón en ese momento, colocándole una clave de identificación, donde contuviera el número de sitio, número de línea, tipo de vegetación (arbustiva, herbácea) y esa misma clave va en el formato de campo para no perder la información; una vez llegando al sitio permanente donde se tenían las muestras, estas se colocaron en una prensa envueltas en periódico; de acuerdo con el método de colecta y prensado (Bridson y Forman, 1992).

Para la identificación de las muestras botánicas se contó con el apoyo del Dr. José Javier Ochoa Espinoza subdirector del Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen (con conocimiento en la identificación de pastizales) y para las especies de difícil identificación taxonómica con el apoyo del docente investigador Dr. Juan Antonio Encina Domínguez del Departamento de Recursos Naturales de la UAAAN con conocimiento y experiencia en la identificación de plantas. Las especies que se conocía con el nombre común, se investigó en la página de The Plant List (<http://www.theplantlist.org/>).

3.7 Análisis de la información

Los datos obtenidos en campo en el área incendiada y en el área no incendiada del estrato herbáceo y arbustivo se capturaron en el programa de Microsoft Excel[®] de manera separada, donde se calculó la densidad, dominancia y frecuencia de las especies, para la obtención del Valor de Importancia Relativa (VIR) y posteriormente obtener el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener. Para conocer la relación de las mismas, se calculó el índice de equitatividad, y por último se obtuvo un análisis estadístico, llamado prueba G y Ji cuadrada (X^2) para estimar la significancia tanto

entre especies como entre áreas y así determinar el efecto del incendio ocurrido en el año 2016 en el área de investigación.

Con la información recabada del muestreo se calculó la densidad, dominancia y frecuencia de las especies para determinar el VIR de acuerdo con Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

Para los cálculos de la vegetación se utilizaron las siguientes formulas:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Área muestreada}} \text{ (Fórmula 1)}$$

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad por especie}}{\text{Densidad total de todas las especies}} \times 100 \text{ (Fórmula 2)}$$

$$\text{Dominancia} = \frac{\text{Área cubierta o área basal}}{\text{Área muestreada}} \text{ (Fórmula 3)}$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia por especie}}{\text{Dominancia total de las especies}} \times 100 \text{ (Fórmula 4)}$$

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Número de parcelas con la especie}}{\text{Número total de parcelas}} \text{ (Fórmula 5)}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de la especie}}{\text{Suma de la frecuencia de todas las especies}} \times 100 \text{ (Fórmula 6)}$$

$$\text{Valor de importancia} = \frac{\text{Densidad relativa} + \text{Dominancia relativa} + \text{Frecuencia relativa}}{3} \text{ (Fórmula 7)}$$

En la obtención de Índices, para cuantificar la diversidad de especies se utilizó el índice de Diversidad de Shannon y Wiener, debido a que toma en cuenta el número de especies diferentes y sus proporciones relativas de abundancia. Con la siguiente ecuación:

$$\text{I.S.} = -\sum P_i \ln (P_i) \text{ (Fórmula 8)}$$

Dónde:

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

Pi = Fri/Fri

Fri: Frecuencia de la especie i

∑Fri: Sumatoria de todas las frecuencias de todas las especies observadas.

Se estimó la equitatividad expresada en porcentaje para cada estrato de vegetación (herbáceo y arbustivo) en el área incendiada y en área testigo, reconociendo que este índice es una medida de la distribución de las proporciones relativas de las especies, lo que significa que, entre más se acerque al cien por ciento las especies se encuentran con cifras muy cercanas o iguales entre sí. Para esta estimación se utilizan los valores de diversidad actual y diversidad máxima, tomando en cuenta que la diversidad máxima se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Diversidad Máxima} = LN(N) \text{ (Fórmula 9)}$$

Donde:

LN=logaritmo natural

N=número de especies del estrato

Una vez calculado el índice de diversidad de Shannon-Wiener y el de diversidad máxima, se calcula el índice de equitatividad, utilizando la siguiente formula:

$$I.E. = (I.S/Div.Máx.) * 100 \text{ (Fórmula 10)}$$

Donde:

I.E=Índice de equitatividad

Div. Máx.=Diversidad máxima

IV RESULTADOS

4.1 Aspectos estructurales de Matorral Desértico Rosetófilo en área incendiada

4.1.1 Estructura arbustiva

Las cinco especies dominantes que caracterizaron el estrato fueron: *Dasyllirion leiophyllum* (66.86%), *Jatropha dioica* (15.79%), *Gymnosperma glutinosum* (7.56%), *Salvia officinalis* (5.27%) y *Leucophyllum frutescens* (2.81%). La altura promedio del estrato arbustivo fue desde los 30 cm hasta el mayor de 80 cm. En el presente estudio las especies con mayor frecuencia fueron: *Dasyllirion leiophyllum*, *Jatropha dioica*, *Gymnosperma glutinosum* y *Leucophyllum frutescens* con el mismo valor de frecuencia, *Salvia officinalis* y *Tecoma stans* también coincidieron con el mismo valor.

De acuerdo al Valor de Importancia Relativa (VIR), las especies con mayor valor fueron: *Dasyllirion leiophyllum* (47.85%) con 900 individuos/hectárea (ind/ha), *Jatropha dioica* (23.84%) con 640 ind/ha, *Gymnosperma glutinosum* (11.05%) con 200 ind/ha, *Leucophyllum frutescens* (7.77%) con 100 ind/ha y *Salvia officinalis* (6.02%) con 100 ind/ha. Lo anterior se puede mostrar gráficamente en la Figura 7.

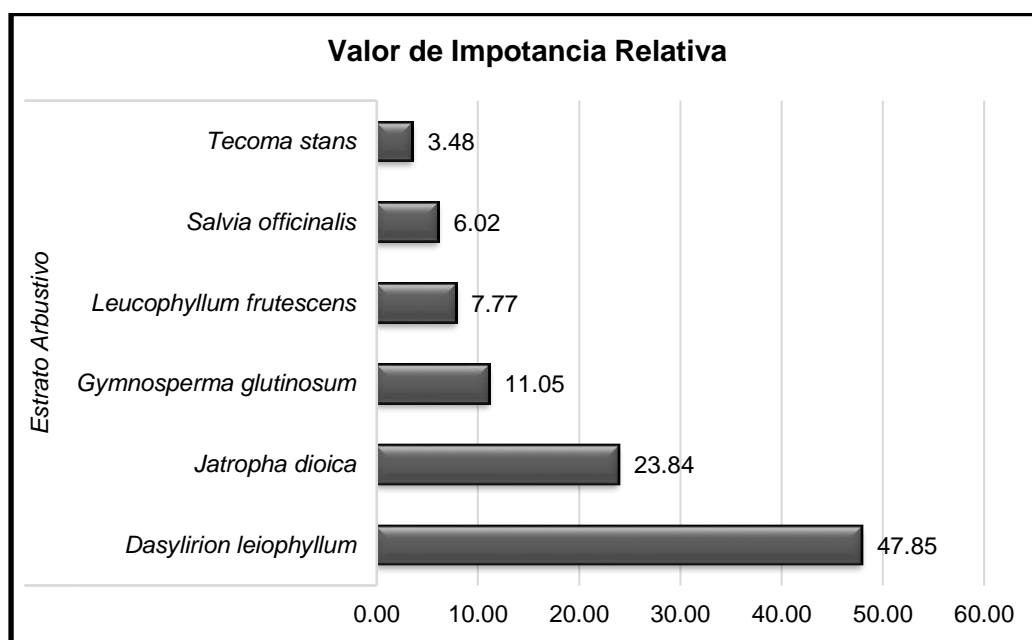


Figura 7. Especies arbustivas con Valor de Importancia Relativa en área incendiada

4.1.2 Estructura herbácea

En este estrato las principales especies que dominan el espacio son: *Tridens muticus* (25.28%), *Heteropogon contortus* (24.01%), *Aristida purpurea* (20.56%) y *Bouteloua curtipendula* (14.09%). Para el resto de las especies se encontró un porcentaje de dominancia por debajo del 5%. La altura promedio del presente estrato fue de 30.75 cm. Las especies de mayor frecuencia fueron: *Heteropogon contortus*, *Aristida purpurea*, *Tridens muticus* y *Erigeron modestus*.

En base a los resultados arrojados del presente estudio, las principales especies con el mayor Valor de Importancia Relativa fueron: *Heteropogon contortus* (20.34%) con 58,000 ind/ha, *Tridens muticus* (17.78%) con 38,000 ind/ha, *Aristida purpurea* (11.75%) con 8,000 ind/ha, *Bouteloua curtipendula* (8.31%) con 16,000 ind/ha y *Chamaesarecha sordida* (6.04%) con 28,000 ind/ha. De manera gráfica se puede mostrar en la Figura 8.

