

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL



Estructura Del Sotobosque De Un Rodal De Pino-Encino, Después De Un Incendio Forestal En Chiltepec, Coatepec Harinas, Estado De México

Por:

JESSICA NAVA SEGURA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Estructura Del Sotobosque De Un Rodal De Pino-Encino, Después De Un Incendio
Forestal En Chiltepec, Coatepec Harinas, Estado De México

Por:

JESSICA NAVA SEGURA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:



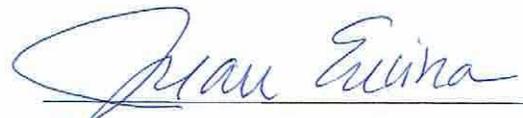
M.C. Andrés Nájera Díaz

Asesor Principal



M.C. Adin Helber Velázquez Pérez

Coasesor



Dr. Juan Antonio Encina Domínguez

Coasesor



Dr. Jerónimo Landeros

Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2023

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo es original.

Pasante



Jessica Nava Segura

Matricula: 41182411

Carrera: Ingeniero Forestal

DEDICATORIA

A Dios por permitirme estar en este mundo y darme la oportunidad de terminar mi carrera profesional, al mantenerme con esperanza y salud.

A mis padres: Francisco Nava Reyes y Matilde Segura Bravo, que me han enseñado a enfrentar las dificultades sola y a no rendirme viviendo la vida con tenacidad para concluir una meta más.

A mis hermanos que han sido mi mayor motivación: Liliana Nava Segura, por ser una hermana y amiga que me ha ayudado en todo momento, por sus buenos consejos, su compañía y su apoyo; Leonel Nava Segura y Orlando Nava Segura, gracias por su confianza, cariño y apoyo.

A mis abuelos maternos; Bernardo Segura Colín y M. Elena Bravo Lara y mis abuelos paternos; Refugio Nava Estrada y Alberta Reyes Mercado, gracias por sus buenos consejos, su confianza, cariño y apoyo durante el proceso de mi formación profesional.

A mi tío Alejandro Segura Bravo por su confianza, motivación y apoyo incondicional desde el inicio de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A mi “Alma Terra Mater” la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente y obtener conocimientos dentro y fuera de la institución en las ciencias forestales.

Al Departamento Forestal y cada uno de los Profesores Investigadores que lo integran, gracias por contribuir a mi formación académica, compartiendo sus conocimientos y experiencias.

A la Delegación Regional Forestal Coatepec Harinas de la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE) por demostrar interés en realizar el presente trabajo y por hacer posible su realización, principalmente al M. C. Miguel Ángel Romero Morales titular de la delegación, por la autorización para realizar el estudio y su colaboración en campo.

Al Ing. Casildo Román Solórzano, Ing. Daniel Olmedo Mercado y la Brigada 611 de PROBOSQUE, por su acompañamiento en el reconocimiento del área incendiada y su apoyo en la toma de datos en campo.

A mis papas; Francisco Nava Reyes y Matilde Segura Bravo, mis hermanos; Liliana Nava Segura, Leonel Nava Segura y Orlando Nava Segura y a mi abuelo materno Bernardo Segura Colín, por su valioso apoyo en la toma de datos.

Al M. C. Andrés Nájera Díaz, por el tiempo dedicado en la asesoría, revisión del presente estudio y por sus recomendaciones para mejorar mi formación profesional, gracias.

Al M. C. Adin Helber Velázquez Pérez, por el tiempo dedicado a la revisión y su aportación en este trabajo.

Al Dr. Juan Antonio Encina Domínguez, por su apoyo en la identificación y corroboración taxonómica de muestras de plantas y sus conocimientos aportados en la revisión del presente estudio.

A mis amigas, ahora parte de mi familia, por su confianza, apoyo incondicional y motivación durante esta etapa académica: Marilyn Hurtado Herrera, Itzel Solís España y Karen Santiago Hernández.

A mis compañeros y amigos por los momentos compartidos: Ricardo Morales Arizpe, Delson Romeo Guizar Pérez, Axel Rodrigo García Hernández y Luis Fernando Salgado Fernández

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Objetivos e hipótesis	16
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
2.1 Conceptos.....	17
2.1.1 Incendio Forestal.....	17
2.1.2 Factores de comportamiento del fuego.....	17
2.1.3 Régimen de fuego	17
2.1.4 Sucesión ecológica.....	18
2.1.5 Ecosistemas sensibles al fuego	18
2.1.6 Ecosistemas dependientes del fuego.....	19
2.1.7 Ecosistemas independientes del fuego.....	19
2.1.8 Ecosistemas influidos por el fuego	19
2.1.9 Manejo del fuego	20
2.2 Bosque de pino-encino.....	20
2.3 Efectos del fuego en la estructura	21
2.4 Estrategias adaptativas de coníferas al fuego.....	22
2.5 Estrategias adaptativas de especies herbáceas y arbustivas al fuego	22
2.6 Sucesión ecológica después de un incendio.....	23

2.7	Trabajos relacionados.....	23
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1	Localización del área de estudio	26
3.2	Aspectos ecológicos	27
3.2.1	Clima.....	27
3.2.2	Vegetación	27
3.2.3	Edafología.....	28
3.2.4	Fisiografía	28
3.2.5	Hidrología	28
3.2.6	Geología.....	28
3.3	Metodología	29
3.3.1	Selección de los sitios de muestreo.....	29
3.3.2	Diseño de muestreo y establecimiento de sitios	30
3.3.3	Caracterización de los sitios de muestreo	30
3.3.4	Materiales utilizados	31
3.3.5	VARIABLES MEDIDAS.....	31
3.4	Análisis de la Información	31
3.4.1	Análisis Estadístico, prueba G y Ji cuadrada (X^2).....	33
4.	RESULTADOS	34
4.1	Estructura del sotobosque en la primera medición (2021) del área incendiada.	34
4.2	Estructura del sotobosque en la primera medición (2021) del área no incendiada. 34	
4.3	Estructura del sotobosque en la segunda medición (2022) del área incendiada. ...	35
4.4	Estructura del sotobosque en la segunda medición (2022) del área no incendiada. 35	

4.5	Riqueza del estrato herbáceo y arbustivo de la primera (2021) y segunda medición (2022) del área incendiada y no incendiada.	36
	Diversidad de especies en el estrato herbáceo y arbustivo de áreas incendiadas y no incendiadas 2021 y 2022.	40
4.6	Índice de Equitatividad	41
4.7	Análisis estadístico.....	42
5.	DISCUSIÓN.....	47
6.	CONCLUSIONES.....	51
7.	RECOMENDACIONES	52
	LITERATURA CITADA	53
	ANEXOS	59

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Presencia/ausencia de especies del estrato herbáceo en la primera (2021) y segunda medición (2022) del área incendiada y no incendiada.....	38
Cuadro 2. Presencia/ausencia de especies del estrato arbustivo en la primera (2021) y segunda medición (2022) del área incendiada y no incendiada.....	39
Cuadro 3. Índices de diversidad de especies de la primera medición (2021) del área incendiada y no incendiada.....	40
Cuadro 4. Índices de diversidad de especies de la segunda medición (2022) del área incendiada y no incendiada.....	40
Cuadro 5. Índices de equitatividad de la primera medición (2021) del área incendiada y no incendiada.....	41
Cuadro 6. Índices de equitatividad de la segunda medición (2022) del área incendiada y no incendiada.....	41
Cuadro 7. Grado de significancia para los estratos herbáceo y arbustivo en la primera (2021) y segunda medición (2022).....	42
Cuadro 8. Especies herbáceas con grado de significancia y no significancia en área incendiada y no incendiada en la primera medición (2021).....	43
Cuadro 9. Especies arbustivas con grado de significancia y no significancia en área incendiada y no incendiada en la primera medición (2021).....	44
Cuadro 10. Especies herbáceas con grado de significancia y no significancia en área incendiada y no incendiada en la primera medición (2022).....	45
Cuadro 11. Especies arbustivas con grado de significancia y no significancia en área incendiada y no incendiada en la primera medición (2022).....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.....	26
Figura 2. Delimitación del área de estudio y distribución de sitios de muestreo. Los marcadores en rojo indican los sitios de muestreo del área incendiada.....	30
Figura 3. Riqueza del estrato herbáceo y arbustivo de la primera (2021) y segunda medición (2022) del área incendiada y no incendiada.....	37

RESUMEN

El estudio se realizó con el objetivo de determinar el efecto del fuego en la estructura del sotobosque en un rodal de pino-encino, después de un incendio forestal, en Chiltepec, Coatepec Harinas, Estado de México, a través de comparar la estructura de un área incendiada con un área no incendiada. Se realizaron dos evaluaciones, la primera en 2021 (seis meses después del incendio) y la segunda en 2022 (20 meses después). Se establecieron cinco sitios dentro del área incendiada y cinco sitios en el área no incendiada, en parcelas de 100m² para el estrato arbustivo y 1m² para el estrato herbáceo, evaluando las variables de: altura total (cm) y cobertura de copa (cm). Se calcularon los atributos de la vegetación para obtener el valor de importancia relativa por especie, se utilizó el índice de Shannon-Wiener para comparar los estratos de las áreas incendiadas y no incendiadas. Se aplicó la prueba de G y X^2 para la prueba de hipótesis. El análisis de valor de importancia relativa (VIR) mostraron que las especies herbáceas de más contribución en términos de dominancia, densidad y frecuencia en el área incendiada son: *Eryngium proteaeflorum*, *Muhlenbergia rigida*, *M. macroura* y *Vulpia myuros*, mientras que para el estrato arbustivo las especies de mayor VIR son: *Dodonaea viscosa*, *Hydrangea arborescens*, *Phytolacca americana* y *Quercus rugosa*. El estrato herbáceo del área incendiada durante la primera medición (2021), es más diverso con 2.8 nats, en comparación con 2.15 nats del área no incendiada. En la segunda medición (2022) el índice de diversidad del estrato herbáceo y arbustivo del área incendiada fue mayor en comparación con el área no incendiada. El sotobosque del bosque de pino-encino se ha beneficiado por el incendio forestal aumentando su diversidad en ambos estratos y periodos de evaluación. De acuerdo al P-Valuó las áreas incendiadas y no incendiadas son significativamente diferentes para la primera (2021) y segunda medición (2022). Los resultados indican recuperación post-incendio de la vegetación de la zona, dada la capacidad de germinar y rebrotar de las especies presentes en ecosistemas dependientes.

Palabras claves: diversidad, estructura, Incendio forestal, sotobosque.

ABSTRACT

The study was conducted with the objective of determining the effect of fire on the understory structure in a pine-oak stand, after a forest fire, in Chiltepec, Coatepec Harinas, State of Mexico, by comparing the structure of a burned area with a non-fired area. Two evaluations were carried out, the first in 2021 (six months after the fire) and the second in 2022 (20 months later). Five sites were established within the burned area and five sites in the non-fired area, in plots of 100m² for the shrub stratum and 1m² for the herbaceous stratum, evaluating the variables: total height (cm) and crown cover (cm). Vegetation attributes were calculated to obtain the relative importance value per species, and the Shannon-Wiener index was used to compare the strata of the burned and non-fired areas. G-test and X² were applied for hypothesis testing. Relative importance value (RIV) analysis showed that the herbaceous species of most contribution in terms of dominance, density and frequency in the burned area are: *Eryngium proteaeflorum*, *Muhlenbergia rigida*, *M. macroura* and *Vulpia myuros*, while for the shrub stratum the species with the highest VIR are: *Dodonae viscosa*, *Hydrangea arborescens*, *Phytolacca americana* and *Quercus rugosa*. The herbaceous stratum of the burned area during the first measurement (2021), is more diverse with 2.8 nats, compared to 2.15 nats in the non-fired area. In the second measurement (2022) the diversity index of the herbaceous and shrub stratum of the burned area was higher compared to the non-burned area. The understory of the pine-oak forest has benefited from the forest fire increasing its diversity in both strata and evaluation periods. According to the P-Value the burned and non-fired areas are significantly different for the first (2021) and second measurement (2022). The results indicate post-fire recovery of the vegetation in the area, given the ability of the species present in dependent ecosystems to germinate and resprout.