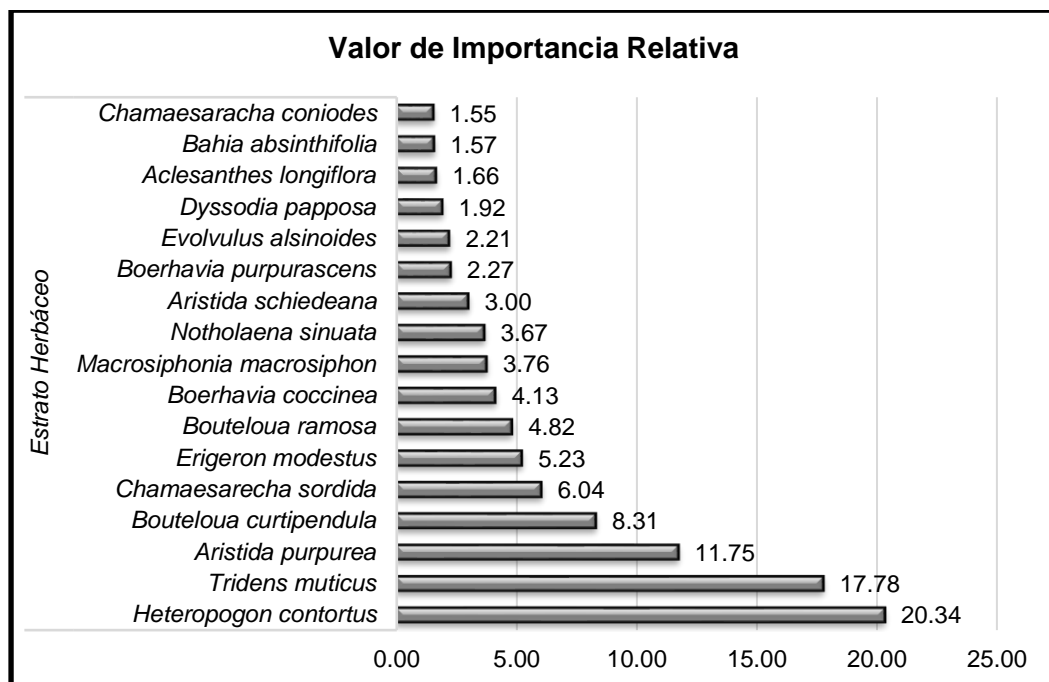


Figura 8. Especies herbáceas con Valor de Importancia Relativa en área incendiada

4.2 Aspectos estructurales del matorral desértico rosetófilo en área no incendiada

4.2.1 Estructura arbustiva

Para el presente estrato las especies de mayor dominancia fueron: *Dasyllirion leiophyllum* (38.96%), *Buddleja marrubiifolia* (19.05%), *Viguiera stenoloba* (18.43%), *Mimosa borealis* (5.65%) y *Lindleya mespiloides* (4.93%). Mismo estrato con altura promedio que van desde los 24 cm hasta los 95 cm. En relación con la frecuencia las principales fueron: *Viguiera stenoloba*, *Dasyllirion leiophyllum*, *Buddleja marrubiifolia*, *Lindleya mespiloides* y *Leucophyllum frutescens*.

El resultado del VIR indica que las principales especies de mayor cifra fueron: *Dasyllirion leiophyllum* (24.55%) con 800 ind/ha, *Viguiera stenoloba* (20.77%) con 1,020 ind/ha, *Jatropha dioica* (14.40%) con 1,300 ind/ha, *Buddleja marrubiifolia* (13.15%) con 240 ind/ha y *Lindleya mespiloides* (5.22%) con 140 ind/ha. Lo anterior, se puede mostrar gráficamente en la Figura 9.

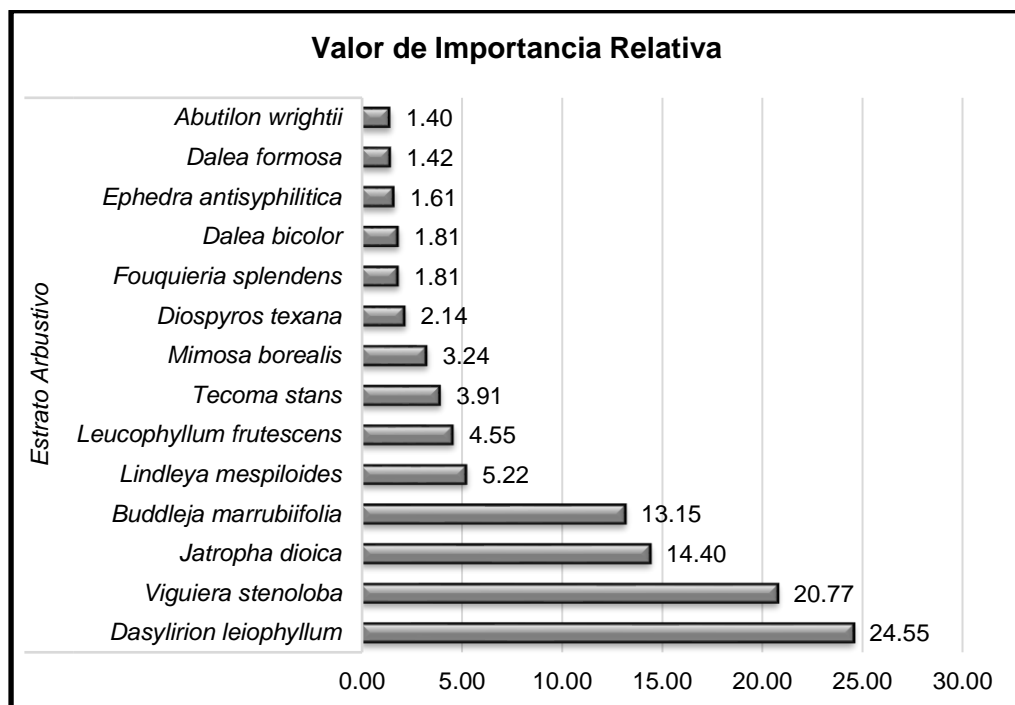


Figura 9. Especies arbustivas con Valor de Importancia Relativa en área no incendiada

4.2.2 Estructura herbácea

Las especies de mayor dominancia encontradas en el matorral desértico rosetófilo fueron: *Bouteloua ramosa* (76.91%), *Bouteloua curtipendula* (6.02%), *Abutilon wrightii* (5.83%), *Tridens muticus* (3.55%) y *Euphorbia antisyphilitica* (2.83%), de las cinco especies con mayor índice de dominancia descritas anteriormente se puede notar la gran diferencia que existe de *Bouteloua ramosa* hacia las demás por su alto porcentaje. En relación a la altura promedio existe alta variedad, encontrando especies con altura desde los 4.75 cm hasta especies con altura de 65 cm. Fortaleciendo lo anterior, la especie con mayor frecuencia encontrada en los sitios de estudio fue *Bouteloua ramosa* con el doble de frecuencia de las que se describirán a continuación; *Bouteloua curtipendula*, *Bahia absinthifolia*, *Selaginella pilifera* y *Notholaena sinuata*.

En el cálculo del Valor de Importancia Relativa arrojó que las especies con mayor índice son: *Bouteloua ramosa* (41.81%) con 20,000 ind/ha, *Bouteloua curtipendula* (10.10%) con 10,000 ind/ha, *Tridens muticus* (8.98%) con 14,000 ind/ha, *Notholaena sinuata* (8.42%) con 10,000 ind/ha y *Bahia absinthifolia* (5.79%) con 4,000 ind/ha. De manera gráfica se puede mostrar en la Figura 10.

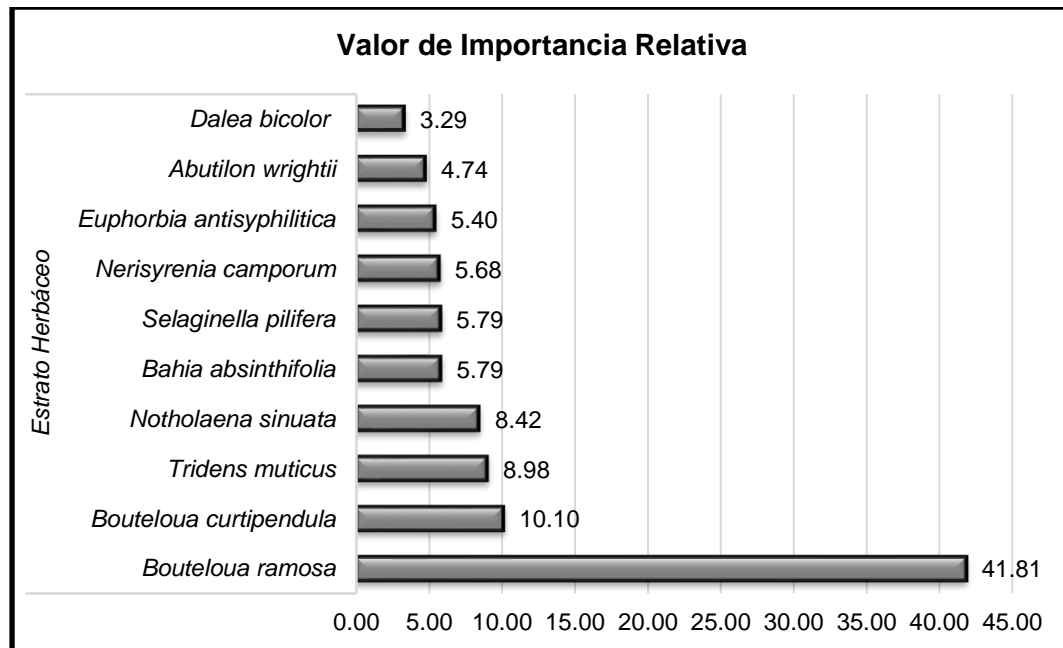


Figura 10. Especies herbáceas con Valor de Importancia Relativa en área no incendiada

4.3 Riqueza de especies

En la Figura 11. se puede mostrar que existen mayor riqueza (S) en el área incendiada en el estrato herbáceo con 17 especies en comparación con el área no incendiada con una cifra de 10 especies, por lo contrario, en el estrato arbustivo, se encuentra mayor número de especies (14) en el área no incendiada comparándola con la incendiada con 6 especies.