Key words: diversity, structure, forest fire, understory.

1. INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales forman un proceso vital y esencial en los procesos de sucesión ecológica manteniendo una estabilidad en los ecosistemas (Castillo *et al.*, 2003). El fuego ha sido un factor constante de cambios en el paisaje, en el mantenimiento y evolución de especies de flora y fauna silvestres, en general de ecosistemas y paisajes (Castillo *et al.*, 2003; Parra-Lara y Bernal-Toro, 2010). La ocurrencia de incendios forestales responde a comportamientos climáticos y a la susceptibilidad o adaptación de la vegetación a la ignición e inflamabilidad, por lo anterior, el fuego es considerado un regulador natural en algunos ecosistemas (Castillo *et al.*, 2003). La presencia del fuego de forma natural en los ecosistemas puede tener influencia positiva en la naturaleza, debido a que contribuye a mantener la biodiversidad; sin embargo, cuando se utiliza de forma irresponsable, puede convertirse en un incendio forestal, con consecuencias devastadoras para el ambiente e incluso para la seguridad de las personas (CONAFOR, 2010).

Los incendios forestales son variables e impredecibles, la presencia del fuego, responde a la interacción de elementos como: oxígeno, combustible y la fuente de ignición; su comportamiento está relacionado con tres factores: topografía, combustible y tiempo atmosférico (Villers-Ruiz, 2006). Los incendios forestales son considerados perturbaciones ecológicas de efectos discretos o difusos, severos o destructivos, producidos por fuego de origen natural o antrópico (Parra-Lara y Bernal-Toro, 2010). Las perturbaciones bajo regímenes naturales como los incendios forestales influyen en la estructura y procesos de los ecosistemas; estos pueden acelerar el ciclo de nutrientes; sin embargo, fuegos de alta intensidad y severidad pueden dañar parte del arbolado reduciendo la productividad primaria del bosque, por el contrario, incendios de baja intensidad y severidad pueden incrementar la productividad primaria debido a su efecto de fertilización (Rodríguez-Trejo, 2014).

Los ecosistemas terrestres se clasifican en tres categorías según el papel ecológico del fuego y el régimen del fuego que poseen: ecosistemas sensibles, dependientes, independientes o influidos del fuego (CONAFOR, 2010; Myers, 2006). Debido a la diferencia entre estos

ecosistemas según su papel ecológico del fuego, la falta y el exceso de fuego pueden ser causas de alteración de procesos ecológicos, por lo que la supresión de los incendios de origen natural puede ser un factor de alteración en muchos ecosistemas forestales, afectando su estructura, dinámica y salud, modificando el régimen natural de perturbación por fuego al que han estado sujetos, favoreciendo un aumento del peligro de incendios severos y destructivos por la acumulación excesiva de combustibles forestales (Jardel- Peláez, 2010).

La mayoría de los pinares tienen un régimen de incendios superficiales de baja a moderada intensidad, con una frecuencia de poco o varios años y algunos presentan regímenes mixtos (incendios de copas alternados con fuegos superficiales); regímenes mixtos en coníferas son comunes en bosques con conos serotinos (Rodríguez-Trejo, 2014).

A nivel mundial, la tendencia es incremento de la superficie afectada como en el aumento de la severidad causada por los incendios forestales. Todos los años, durante la temporada de sequía, los incendios forestales afectan grandes extensiones de bosques y selvas, lo que implica que la atención de incendios forestales debe ser considerada como prioridad, tanto en el manejo como en la conservación (Jardel- Peláez, 2010).

En México, no existe suficiente información sobre el efecto del fuego en los ecosistemas forestales y su importancia en la estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas forestales; se desconoce la intensidad y frecuencia en la cual este es benéfico (Flores-Garnica y Benavides-Solorio, 2006).

En los últimos años el Estado de México ha ocupado los primeros lugares a nivel nacional en cuanto al número de ocurrencia de incendios (Gutiérrez- Martínez *et al.*, 2014). En los años 2019, 2020, 2021 y 2022 el Estado de México ha presentado el mayor número de incendios en el país (CONAFOR, 2019; 2020; 2021 y 2022). Sin embargo, el fuego ha sido parte de la dinámica de muchos ecosistemas terrestres, su uso de manera racional es una herramienta de manejo para el aprovechamiento sustentable, en la conservación y restauración de hábitats donde existen especies que dependen de las condiciones producidas por los incendios. Además, el fuego es una herramienta históricamente utilizada en la

agricultura, y puede ser un medio adecuado para el cultivo o un factor de degradación (Jardel-Peláez, 2010).

El entendimiento del papel ecológico del fuego en los ecosistemas forestales es un tema que requiere de más investigación, pero el conocimiento actual sobre la ecología del fuego, junto con la experiencia práctica del manejo forestal y la conservación de áreas silvestres, indican que es indispensable cambiar de los enfoques convencionalmente centrados en la prevención, control y supresión de incendios forestales y la reforestación de áreas quemadas, a estrategias integrales de manejo del fuego y restauración ecológica; sin embargo, el hecho de que los incendios forestales sean por causas antropogénicas, implica que cualquier estrategia de manejo o conservación el fuego debe ser considerado, estudiado y entendido como un fenómeno social y cultural (Jardel- Peláez, 2010).

1.1 Objetivos e hipótesis

Objetivo general

Determinar el efecto del fuego en la estructura del sotobosque en un rodal de pino-encino, después de un incendio forestal, en Chiltepec, Coatepec Harinas, Estado de México.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de un incendio forestal en la estructura del sotobosque de un bosque de pino-encino.
2. Describir la dinámica de cambio en la estructura y riqueza de especies de sotobosque en las dos áreas, en dos mediciones realizadas (2021 y 2022).

Hipótesis

Ho: No existe diferencia significativa en la estructura del bosque entre dos áreas (afectadas y no afectadas por incendio forestal).

Ha: Existe diferencia significativa en la estructura del bosque entre dos áreas (afectadas y no afectadas por incendio forestal).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Conceptos

2.1.1 Incendio Forestal

Se entenderá por incendio forestal a la combustión sin control de la vegetación forestal (LSGDF, 2018).

De acuerdo con Jardel- Peláez (2010), un incendio forestal se refiere a la propagación del fuego sobre terrenos forestales de manera libre y sin control, causado por factores naturales, como rayos o tormentas eléctricas, o por actividades humanas accidentales o deliberadas.

2.1.2 Factores de comportamiento del fuego

El combustible es la biomasa viva o muerta que puede arder al ser expuesta a una fuente de calor. La topografía es la configuración de la tierra, las variaciones en la inclinación de la ladera y la elevación. El tiempo atmosférico representa una medición en cierto tiempo de las variables atmosféricas: temperatura, humedad relativa, dirección del viento y velocidad del viento (Villers-Ruiz, 2006).

2.1.3 Régimen de fuego

Un régimen de fuego se define como un conjunto de condiciones recurrentes del fuego que caracteriza a un ecosistema (Myers,2006). Las relaciones del fuego con un ecosistema definen el régimen del fuego; que tiene que ver con la severidad, la intensidad, la escala espacial, la estacionalidad y la fuente predominante de ignición, es decir, la presencia del fuego en un ecosistema posee un “patrón” específico y atributos (CONAFOR, 2010).

De acuerdo con Rodríguez-Trejo (2014), un régimen de incendios forestales se caracteriza por propiedades como: atributos espaciales (tipo, extensión, forma, borde y perímetro, patrón

de afectación individual y patrón de afectación en el paisaje); atributos temporales (frecuencia, estacionalidad, duración de la perturbación y duración de los efectos) y atributos de nivel de afectación (intensidad, severidad y selectividad). Prácticamente todos los ecosistemas terrestres tienen un régimen de fuego, es decir, una historia de fuego que ha moldeado o afectado la estructura y la composición de las especies (Myers,2006).

2.1.4 Sucesión ecológica

La sucesión ecológica es un proceso de cambios que experimenta un ecosistema en la composición de sus especies a través del tiempo, hasta llegar a un equilibrio dinámico, existen dos tipos de sucesión de la comunidad: la sucesión primaria y la sucesión secundaria. La sucesión primaria, se presenta a partir de un territorio virgen que aún no ha sido colonizado por ningún tipo de organismo; es decir, una zona escasa de una comunidad preexistente; en cambio, la sucesión secundaria ocurre en aquellos sitios que previamente estuvieron cubiertos por algún tipo de vegetación, la cual fue removida de forma parcial o total (de la Orden, 2020).

2.1.5 Ecosistemas sensibles al fuego

Los ecosistemas sensibles al fuego, son aquellos que no se han desarrollado con el fuego como un proceso importante y recurrente, por lo tanto, las especies de estas áreas carecen de adaptaciones para responder a los incendios por lo que la mortalidad es alta incluso con una intensidad de fuego muy baja. La estructura y la composición de la vegetación tienden a inhibir la ignición y la propagación del fuego, es decir, no son muy flamables. Bajo condiciones naturales y sin perturbaciones, el fuego puede ser un evento tan raro que estos ecosistemas pueden ser considerados independientes del fuego. Los incendios se convierten en un problema cuando las actividades humanas fragmentan estos ecosistemas, los combustibles se alteran y las igniciones aumentan (Myers,2006).

2.1.6 Ecosistemas dependientes del fuego

Los ecosistemas dependientes del fuego o denominados ecosistemas adaptados al fuego o mantenidos por el fuego son aquéllos donde el fuego es esencial y las especies han evolucionado desarrollando adaptaciones para responder positivamente al fuego y facilitar su propagación; es decir, la vegetación es flamable y propensa al fuego. En estas áreas, el fuego es un proceso esencial, de tal modo que, si se quita, o se altera el régimen de fuego más allá de su rango normal de variabilidad, el ecosistema se transforma en algo diferente, ocasionando la pérdida de hábitats y especies (Myers,2006).

2.1.7 Ecosistemas independientes del fuego

Los ecosistemas independientes del fuego son aquéllos en los cuales el fuego juega un papel muy pequeño o nulo. Son demasiado fríos, húmedos o secos para quemarse. El fuego se convierte en una amenaza solamente si hay cambios significativos en estos ecosistemas provocados por actividades del uso del suelo, especies invasoras o cambio climático (Myers,2006).

2.1.8 Ecosistemas influidos por el fuego

Dentro de estos ecosistemas se incluyen tipos de vegetación que se encuentran frecuentemente en la zona de transición entre los ecosistemas dependientes del fuego y los ecosistemas sensibles al fuego o independientes del fuego, generalmente éstos ecosistemas son sensibles al fuego, pero contienen algunas especies que pueden responder positivamente a las perturbaciones del fuego, o ecosistemas que podrían subsistir sin la presencia del fuego, pero en los cuales las perturbaciones del fuego juegan un papel en la creación de ciertos hábitats, favoreciendo la abundancia relativa de ciertas especies y manteniendo la biodiversidad. Los ecosistemas influidos por el fuego presentan desafíos para su manejo debido al papel sutil que el fuego juega en ellos (Myers,2006).