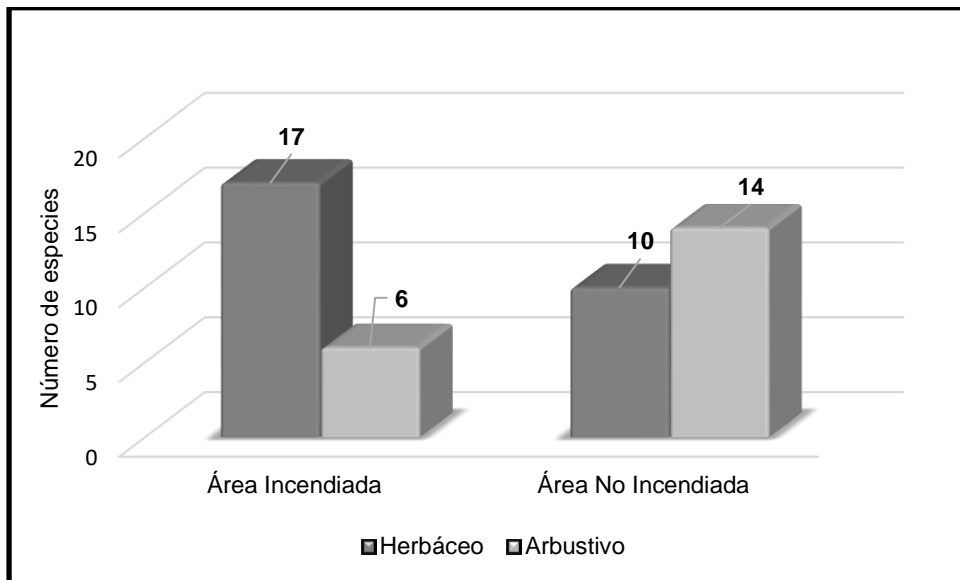


Figura 11. Riqueza de especies en el estrato herbáceo y arbustivo en ambas áreas de estudio

4.4 Diversidad vegetal de estrato arbustivo y herbáceo del área incendiada y área no incendiada

En base al cálculo realizado para dicho estudio del índice de diversidad vegetal de Shannon-Wiener refleja que para el área incendiada se obtuvo 2.70 bits en el estrato herbáceo, comparándolo con el área no incendiada muestra una cifra de 2.18 bits, lo que significa que existe mayor número de especies en la superficie incendiada, para el estrato arbustivo existe mayor diversidad en el área no incendiada en base a que en el área incendiada se encontró un dato de 1.67 bits y en el área no

incendiada de 2.45 bits. Los resultados especificados anteriormente se pueden reflejar de manera gráfica en la Figura 12.

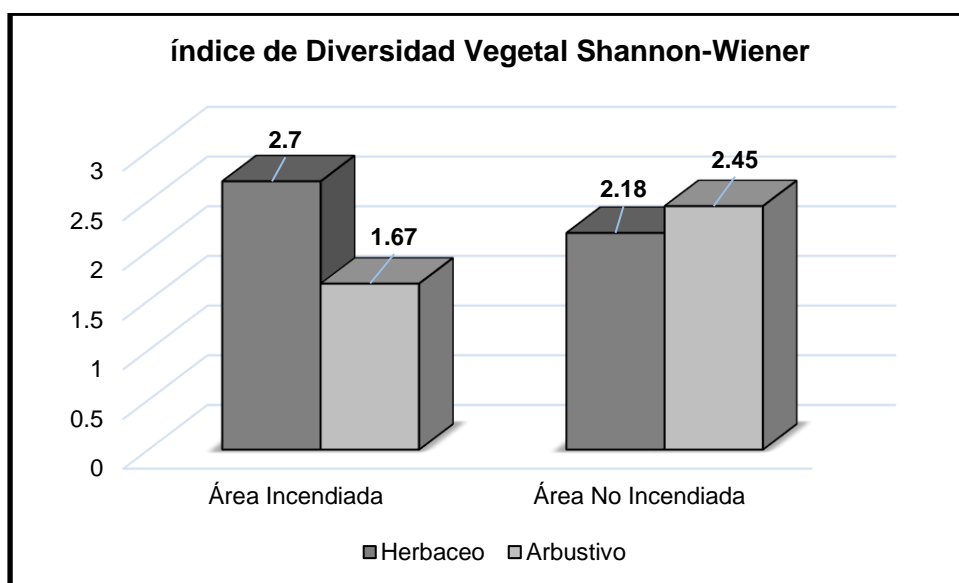


Figura 12. Índice de diversidad vegetal de Shannon-Wiener en área incendiada y no incendiada en ambos estratos

4.5 Índice de Equitatividad

De acuerdo a los sitios muestreados en el área incendiada se encontró que existe la probabilidad del 95.47% de que se encuentren en toda la superficie incendiada para el estrato herbáceo y para el estrato arbustivo existe el 93.29%. En el área no incendiada también se encontró una alta probabilidad para el estrato herbáceo con un 94.71% y para el arbustivo un porcentaje del 92.86 de que las especies presenten en los sitios evaluados se distribuyan en toda la superficie no incendiada. Lo anterior se puede mostrar en la Figura 13.

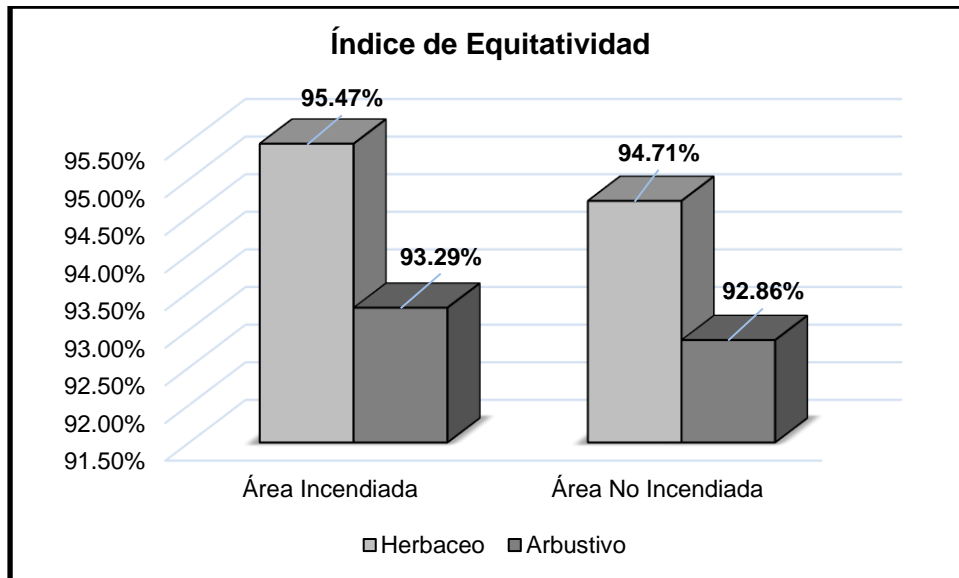


Figura 13. Índice de equitatividad para área incendiada y área no incendiada en ambos estratos

4.6 Análisis estadístico

En base al análisis estadístico realizado de los datos obtenidos en campo, acorde a la prueba de G y Ji cuadrada se encontraron especies con grado de significancia para los dos estratos de investigación (herbáceo y arbustivo), las especies con valores de p-valúe < 0.005 son significativas, su determinación va en relación a la presencia o ausencia y aumento o disminución del número de individuos por especies después de haber ocurrido el incendio.

4.6.1 Estrato herbáceo con grado de significancia

Las especies con valor significativo en el área incendiada fueron *Chamaesaracha sordida* y *Heteropogon contortus*, encontrándose en el grupo de las especies que aparecieron después del incendio. En el área no incendiada las especies que desaparecieron o disminuyeron el número de individuos después del incendio de 2016 fueron; *Bouteloua ramosa*, *Euphorbia antisyphilitica* y *Nerisyrenia camporumnm*, se puede observar en el Cuadro 1 y Anexo V.