2.1.9 Manejo del fuego

El manejo del fuego comprende tanto las actividades clásicas de la protección de los bosques contra los incendios: prevención y extinción, como el uso del fuego en las actividades agrícolas, ganaderas y forestales (Ramos-Rodríguez, 2010).

Manejo del fuego 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, del entorno socioeconómico y cultural de la sociedad (Nájera, 2016).

2.2 Bosque de pino-encino

En México los bosques de pino están presentes en todos los estados del país con excepción de la Península de Yucatán, su distribución geográfica coincide con la de los elevados macizos montañoso; además, en los extremos norte y sur de Baja California, a lo largo de la Sierra Madre Oriental, del Eje Volcánico Transversal, de la Sierra Madre del Sur, de las sierras del norte de Oaxaca y de las dos grandes sierras de Chiapas, (Rzedowski, 2006). Los bosques de pino ocupan zonas templado-frías, algunas especies del género *Pinus* que abundan en estas zonas son: *P. patula*, *P. greggii*, *P. montezumae*, *P. leiophylla*, *P. hartwegii*, *P. teocote* y *P. pseudostrobus* (Rodríguez-Trejo, 2014).

En México los encinares comparten afinidades ecológicas generales con los pinares y forman relaciones sucesionales, originando los bosques mixtos de *Quercus* y *Pinus*. Estos bosques se encuentran entre los 1500 y 3000 msnm de altitud (Rzedowski, 2006).

Los bosques mixtos de pino-encino cuando predominan las coníferas o de encino-pino cuando dominan los encinares, es una comunidad ampliamente distribuida la cual ocupa la mayor parte de la superficie forestal en los sistemas montañosos del país (López-Cano, 2018). Los bosques de pino-encino presentan tres estratos. El estrato arbóreo de hasta 40 metros de

altura, dominado por pinos. Un segundo estrato de 20 metros de altura con especies de encino principalmente, aunque pueden estar presentes especies de otros grupos arbóreos. Después se presenta un estrato arbustivo que puede llegar hasta los 10 metros de altura con individuos juveniles de pinos y encinos y especies asociadas. Por último, el estrato herbáceo (0.2 – 1m) el cual puede estar o no presente, dependiendo de la disponibilidad de luz que permite pasar el dosel del estrato arbóreo, en bosques densos, estará presente solo en los claros que se formen, mientras que, en los bosques con el estrato arbóreo más abierto, se presenta una mayor diversidad de especies herbáceas (Gómez, 2019).

2.3 Efectos del fuego en la estructura

El fuego es un factor natural con influencia importante sobre la composición de especies al interior del dosel (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2013). Dependiendo del régimen del fuego y de las asociaciones de pino-encino se tendrán efectos diferentes del fuego sobre la estructura, en incendios de intensidad variada, pero en superficies pequeñas, se generan claros que con frecuencia ocupan la regeneración. La competencia intra e interespecifica entre pinos y encinos, así como su resistencia y tolerancia al fuego, contribuirán a la conformación de la estructura del bosque, las masas de pino-encino (*P. durangensis*, *P. teocote*, *P. leiophylla*, *Q. sideroxylla*, *Q. crassifolia*, *Q. laeta*) de la Sierra Madre occidental, ven influidas algunas de sus características estructurales por el fuego, (Rodríguez-Trejo, 2014).

La severidad de un incendio forestal en los componentes arbustivos y herbáceos tiene que ver con la intensidad del fuego, su etapa fenológica y la época del año en que ocurrió el incendio, los arbustos mostraran un gradiente de severidad con características como: deshidratación parcial o total, daños físicos, consumo en la base, consumo de copa o consumo de la mayor parte de la biomasa del arbusto (Rodríguez-Trejo, 2014). La vegetación de sotobosque desempeña un papel fundamental en la regeneración de los ecosistemas puesto que se establece rápidamente y su biomasa aérea amortigua el impacto del agua de lluvia y la raíz da estabilidad al suelo, además de su función en el ciclo de nutrientes (Canizales-Velázquez *et al.*, 2011).

2.4 Estrategias adaptativas de coníferas al fuego

Los pinos son resistentes al fuego, sin embargo, diversas especies tienen características adaptativas adicionales que los hacen más tolerantes al soportar e incluso aprovechar la presencia del fuego, las cuales son: corteza gruesa que funciona como aislante a cierta intensidad del fuego, capacidad de sobrevivir al fuego como plántulas al desarrollar en su etapa inicial un aspecto cespitoso o de zacatón protegiendo la yema principal del fuego, conos serótinicos los cuales pueden permanecer cerrados y adheridos a las ramas por varios años y sólo abren y sueltan la semilla al recibir el calor de un incendio, respuestas florecientes quemándose o como respuesta al fuego, rebrotes basales generados por la presencia del fuego, flamabilidad de la planta generada por su morfología y la presencia de sustancias químicas flamables que hacen que el fuego no se apague y las quemé completamente, generando un rebrote y el mejoramiento de su follaje (Nájera- Díaz, 2013).

El rebrote en pinos después del paso del fuego es menos intenso que en los encinos, sin embargo, en algunas especies es mayor, por ejemplo: *P. leiophylla*, *P. hartwegii*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote* y *P. oocarpa*, entre otras. Dichos rebrotes pueden ser emitidos en la base del tronco, en la curvatura basal, o a partir de un cayo en individuos jóvenes (Rodríguez-Trejo, 2014).

2.5 Estrategias adaptativas de especies herbáceas y arbustivas al fuego

La mayoría de las especies herbáceas y arbustivas que integran el sotobosque en los pinares son capaces de rebrotar en la base de su tallo, recuperar el follaje, emitir rebrotes de raíz, a partir de bulbos o rizomas. Los rebrotes en la base del tallo y rebrotes del follaje de la copa se pueden observar en arbustos como: *Baccharis conferta*, *Senecio cinerarioides*, *Symphoricarpos microphyllus* y *Acaena elongata*, entre otros. Mientras que la rebrotación a partir de rizomas se observa comúnmente en zacate como *Muhlenbergia* y *Festuca*, entre otros, así como en los encinos arbustivos que se asocian a bosques de pino-encino, como *Quercus frutex*, *Q. microphylla* y *Q. repanda*, entre varios otros (Rodríguez-Trejo, 2014).

2.6 Sucesión ecológica después de un incendio.

Gran parte de las especies herbáceas son efímeras, viven pocos años y al ser afectadas por el fuego otra generación ocupará su lugar. Respecto a los zacates casi toda su biomasa foliar es afectada, pero los puntos de crecimiento sobreviven y emiten rebrotes. Las especies amacolladas de los géneros *Muhlenbergia* y *Festuca*, también rebrotan (Rodríguez-Trejo, 2014).

Debido a la apertura del dosel que se produce derivado de un incendio y el aporte de nutrientes a través de las cenizas, las especies herbáceas y arbustivas, que recolonizan por semilla o por rebrote, pueden florecer desde algunos meses hasta pocos años después del incendio. Algunas de las especies que florecen en pinares incendiados son: *Muhlenbergia macroura*, *Festuca tolucensis*, *Erigeron galeottii*, *Phytolacca icosandra*, *Eupatorium pazcuarensis*, *Oxalis alpina*, *Acaena elongata*, *Senecio cinerarioides*, *Salvia elegans*, *Salvia fulgens*, *Bouvardia ternifolia*, *Cirsium ehrenbergii*, *Symphoricarpos microphyllus*, *Traxacum officinale*, *Lupinus montanus* y *Eryngium proteaeflorum*, entre varios otros (Rodríguez-Trejo, 2014).

2.7 Trabajos relacionados

Existen pocos estudios sobre la caracterización de la estructura de sotobosque después de un incendio, uno de ellos es el realizado por Alanís- Rodríguez *et al.* (2013) donde analiza la densidad, cobertura, riqueza y diversidad en un bosque de pino-encino en el noreste del país evaluando tres zonas con distintos estados sucesionales, dos según el año en el que sucedió el disturbio: 2006 y 1998 y otra como referencia en el año 2009 estableciendo 40 sitios de muestreo de 1 m² en cada sitio, se encontró que la cobertura de copa, la riqueza específica y la diversidad de la vegetación evaluada fueron significativamente mayores en las primeras etapas sucesionales y disminuyen en el transcurso del tiempo, similar a lo encontrado por Trabaud (1998) en matorrales.

Canizales- Velázquez *et al.*, (2011) realizó una caracterización de sotobosque de dos áreas después de un incendio forestal con diferente nivel de severidad en el Parque Ecológico Chipinque en los municipios de San Pedro Garza García y Monterrey, Nuevo León los cuales forman parte del Área Natural Protegida Parque Nacional Cumbres de Monterrey, la evaluación se realizó en 2019 dos años y medio después del incendio, estimando riqueza y evaluando los indicadores ecológicos de abundancia, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia, obteniendo como resultado que las áreas evaluadas no presentaron diferencias significativas en su abundancia, área foliar, riqueza y diversidad de especies.

Por otra parte, Ruiz- González *et al.* (2022) realizó el análisis de la composición florística y los cambios en la sucesión vegetal de acuerdo a la cronosecuencia de diferentes disturbios en un bosque de pino-encino del Sur de Oaxaca, el muestreo se realizó durante las temporadas de estiaje y lluvias de 2018, encontrando que el área afectada por fuego presentó el mayor daño a la estructura y diversidad, sin embargo, fue en el que la vegetación se registró en menor tiempo.

En el municipio de Chilpancingo, en la Sierra del estado de Guerrero se evaluó la regeneración postincendio en un bosque de pino-encino, en el cual el incendio se registró durante el 2005 y la evaluación se llevó a cabo en el 2012 (siete años después), evaluando indicadores ecológicos de densidad, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia, se estimó riqueza y se cuantificó la diversidad, obteniendo que la comunidad vegetal del bosque de pino-encino se encuentra en un estado de regeneración activo conformada principalmente por las especies de *Pinus radiata* y *Quercus glaucescens*, los índices de riqueza y diversidad indicaron que la comunidad es poco diversa (Méndez- Osorio *et al.*, 2014).

En el estado de Jalisco, México se desarrolló un estudio para evaluar la severidad de un incendio forestal y su impacto en la vegetación de sotobosque (arbustos, hierbas, pastos) y en las propiedades químicas del suelo en tres regiones: El bosque La Primavera, Sierra de Quila y Tapalpa, se encontró una variación en la abundancia relativa de las diferentes formas de vida en relación con la severidad; solo las herbáceas se beneficiaron en severidades

intermedias con mayor abundancia; en arbustos y pastos disminuyeron. El pH del suelo y los cationes intercambiables Mg^{++} , Na^{+} , K^{+} y Ca^{++} aumentaron conforme aumentó la severidad del incendio, el nitrógeno, fósforo y potasio aumentaron principalmente en las severidades intermedias (Cadena- Zamudio *et al.*, 2020).