Cuadro 1. Especies herbáceas con grado de significancia para las dos áreas de investigación en matorral rosetófilo en Sierra del Jardín, Maderas de Carmen

Especie	Incendiada (N° individuos)	No Incendiada (N° individuos)	p-value	Significancia
<i>Chamaesaracha sordida</i>	14	0	0.0425333	S
<i>Bouteloua ramosa</i>	3	10	0.0000623	S
<i>Heteropogon contortus</i>	29	0	0.0008282	S
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	0	3	0.0235017	S
<i>Nerisyrenia camporum</i>	0	4	0.0048594	S

4.6.2 Estrato arbustivo con grado de significancia

En el presente estrato se encontraron dos especies con valor significativo en el área no incendiada; *Buddleja marrubiifolia* y *Viguiera stenoloba*, no apareciendo después del incendio y para el área incendiada se encontró; *Dasyllirion leiophyllum*, *Gymnosperma glutinosum* y *Salvia officinalis*, especies que han aparecido o aumentado el número de individuos después del incendio, como se muestra en el Cuadro 2 y Anexo VI.

Cuadro 2. Especies arbustivas con grado de significancia para las dos áreas de investigación en matorral rosetófilo en Sierra del Jardín, Maderas del Carmen

Especie	Incendiada (N° individuos)	No Incendiada (N° individuos)	p-value	Significancia
<i>Buddleja marrubiifolia</i>	0	12	0.028638247	S
<i>Dasyllirion leiophyllum</i>	45	40	0.000010251	S
<i>Viguiera stenoloba</i>	0	51	0.000000070	S
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	10	0	0.000025659	S
<i>Salvia officinalis</i>	5	0	0.006706276	S

4.7 Carga de combustibles de matorral desértico rosetófilo

De acuerdo a los datos del muestreo de 1 m² obtenidos en gramos/metro cuadrado y extrapolados a toneladas/hectáreas, basándose en la clasificación de los combustibles (Anexo XV), se obtuvo en la superficie incendiada para el material fino 3.516 ton/ha y para el área no incendiada 5.798 ton/ha de biomasa seca, para el material mediano de retardación de 10 horas en el área incendiada 0.019 ton/ha y la no incendiada rebasó la tonelada con 1.147 ton/ha, en la parte incendiada de estudio no se encontró material leñosos con retardación de 100 horas (regulares), pero para la superficie no incendiada se encontró 0.378 ton/ha, según el (Anexo VIII) en la última categoría continúa el material grueso con tiempo de retardación de 1,000 horas, pero para el área de investigación (área incendiada y no incendiada) no se encontró ese tipo de material. Para el área incendiada se tiene como suma total 3.534 ton/ha y para la no incendiada un total de 7.322 ton/ha encontrándose una diferencia marcada de 3.788 ton/ha significa que el área de estudio en la parte no incendiada tiene casi el doble de ton/ha que el área incendiada (Anexo VIII). Véase la diferenciación de las cifras de acuerdo al material y al área de estudio en la Figura 14.

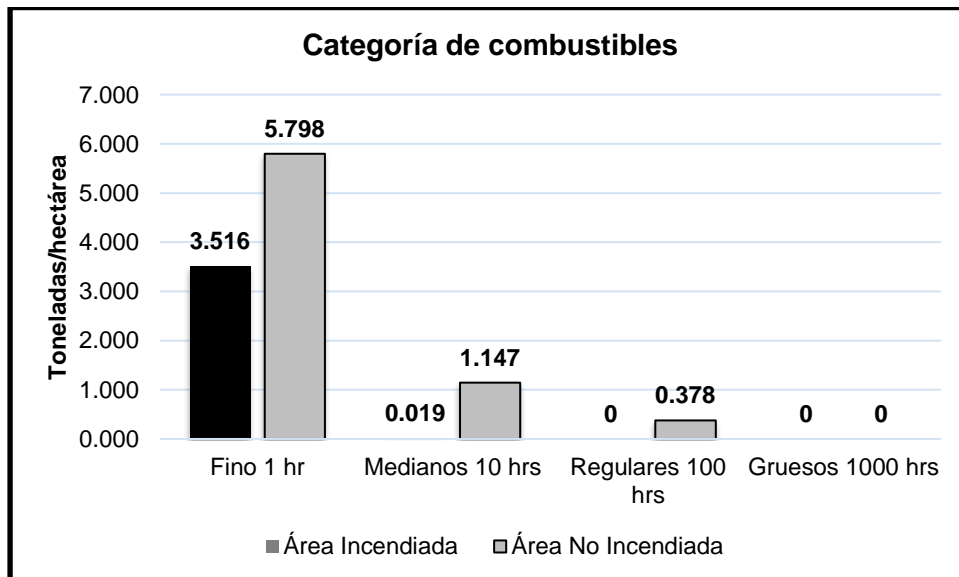


Figura 14. Categoría de combustibles en matorral desértico rosetófilo en el APFFMC

4.8 Materia orgánica

En el área incendiada se encontró materia orgánica en todos los sitios muestreados (Anexo IX), como se muestra en el Cuadro 3, con la extrapolación se obtuvo como resultado final 5.638 toneladas por hectárea de materia orgánica, en comparación con el área no incendiada, donde únicamente en el sitio 1 y 2 (Anexo IX) se encontró poca materia orgánica determinando con una cifra total de 1.513 ton/ha.

Cuadro 3. Materia orgánica en toneladas por hectárea de la estructura vegetal de matorral desértico rosetófilo en el APFF Maderas del Carmen

	SITIOS					Toneladas/ha
	1	2	3	4	5	
Área Incendiada	0.0001278	0.0000765	0.0000983	0.0001438	0.000061	5.638
Área No Incendiada	0.0000753	0.0000609				1.513

4.9 Especie representativa del matorral desértico rosetófilo, palma samandoca (*Yucca carnerosana*)

De acuerdo a los sitios circulares muestreados de 100 m² para la estructura arbustiva, la palma samandoca *Yucca carnerosana* mostró como resultado una alta capacidad de regeneración (Anexo XII), en el área incendiada se estimaron 520 ind/ha en pie quemadas, de las cuales alrededor de cada una de estas especie en pie se encontraban los rebrotes, en total en el área incendiada de estudio se estimó que existen 1,580 ind/ha como renuevos. Para el área no incendiada se estimaron 280 ind/ha en pie con una tasa baja de renuevos, encontrando 40 ind/ha. Véase a continuación en la Figura 16 la diferenciación de cifras de rebrotes en ambas áreas.

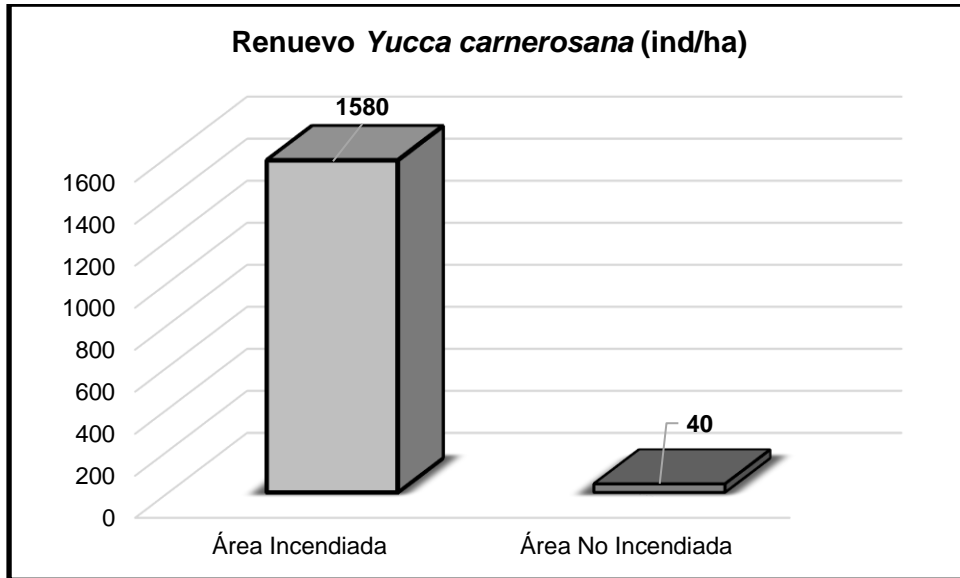


Figura 15. Renuevo de *Yucca carnerosana* en matorral desértico rosetófilo en el APFF Maderas del Carmen

V DISCUSIÓN

5.1 Valor de Importancia Relativa

A través del índice de Diversidad Vegetal de Shannon-Winer para el estrato herbáceo en el área incendiada se encontró que existen mayor número de especies en comparación con el área no incendiada, determinando un índice de 2.70 bits en el área incendiada y en el área no incendiada 2.18 bits, y en el estrato arbustivo fue lo contrario, encontrándose mayor número de especies en el área no incendiada con 2.45 bits y en el área incendiada 1.67 bits, determinando que el fuego favorece la regeneración de las especies en la estructura vegetal del estrato herbáceo.