Gaytán- Jiménez (2016) en un trabajo de tesis realizó la evaluación de la pérdida de vegetación debido a incendios forestales en el Suelo de Conservación del D.F. durante el periodo de 2005 a 2013, y durante los meses de enero a marzo del 2014 se realizó la caracterización de la composición vegetal en sitios con mayor frecuencia de incendios. En todos los sitios muestreados se observó una cobertura menor del 30% del estrato arbóreo, mientras que en los estratos herbáceos y arbustivos presentaron coberturas entre 60 a 100%.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

El área de estudio se ubica en el paraje Los Alambrados, en el predio de bienes comunales Chiltepec, municipio de Coatepec Harinas, Estado de México. Las coordenadas geográficas del área de estudio se encuentran en latitud Norte $18^{\circ} 52' 59''$ y longitud Oeste $99^{\circ} 48' 27.9''$, con elevación de 2,259 msnm. El área cuenta con una superficie de 80 ha afectadas por un incendio forestal registrado el 18 de abril del 2021; de las cuáles 55 ha pertenecen a vegetación arbustiva, 15 ha a renuevo y 10 ha a pastos.

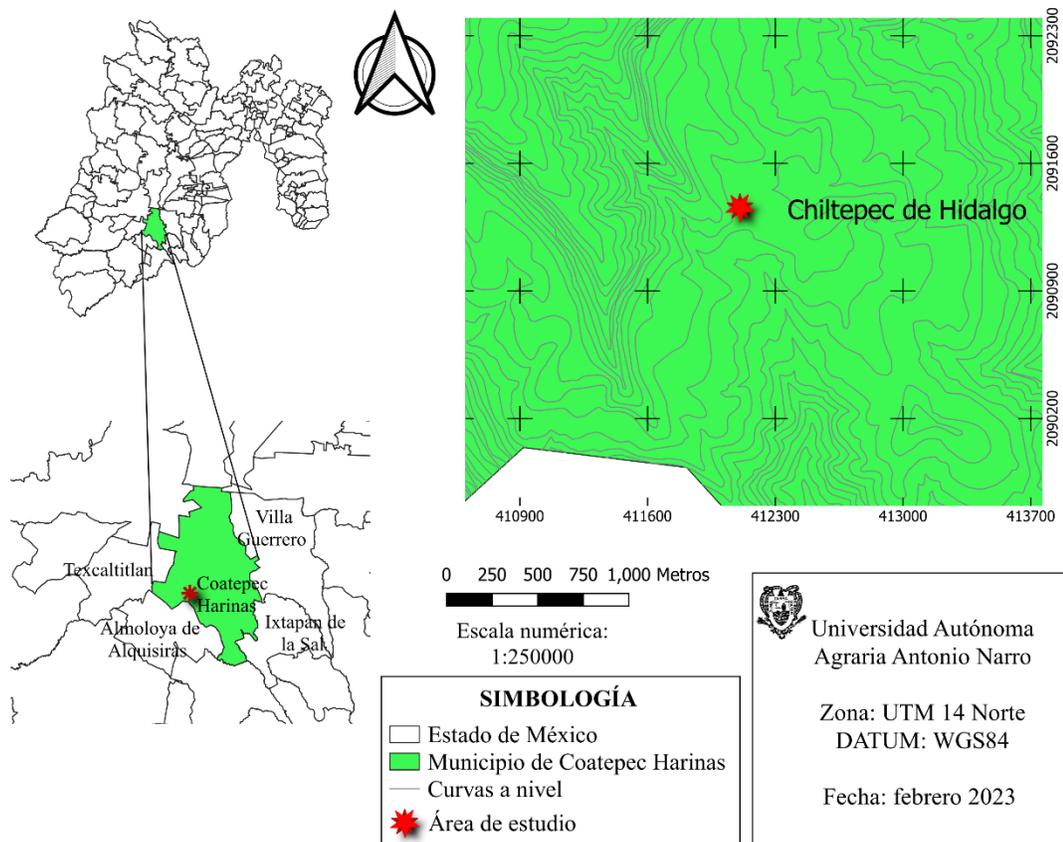


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.

3.2 Aspectos ecológicos

3.2.1 Clima

De acuerdo con clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García (1987), la fórmula climática que caracteriza el área de estudio es Cw templado subhúmedo con lluvias en verano, y se caracteriza por una temperatura promedio de 20° C y una precipitación de 1,000 mm.

3.2.2 Vegetación

El Estado de México se ubica en una zona de transición de las regiones Neártica y Neotropical, por lo tanto, su flora es una mezcla de especies de ambientes templados, como los que predominan en el Nevado de Toluca y tropicales como en el municipio de Malinalco (Ceballos e Islas- Flores, 2018).

Se pueden encontrar bosques de Coníferas representadas por especies como *Pinus leiophylla*, encontrada en el área de estudio, *P. montezumae* y *P. pseudostrobus* a alturas superiores a los 2,000 msnm hasta los 3,000 msnm, en su mayoría tienden a estar asociados con especies de encino formando bosques de pino-encino, donde el género más dominante es *Pinus*, y coexiste con especies de los géneros *Quercus* encontrando en el área de estudio la especie *Quercus rugosa*, *Abies*, *Alnus*, *Buddleia* y *Arbutus*. En la zona más expuesta y seca se desarrollan los bosques de Encino, en un gradiente altitudinal de 2,000 - 2,700 msnm, en este, el estrato arbóreo alcanza de 15 a 25 metros de altura y se presentan los tres estratos de vegetación: arbóreo, arbustivo y herbáceo (Maldonado- Garcés, 2013).

3.2.3 Edafología

En el área de estudio se encuentran suelos del grupo Luvisol Crómico con clase textural 2 estos son suelos con acumulación de arcilla de color rojo o amarillentos de fertilidad moderada con capacidad alta de proporcionar nutrientes a las plantas (INEGI, 2007).

3.2.4 Fisiografía

El municipio de Coatepec Harinas se encuentra entre las provincias fisiográficas del Eje Neovolcánico Transmexicano y la Sierra Madre del Sur, en la subprovincia Depresión del Balsas (INEGI, 1981).