Velázquez (2013) en el estudio donde evaluó el efecto de dos incendios en la composición y estructura de la vegetación en Sierra la Purísima en Cuatro Ciénegas, Coahuila, el primer incendio ocurrido el 01 de mayo de 2011 y el segundo el 19 de marzo de 2012, coincide con la presente investigación determinando que en el incendio de 2011 en el estrato herbáceo existe mayor número de especies en el área incendiada que en la no incendiada, con 3.24 bits en área incendiada y 2.47 bits en área no incendiada, y para el estrato arbustivo 3.09 bits en área incendiada y en la no incendiada 3.38 bits, indicando que tuvo mayor número de especies en el área no afectada por el fuego. Pero en la evaluación del incendio de 2012 que realizó Velázquez (2013), los resultados fueron lo contrario en relación al presente estudio, en el estrato herbáceo hubo mayor número de especies en el área no incendiada, y en el estrato arbustivo el fuego benefició la estructura encontrando mayor diversidad en el área incendiada.

Los datos obtenidos en el presente estudio también coinciden con el estudio realizado por Huerta (2016) donde evaluó el efecto de un incendio en la composición y estructura del matorral de rosáceas en la sierra Zapalinamé, Saltillo, Coahuila, por medio de la comparación de un área incendiada y un área no incendiada, señalando que de acuerdo al índice de diversidad vegetal de Shannon-Wiener encontró que el fuego benefició el estrato herbáceo en el área incendiada y mayor diversidad de especies del estrato arbustivo en el área no incendiada, estimando 3.82 bits en el

área incendiada y 3.26 bits en la no incendiada para el estrato herbáceo, para el estrato arbustivo 3.38 bits en el área incendiada y 3.64 bits en el área no afectada por el fuego.

Ávila (2016) realizó un estudio en la composición y estructura del matorral submontano de rosáceas después de diez años de haber ocurrido un incendio forestal en la sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila, determina que de acuerdo al índice de diversidad vegetal de Shannon-Wiener existe mayor diversidad de especies tanto en el estrato arbustivo como en el herbáceo en el área no afectada por el fuego, encontrando los siguientes índices; para el estrato herbáceo del área que no fue afectada por incendio con 3.64 nats y en el área incendiada con 3.53 nats y para el estrato arbustivo encontró para el área que si fue afectada por el incendio con 3.26 nats y en el área que no incendiada con 3.36 nats.

5.2 Parámetros ecológicos

Dentro de la riqueza de especies, se encontraron 17 especies en área con presencia del fuego contra 10 especies en área no incendiada para el estrato herbáceo, por tal, hablando de diversidad de especies en dicho estrato, existe una diferencia de 7 especies, y para el estrato arbustivo resultó lo contrario, 6 especies en área incendiada y 14 en área no incendiada, demostrando que la diferencia entre cada área de estudio es más de la mitad de especies en la no incendiada. Se puede concluir que al paso de dos años de haber ocurrido el incendio el lugar es repoblado mayormente por especies herbáceas, resultado altamente positivo para la fauna silvestre (con rebrotes tiernos), reiterando que el área es altamente inaccesible para los animales domésticos.

En los ecosistemas dependientes, como lo es el matorral desértico rosetófilo, dependen del fuego para mantener su biodiversidad, reciclaje de nutrientes, conservando la diversidad de plantas nativas y reduciendo la entrada de plantas invasoras, como se especifica en la presente investigación, la regeneración de especies nativas de la estructura herbácea (Van Lear, 1985; Rodríguez, 2000).

Sin embargo, Worthington y Corral (1987) en el estudio que realizaron sobre el efecto del fuego sobre arbustos y plantas suculentas por medio de transectos y parcelas de estudio, donde se realizó después de 16 meses del incendio. Mencionan que la mayoría de las especies arbustivas muestran bajas tasas de mortalidad (la mayoría por debajo del 10%), determinando que las especies arbustivas respondieron favorablemente al fuego, resultado contrario de la investigación en curso. Aunque el estudio presente con la investigación de Worthington y Corral, coincide en que el fuego es efectivo en la eliminación o el control de la especie *Agave lechuguilla*.

En la estructura del matorral desértico rosetófilo, sumando las listas de especies de las arbustivas y herbáceas de las dos áreas de estudio se encontró un total de 38 especies registradas, sin embargo, en una investigación más amplia realizada por Ochoa (2018), menciona un registro total de 66 especies para el matorral desértico rosetófilo, dicho estudio registrado en la misma región.

Además, Ochoa (2018), dice que dentro del matorral rosetófilo en una de las dos áreas de estudio que realizó (con presencia de equinos) encontró que la principal especie fue *Heteropogon contortus* dentro de las gramíneas coincidiendo con el presente estudio dentro de la investigación en el área incendiada, también, algunas de las especies con mayor presencia encontradas en ambas áreas de estudio (con y sin equinos) coincidieron con algunas del presente estudio (contemplando ambas áreas de investigación), como lo fue *Bouteloua ramosa*, *Agave lechuguilla* y *Hechtia texensis*.

En la presente investigación en relación al estudio de una de las especies más representativas del matorral desértico rosetófilo (palma samandoca *Yucca carnerosana*) coincide con el estudio realizado por Velázquez (2013), demostrando que dicha especie es dependiente del factor fuego, por su alta tasa de renuevos. Velázquez (2013) menciona que de 13 plantas muertas se rebrotan 21 en promedio y en el presente estudio se encontró que de 5 plantas muertas se rebrotan 16 renuevos en promedio (Anexo XVI).

5.3 Carga de combustible

De acuerdo al muestreo realizado para la presente investigación se encontró que existe una carga de combustible total (Anexo XV) para el área incendiada de 3.534 ton/ha, en comparación con el área no incendiada suma casi el doble de carga de combustible de la superficie incendiada con 7.322 ton/ha, con una diferencia significativa de 3.788 ton/ha.

Sin embargo, Ávila (2016) reportó que para el área no afectada por el incendio existían 2.81 ton/ha de biomasa seca, y en cuanto al área que si fue afectada por el incendio aumento contando con 3.21 ton/ha, con una diferencia de 0.4 ton/ha. Concluyendo que se determinó lo contrario que con el incendio ocurrido en el APFF Maderas del Carmen en el incendio ocurrido en el año 2016 en la Sierra del Jardín, donde el incendio favoreció e indicar que beneficio la superficie de suelo (altos índices de materia orgánica), encontrando mayor biomasa seca en el área que no fue afectada por el incendio, aunque es de prioridad resaltar que, en el estudio realizado por Ávila, únicamente realizó el muestreo de la carga de combustible en la estructura herbácea (categoría de finos o ligeros con tiempo de retardación de una hora, material de propagación más rápida).

VI CONCLUSIONES

En el matorral desértico rosetófilo al paso de dos años y cuatro meses de la presencia de un disturbio natural ocasionado por incendio forestal en mayo de 2016, que favorece la regeneración y da lugar a la presencia de mayor diversidad de especies para el estrato herbáceo, reduciendo la cantidad de especies arbustivas.

El fuego benefició la estructura herbácea, de acuerdo a la riqueza de especies se puede observar de manera muy notoria que en los sitios de estudio en el área incendiada se encontraron 17 especies diferentes en comparación con la no incendiada y con la misma superficie de investigación únicamente 10 especies, con una diferencia de 7 especies, lo que hace constar que efectivamente el fuego beneficia la estructura herbácea, además que propicia la regeneración de especies nativas como *Aristida purpurea* y *Heteropogon contortus*.

En base a la riqueza de especies en la estructura arbustiva, se encontró mayor riqueza en el área no incendiada en comparación con el área incendiada de acuerdo al muestreo realizado, concluyendo 14 especies diferentes contra 6 especies, con una diferencia de 8 especies, arrojando que el fuego en el ecosistema del matorral desértico rosetófilo, en los espacios abiertos da paso a la regeneración de especies herbáceas, y elimina a la especies que no tienen las adaptaciones al fuego en un ecosistema dependiente de este factor.

En el estrato arbustivo, *Dasyllirion leiphyllum*, *Jatropha dioica*, *Leucophyllum frutescens* y *Tecoma stans* fueron las únicas especies del estrato que rebrotaron después del incendio, lo que indica que son tolerantes al fuego, además, *Dasyllirion leiphyllum* y *Jatropha dioica*, de acuerdo con el índice de diversidad vegetal de Shannon-Wiener son las dos primeras con el mayor valor de diversidad.

En el estrato arbustivo, *Gymnosperma glutinosum* y *Salvia officinalis* aparecieron después del disturbio natural (incendio forestal 2016), no encontrándose en el área no incendiada, lo que da a conocer que las semillas de tales especies estaban presentes en el lugar y únicamente estaban esperando la presencia del fuego para su germinación.

En el estrato arbustivo, desaparecieron diversas especies con el paso del incendio, según el muestreo en el área incendiada, ya no se encontraron; *Abutilon wrightii*, *Buddleja marrubiifolia*, *Dalea bicolor*, *Dalea formosa*, *Diospyros texana*, *Ephedra antisyphilitica*, *Fouquieria splendens*, *Lindleya mespiloides*, *Mimosa borealis* y *Viguiera stenoloba*.

En el estrato herbáceo, *Bahia absinthifolia*, *Bouteloua curtispindula*, *Bouteloua ramosa*, *Notholaena sinuata* y *Tridens muticus* pueden considerarse como especies tolerantes y dependientes del fuego para su sobrevivencia, ya que fueron las únicas especies que rebrotaron después del incendio forestal.

Euphorbia antisyphilitica, *Dalea bicolor*, *Nerisyrenia camporum*, *Selaginella pilífera* y *Abutilon wrightii*, se consideran especies que las perjudica el fuego, ya que desaparecieron después de la presencia del incendio forestal en el estrato herbáceo.

En el estrato herbáceo después de la presencia del disturbio natural aparecieron 12 nuevas especies, de las cuales, dos de las de mayor importancia para la fauna silvestres para su alimentación y además consideradas como nativas y de acuerdo con el índice de diversidad vegetal de Shannon-Wiener fueron de las cinco con mayor diversidad vegetal, *Aristida purpurea* y *Heteropogon contortus*.

Existe mayor diversidad vegetal de especies en la superficie incendiada para el estrato herbáceo y mayor diversidad vegetal de especies en área no incendiada para el estrato arbustivo.

La especie de *Yucca carnerosana*, además de ser una de las especies más representativas del matorral desértico rosetófilo, se destaca como una especie dependiente del fuego, es decir, necesita de este factor para su regeneración, encontrándose tasas muy altas de renuevos en el área incendiada, se obtienen que de 5 plantas muertas se rebrotan 16 renuevos en promedio.

El incendio favoreció en reducir la carga de los combustibles, ya que en el área que no abarco el incendio se encuentra más propensa a un incendio forestal pero de mayor magnitud por su carga de combustible, además es importante remarcar que en la fecha que se realizó el muestreo (mes de septiembre de 2018) el material herbáceo de más fácil propagación con una hora de retardación para el área no incendiada estaba completamente seco y amacollado en comparación con la incendiada que se encontraba verde y disponible para alimento de la fauna silvestre, en el área no incendiada se encontró material hasta la tercera categoría con 100 horas de retardación y para la incendiada hasta una pequeña cantidad de material mediano con 0.019 ton/ha con 10 horas de retardación.

El incendio favoreció significativamente en base a la obtención de materia orgánica con más del doble de toneladas por hectárea en comparación con la no incendiada y en todos los sitios muestreados se encontró este material, en la no incendiada únicamente en dos sitios y en los otros sitios únicamente suelo descubierto sin presencia de materia orgánica.

La prueba de G y χ^2 y el índice de diversidad vegetal de Shannon-Wiener, con relación a la hipótesis de que “Los parámetros ecológicos como diversidad, similitud y riqueza del matorral desértico rosetófilo son iguales en el área incendiada contra el área no incendiada”, se concluye que existen diferencias significativas entre ambas áreas de investigación por lo tanto se rechaza la H_0 .

VII RECOMENDACIONES

Con base en la investigación realizada, los resultados obtenidos y la revisión de literatura, se obtienen las siguientes recomendaciones:

1. Continuar con la investigación realizada para tener mayor conocimiento de los efectos del fuego en el matorral desértico rosetófilo, e iniciar una base de datos ecológicos en el APFFMC.
2. Desarrollar un programa de quemas prescritas en la estructura vegetal de matorral desértico rosetófilo en regiones donde se tenga dicha estructura vegetal, realizando comparación con investigaciones realizadas en áreas afectadas por incendios forestales de causa natural para tener mayor conocimiento de los efectos del fuego.
3. Realizar investigación sobre el efecto del fuego en la estructura vegetal, con el objetivo de mejorar el alimento del hábitat de la fauna silvestre.
4. Realizar investigaciones sobre la curva de acumulación de especies, tanto en áreas afectadas por el fuego como las que no, determinando la diversidad de especies, cantidad de individuos, especies nativas o invasoras, además, por un lapso de tiempo mayor.
5. Realizar mayor investigación en las áreas naturales protegidas del país sobre el manejo de combustibles como parte de los planes de manejo del fuego, que ya tienen muchas de ellas. Considerando al fuego como una herramienta ecológica de manejo y conservación de sus recursos naturales.
6. Desarrollar un programa de investigación de manejo de combustibles en diferentes escenarios con matorral rosetófilo y matorral micrófilo con diferentes objetivos de manejo, generando bases ecológicas para la toma de decisiones para el manejo de los incendios forestales en el APFFMC.
7. Fortalecer la base de datos ecológicos y de efectos del fuego en diferentes ecosistemas para la toma de decisiones en el manejo de incendios forestales en el APFF Maderas del Carmen.

VIII LITERATURA CITADA

- Ávila, J. S. 2106. Composición y estructura del matorral submontano de rosáceas posterior a un incendio forestal en la sierra Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. Investigación descriptiva. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 80 p.
- Bridson, D. y L. Forman. 1992. El Manual del Herbario. Jardín Botánico Real Kew, Inglaterra. 303 pp.
- Challenger A. 1998. Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología UNAM, Agrupación Sierra Madre, S.C. 846 pp.
- Christensen, P., H. Recher, and J. Hoare. 1981. Respuestas de Bosques Abiertos a Regímenes de Fuego. Páginas 367-394 in A.M. Gill, RH. Groves, and LR. Noble (eds.). Fuego y la Biota Australiana. Academia Australiana de Ciencia, Canberra, ACT, Australia.
- CONAFOR. 2018. Reporte anual de incendios y terminología. Estadística final 2017 de incendios forestales. Programa nacional de incendios forestales. 22 p. <https://www.gob.mx/conafor/documentos/reportes-anuales-de-incendios-y-terminologia> (5, enero, 2018).
- CONANP. 2018. Áreas Naturales Protegidas Decretadas. Listado de las áreas naturales protegidas. http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm (marzo, 2019).
- Franco, J. 1985. Manual de ecología. Editorial trillas. México, D.F. 266 p.
- Garza de L. A., I. Morán, F. Valdés Y R. Tinajero. 2007. Avifaunas Estatales de México. Capitulo Coahuila. Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México, AC [CIPAMeX]. Pachuca, Hidalgo. México. 98-136 pp.

- Huerta, Y, M. 2016. Efecto de un incendio en la composición y estructura del matorral de rosáceas en la sierra Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 75 p.
- INEGI. 1997. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 127 pp.
- INEGI. 2005. Cartografía SERIE III, Carta de Uso de Suelo y Vegetación Escala 1:250 mil. Instituto Nacional de Geografía e Informática.
- INEGI. 2009. Geografía: Provincias. Instituto Nacional de Geografía e Informática.
- Larry D. White Y C. Wayne Hanselka. 1969. Quemadas Prescritas de Pastizales en Texas. Comunicaciones Agrícolas, El Sistema Universitario Texas A&M. Texas. E-37S.
- Mostacedo, B. Y Fredericksen S.T. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia. 87 pp.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons. Inc. Nueva York. USA. 547 p
- Myers, L., R. 2006. Convivir con el fuego. Manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el manejo integral del fuego. Iniciativa global para el manejo del fuego. Tallahassee, USA. 36 p.
- Nájera, D. A. 2016. Ecología del fuego. Módulo de Manejo de Combustibles. Curso Internacional de Manejo del Fuego. Servicio Forestal de los Estados Unidos de Norteamérica y Comisión Nacional Forestal de México. Universidad del Zamorano, Francisco Morazán, Honduras, C.A. 50 p.

- Ochoa, J. J. 2018. Contribución al conocimiento de las poblaciones de equinos ferales en el noroeste de Coahuila, México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares Nuevo León. 125 p.
- Peel, M.C., B.L. Finlayson, and T.A. McMahon. 2007. Updated world map of Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11:1633-1644.
- Rodríguez, T., D. A. 2000. Propuesta de manejo del fuego. En: Educación e incendios forestales. Mundi Prensa. México, D. F.
- Rodríguez, T., D. A. 2007. Maximizando Impactos Positivos del Fuego Mediante Quemadas Prescritas en Apoyo al Manejo Integral de Incendios Forestales. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Chapingo. Edo. de Mex.
- Rodríguez, T., D. A., Rodríguez, M. y Fernández, F. 2002. Educación e incendios forestales. Mundi-Prensa. México, D.F. 201 p.
- Rural, DE., General, L., Forestal, D. D., Naturales, R., Rural, D., & Sustentable, D. F. 2009. Secretaria de medio ambiente y recursos naturales
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México, Editorial Limusa, México. 432 pp.
- SEMA. 2006. Decreto por el que se establecen en el Estado de Coahuila de Zaragoza zonas de veda para el uso del fuego. <http://www.sema.gob.mx/SRN-INCENDIOS-NORMATIVIDAD.htm> (31, marzo, 2006).
- SEMARNAT. 2018. Área de protección de flora y fauna en México. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/areas-de-proteccion-de-flora-y-fauna-en-mexico?idiom=es> (30, enero, 2018).

- TNC. 2004. El fuego, los ecosistemas y la gente. Una evaluación preliminar del fuego como un tema global de conservación. Iniciativa global para el manejo del fuego. Taller de expertos. The Nature Conservancy. Sigrisvil, Suiza. 9 p
- Van Lear, D.H. 1985. Fuego Prescrito: Su Historia, Usos, y Efectos en los Ecosistemas del Sur. Páginas 57-75 en D.D. Wade (compiler). Manejo de Incendios y Humo Prescrito en el Sur: Actas de Congresos del Departamento de Agricultura de los EE.UU., Servicio Forestal, Estación Experimental del Bosque Sudoriental, Asheville, Carolina del Norte.
- Velázquez, A. H. 2013. Efecto de incendios en la composición y estructura de la vegetación en sierra la Purísima, Cuatro Ciénegas, Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 84 p.
- Vélez R. 2000. La Defensa Contra Incendios Forestales. McGRAW-HILL/INTERAMERICAN DE ESPAÑA, S. A. U. España. 4.1-4.10 pp.
- Verduzco, G. J. 1974. Beneficios de los incendios forestales. México, D.F. 80 p.
- Villareal Q., J.A. y J. Valdés R. 1992. Vegetación de Coahuila. UAAAN, Saltillo, Coahuila. Manejo de Pastizales. 6 (1): 9-18.
- Worthington, D. R., y Corral, D. F. 1987. Some effects of fire on shrubs and succulents in a Chihuahuan desert community in the Franklin mountains, El Paso Country, Texas. Department of Biological Sciences, The University of Texas at El Paso, El Paso, Texas 79968. 11 p.

IX ANEXOS

Anexo I. Estructura de estrato herbáceo de área incendiada en matorral desértico rosetófilo en el APFF Maderas del Carmen

ESTRATO HERBACEO							
Especie	Altura Promedio (cm)	Dominancia Relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad Relativa (%)	Frecuencia Relativa (%)	Valor Importancia Relativa	Índice Shannon
<i>Chamaesaracha coniodes</i>	22.00	0.045	2000	0.893	3.70	1.5472	0.1221
<i>Aclesanthes longiflora</i>	24.00	0.368	2000	0.893	3.70	1.6550	0.1221
<i>Chamaesarecha sordida</i>	10.00	1.913	28000	12.500	3.70	6.0390	0.1221
<i>Aristida purpurea</i>	51.67	20.564	8000	3.571	11.11	11.7487	0.2441
<i>Aristida schiedeana</i>	65.00	3.515	4000	1.786	3.70	3.0015	0.1221
<i>Bahia absinthifolia</i>	30.00	0.111	2000	0.893	3.70	1.5693	0.1221
<i>Boerhavia coccinea</i>	11.00	2.427	14000	6.250	3.70	4.1270	0.1221
<i>Boerhavia purpurascens</i>	28.00	0.423	6000	2.679	3.70	2.2684	0.1221
<i>Bouteloua curtipendula</i>	50.00	14.085	16000	7.143	3.70	8.3106	0.1221
<i>Bouteloua ramosa</i>	40.50	4.365	6000	2.679	7.41	4.8171	0.1928
<i>Dyssodia papposa</i>	36.00	0.273	4000	1.786	3.70	1.9207	0.1221
<i>Erigeron modestus</i>	12.67	1.914	6000	2.679	11.11	5.2346	0.2441
<i>Evolvulus alsinoides</i>	9.00	0.234	6000	2.679	3.70	2.2054	0.1221
<i>Heteropogon contortus</i>	60.67	24.006	58000	25.893	11.11	20.3366	0.2441
<i>Macrosiphonia macrosiphon</i>	16.50	0.305	8000	3.571	7.41	3.7612	0.1928
<i>Notholaena sinuata</i>	7.50	0.173	16000	7.143	3.70	3.6732	0.1221
<i>Tridens muticus</i>	48.33	25.278	38000	16.964	11.11	17.7845	0.2441

Anexo II. Estructura de estrato arbustivo de área incendiada en matorral desértico rosetófilo en el APFF Maderas del Carmen

ESTRATO ARBUSTIVO							
Especie	Altura Promedio (cm)	Dominancia Relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad Relativa (%)	Frecuencia Relativa (%)	Valor Importancia Relativa	Índice Shannon
<i>Dasyliiron leiophyllum</i>	80	66.860	900	45.918	30.77	47.849	0.363
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	50	7.558	200	10.204	15.38	11.049	0.288
<i>Jatropha dioica</i>	54.7	15.788	640	32.653	23.08	23.839	0.338
<i>Leucophyllum frutescens</i>	30	2.810	100	5.102	15.38	7.766	0.288
<i>Salvia officinalis</i>	70	5.265	100	5.102	7.69	6.020	0.197
<i>Tecoma stans</i>	75	1.719	20	1.020	7.69	3.477	0.197

Anexo III. Estructura de estrato herbáceo de área no incendiada en matorral desértico rosetófilo en el APFF Maderas del Carmen

ESTRATO HERBACEO							
Espece	Altura Promedio (cm)	Dominancia Relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad Relativa (%)	Frecuencia Relativa (%)	Valor Importancia Relativa	Índice Shannon
<i>Selaginella pilifera</i>	4.75	0.601	4000	5.0	11.76	5.7886	0.2518
<i>Abutilon wrightii</i>	65.00	5.830	2000	2.5	5.88	4.7376	0.1667
<i>Nerisyrenia camporum</i>	10.00	1.160	8000	10.0	5.88	5.6809	0.1667
<i>Bahia absinthifolia</i>	17.50	0.617	4000	5.0	11.76	5.7940	0.2518
<i>Bouteloua curtipendula</i>	33.50	6.024	10000	12.5	11.76	10.0963	0.2518
<i>Bouteloua ramosa</i>	56.00	76.909	20000	25.0	23.53	41.8129	0.3405
<i>Dalea bicolor</i>	45.00	1.492	2000	2.5	5.88	3.2915	0.1667
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	44.00	2.830	6000	7.5	5.88	5.4041	0.1667
<i>Notholaena sinuata</i>	7.50	0.989	10000	12.5	11.76	8.4177	0.2518
<i>Tridens muticus</i>	30.00	3.547	14000	17.5	5.88	8.9763	0.1667

Anexo IV. Estructura de estrato arbustivo de área no incendiada en matorral desértico rosetófilo en el APFF Maderas del Carmen

ESTRATO ARBUSTIVO							
Espece	Altura Promedio (cm)	Dominancia Relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad Relativa (%)	Frecuencia Relativa (%)	Valor Importancia Relativa	Índice Shannon
<i>Abutilon wrightii</i>	25	0.123	20	0.510	3.57	1.402	0.119
<i>Buddleja marrubiifolia</i>	80	19.051	240	6.122	14.29	13.153	0.278
<i>Dalea bicolor</i>	50	0.335	60	1.531	3.57	1.812	0.119
<i>Dalea formosa</i>	64	0.182	20	0.510	3.57	1.421	0.119
<i>Dasyllirion leiophyllum</i>	95	38.964	800	20.408	14.29	24.553	0.278
<i>Diospyros texana</i>	90	1.832	40	1.020	3.57	2.141	0.119
<i>Ephedra antisiphilitica</i>	35	0.747	20	0.510	3.57	1.609	0.119
<i>Fouquieria splendens</i>	80	0.840	40	1.020	3.57	1.811	0.119
<i>Jatropha dioica</i>	27	2.901	1300	33.163	7.14	14.402	0.189
<i>Leucophyllum frutescens</i>	67.5	2.944	140	3.571	7.14	4.553	0.189
<i>Lindleya mespiloides</i>	115	4.932	140	3.571	7.14	5.216	0.189
<i>Mimosa borealis</i>	70	5.647	20	0.510	3.57	3.243	0.119
<i>Tecoma stans</i>	85	3.069	60	1.531	7.14	3.914	0.189
<i>Viguiera stenoloba</i>	60	18.431	1020	26.020	17.86	20.770	0.308

Anexo V. Especies de estrato herbáceo derivado de análisis estadístico de prueba de G y χ^2 del matorral desértico rosetófilo en el APFF Maderas del Carmen

Especie	Incendiada	No Incendiada	p-value	Significancia
<i>Chamaesaracha coniodes</i>	1	0	0.589452	NS
<i>Aclesanthes longiflora</i>	1	0	0.589452	NS
<i>Chamaesaracha sordida</i>	14	0	0.042533	S
<i>Aristida purpurea</i>	4	0	0.524830	NS
<i>Aristida schiedeana</i>	2	0	0.966069	NS
<i>Bahia absinthifolia</i>	1	2	0.346746	NS
<i>Boerhavia coccinea</i>	7	0	0.238219	NS
<i>Boerhavia purpurascens</i>	3	0	0.701469	NS
<i>Bouteloua curtipendula</i>	8	5	0.477309	NS
<i>Bouteloua ramosa</i>	3	10	0.000062	S
<i>Dyssodia papposa</i>	2	0	0.966069	NS
<i>Erigeron modestus</i>	3	0	0.701469	NS
<i>Evolvulus alsinoides</i>	3	0	0.701469	NS
<i>Heteropogon contortus</i>	29	0	0.000828	S
<i>Macrosiphonia macrosiphon</i>	4	0	0.524830	NS
<i>Notholaena sinuata</i>	8	5	0.477309	NS
<i>Tridens muticus</i>	19	7	0.867098	NS
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	0	3	0.023502	S
<i>Dalea bicolor</i>	0	1	0.589452	NS
<i>Nerisyrenia camporum</i>	0	4	0.004859	S
<i>Selaginella pilifera</i>	0	2	0.115505	NS
<i>Abutilon wrightii</i>	0	1	0.589452	NS

Anexo VI. Especies de estrato arbustivo derivado de análisis estadístico de prueba de G y Xi2 del matorral desértico rosetófilo en el APFF Maderas del Carmen

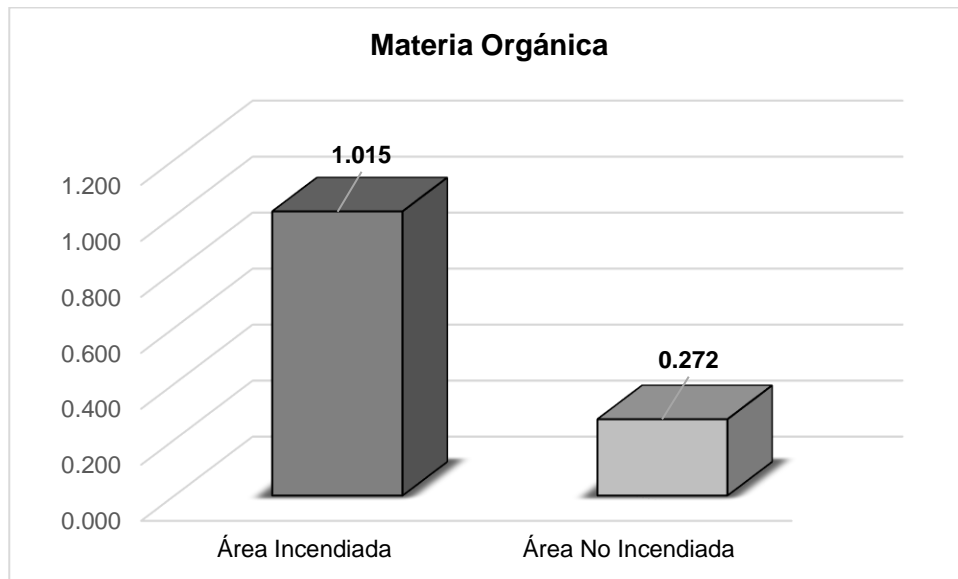
Especie	Incendiada	No Incendiada	p-value	Significancia
<i>Abutilon wrightii</i>	0	1	0.723222	NS
<i>Buddleja marrubiifolia</i>	0	12	0.028638	S
<i>Dalea bicolor</i>	0	3	0.538211	NS
<i>Dalea formosa</i>	0	1	0.723222	NS
<i>Dasyliirion leiophyllum</i>	45	40	0.000010	S
<i>Diospyros texana</i>	0	2	0.801926	NS
<i>Ephedra antisiphilitica</i>	0	1	0.723222	NS
<i>Fouquieria splendens</i>	0	2	0.801926	NS
<i>Jatropha dioica</i>	32	65	0.965021	NS
<i>Leucophyllum frutescens</i>	5	7	0.754560	NS
<i>Lindleya mespiloides</i>	0	7	0.136816	NS
<i>Mimosa borealis</i>	0	1	0.723222	NS
<i>Tecoma stans</i>	1	3	0.858730	NS
<i>Viguiera stenoloba</i>	0	51	0.000000	S
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	10	0	0.000026	S
<i>Salvia officinalis</i>	5	0	0.006706	S

Anexo VII. Peso seco en toneladas por hectárea de carga de combustible de la estructura vegetal de matorral desértico rosetófilo en área incendiada en el APFF Maderas del Carmen

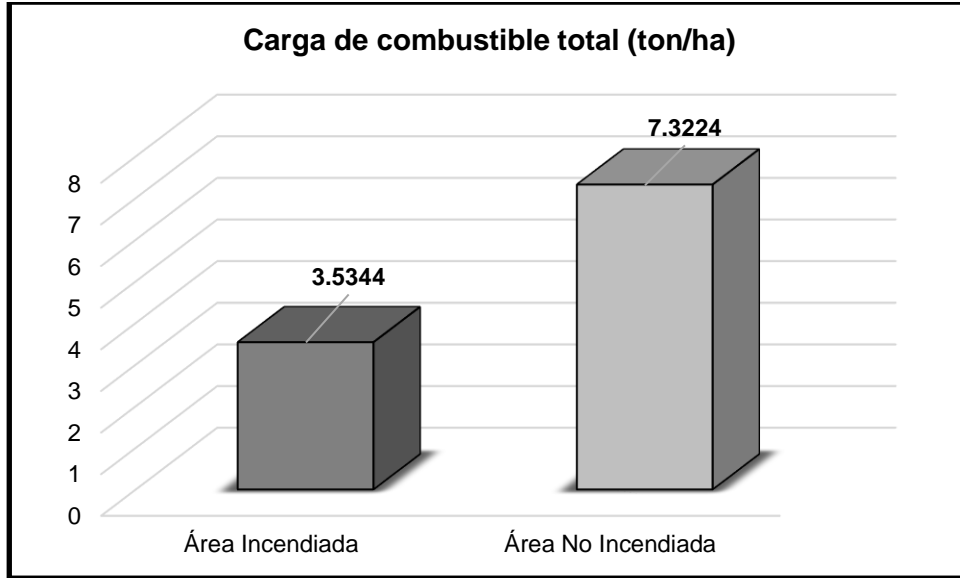
	SITIOS					Toneladas/ha
	1	2	3	4	5	
Fino 1 hr	0.0005118	0.0004327	0.000271	0.0004513	0.000091	3.516
Medianos 10 hrs	0	0	0.0000094	0	0	0.019
Regulares 100 hrs	0	0	0	0	0	0
Gruesos 1000 hrs	0	0	0	0	0	0

Anexo VIII. Peso seco en toneladas por hectárea de carga de combustible de la estructura vegetal de matorral desértico rosetófilo en área no incendiada en el APFF Maderas del Carmen

	SITIOS					Toneladas/ha
	1	2	3	4	5	
Fino 1 hr	0.0002445	0.0008934	0.0007176	0.0006948	0.0003486	5.798
Medianos 10 hrs	0.0000088	0.0004407			0.0001238	1.147
Regulares 100 hrs					0.000189	0.378
Gruesos 1000 hrs						0



Anexo IX. Materia orgánica en la estructura de matorral desértico rosetófilo en APFF Maderas del Carmen



Anexo X. Carga de combustible total de la estructura vegetal de matorral desértico rosetófilo en el APFF Maderas del Carmen

Anexo XI. Respuesta de especie representativa (*Yucca carnerosana*) del matorral desértico rosetófilo en área incendiada en el APFF Maderas del Carmen

	Sitios					Densidad
	1	2	3	4	5	
Quemadas	1	9	5	4	7	520
Renuevos	15	27	19	11	7	1580

Anexo XII. Respuesta de especie representativa (*Yucca carnerosana*) del matorral desértico rosetófilo en área no incendiada en el APFF Maderas del Carmen

	Sitios					Densidad
	1	2	3	4	5	
En pie	7	0	2	5	0	280
Renuevos	0	0	2	0	0	40

Anexo XIII. Formato para el levantamiento de datos de campo

Levantó: _____ Fecha: _____
 Sitio: _____
 Coordenadas: _____ Latitud (Y): _____ Longitud (X): _____
 Altitud: _____ Observaciones: _____

Esp. Herbáceas	Altura promedio (cm)	Cobertura (cm)		Esp. Arbustivas	Altura promedio (cm)	Cobertura (cm)	
		1	2			1	2

Anexo XIV. Coordenadas y características de los sitios en áreas de investigación en Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum WGS-84 Zona 13 N

	No. Sitio	Latitud (Y)	Longitud (X)	Exposición	Altitud (msnm)
Área Incendiada	1	3221148	715777	Oeste	1398
	2	3221307	715658	Oeste	1398
	3	3221459	715527	Oeste	1398
	4	3221626	715415	Oeste	1398
	5	3221754	715263	Oeste	1398
Área No Incendiada	1	3221025	715935	Oeste	1398
	2	3220883	716076	Oeste	1398
	3	3220737	716214	Oeste	1398
	4	3220592	716352	Oeste	1398
	5	3220462	716505	Oeste	1398

Categoría de Combustibles por Tamaño

Categoría	Diámetro (mm)	Tiempo de retardación (horas)
Finos o ligeros	Menor a 5	1
Medianos	5 a 25	10
Regulares	25 a 75	100
Gruesos o pesados	Mayor de 75	1000

Anexo XV. Clasificación de los combustibles, leñosos y muertos

*Tiempo de retardo: es el tiempo requerido para perder el 60% (2/3 partes) del contenido de humedad inicial o actual y el contenido de humedad de equilibrio con el ambiente.



Anexo XVI. Renuevos de *Yucca carnerosana* en Sierra del Jardín, Maderas del Carmen