3.2.5 Hidrología

El área de estudio se encuentra dentro de la Región Hidrológica RH-18 Balsas, en la cuenca R. Grande Amacuzac y en la subcuenca R. Alto Amacuzac (INEGI, 1983). La Región Hidrológica número 18 Balsas se encuentra conformada por ocho estados y 420 municipios, con una superficie del 6% del territorio nacional. Es generadora de 10% de la energía eléctrica que se consume en el país y de 25% de la energía hidroeléctrica de México (Valencia-Vargas, 2015).

3.2.6 Geología

En la comunidad de Chiltepec de Hidalgo principalmente se da origen a rocas de clase sedimentaria las cuales se forman en la superficie de la tierra por procesos de erosión y alteración de rocas preexistentes y se originaron en la era del Cenozoico (INEGI, 1983).

3.3 Metodología

3.3.1 Selección de los sitios de muestreo

Se realizaron dos evaluaciones del área, la primera en el año 2021 mismo año en que ocurrió el incendio y la segunda evaluación en 2022 un año después del incendio. Los datos se obtuvieron de 10 sitios de muestreo establecidos de manera selectiva, cinco en las áreas afectadas y cinco en las no afectadas por un incendio forestal, utilizando el método de comparación de áreas aledañas descrito por Mostacedo y Fredericksen (2000), quienes señalan que es uno de los métodos para estudiar la sucesión vegetal el cual documenta los cambios en la vegetación a través del tiempo, cambios producidos a partir de una perturbación.

Es un método que consiste en que las áreas aledañas deben ser lo más homogéneo, en cuanto al tipo de suelo, porcentaje de pendiente, orientación de la ladera, humedad y vegetación (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Las coordenadas de los sitios muestreados del área incendiada y no incendiada se muestran en el Anexo I. Los sitios fueron ubicados mediante el programa Google Earth como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Delimitación del área de estudio y distribución de sitios de muestreo. Los marcadores en rojo indican los sitios de muestreo del área incendiada.

3.3.2 Diseño de muestreo y establecimiento de sitios

Para la evaluación de la vegetación arbustiva se realizaron sitios de muestreo circulares de 100 m², usando la metodología de Mueller–Dombois y Ellenberg (1974); Moreno (2001), y para vegetación herbácea se utilizaron parcelas de 1m² (Mueller–Dombois y Ellenberg, 1974).

La delimitación de los sitios de 100 m² para vegetación arbustiva se realizó mediante cuerdas compensadas y cintas métricas de 30m, compensando la pendiente determinada; la pendiente fue determinada con una Pistola Haga.

3.3.3 Caracterización de los sitios de muestreo

Los sitios de muestreo se caracterizaron tomando los siguientes aspectos: tipo de vegetación, altitud, coordenadas geográficas (latitud y longitud), exposición y porcentaje de pendiente.

Se realizó el reconocimiento de las áreas afectadas y no afectadas por incendio forestal para efectuar las mediciones de la vegetación.

3.3.4 Materiales utilizados

Para tomar los datos en campo se utilizaron los siguientes materiales: dos cuadros de plástico PVC de 1 m² para el estrato herbáceo, dos cintas métricas de 30m de longitud, 4 flexómetros de 3 y 5m, una grapadora, un GPS, una Pistola Haga, una brújula y materiales para la colecta de especímenes botánicos (tijeras de podar, bolsas de plástico para basura, bolsas de papel #30, papel periódico, cámara fotográfica y prensa botánica).

3.3.5 Variables medidas

Para la vegetación arbustiva y herbácea, se midió: diámetro de copa (cm) y altura total de cada individuo de las diferentes especies registradas. Las especies que no se identificaron en campo fueron colectadas y herborizadas con apoyo de una prensa botánica y se tomaron fotografías de muestras de planta con flor y fruto, para después ser identificados en laboratorio.

3.4 Análisis de la Información

Con la información de la vegetación obtenida del muestreo realizado, se estimaron los siguientes rasgos estructurales de la vegetación, con base en lo descrito por Mueller-Dombois and Ellenberg (1974).

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad por especie} \times 100}{\sum \text{Densidad de todas las especies}}$$

$$\text{Dominancia} = \frac{\text{área cubierta}}{\text{área muestreada}}$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia por especie} \times 100}{\sum \text{Dominancia de todas las especies}}$$

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

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia por especie} \times 100}{\sum \text{de las frecuencias}}$$

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

La diversidad vegetal se estimó mediante el índice de Shannon-Wiener, utilizando los listados florísticos tomados en campo, así como los valores de frecuencia de las especies que conforman las comunidades vegetales del área de estudio.

El índice de Shannon-Wiener expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Magurran, 1988).

Formula del índice de Shannon-Wiener:

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

Donde:

I.S.= Índice de Shannon-Wiener

$P_i = \text{Fri} / \text{Fri}$

Fri= Frecuencia de la especie i

Fri= Sumatoria de las frecuencias de todas las especies observadas.

De acuerdo con los valores de diversidad actual y diversidad máxima, se estimará la equitatividad, siendo este un cociente de ambos valores de diversidad expresado en porcentaje.

El índice de equitatividad es una medida de la distribución de las proporciones relativas de las especies: cuando el índice se acerque al 100% indicara que las especies ocurren con valores muy cercanos o iguales entre sí. Por el contrario, a medida que tienden a cero, indicara que una o pocas especies ocurren con mayor frecuencia que las restantes.

Fórmula del índice de equitatividad:

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

Donde:

I.E. = índice de equitatividad

I.S. = índice de Shannon obtenido

Div. Max. = $\ln(N)$ Diversidad máxima potencial

N = Número de especies

3.4.1 Análisis Estadístico, prueba G y Ji cuadrada (X^2)

Con información del número de individuos de cada especie se realizó la comparación de las especies presentes en el área incendiada y no incendiada, mediante el análisis estadístico de la prueba de G y Ji cuadrada (X^2) con la cual se obtiene el nivel de significancia entre un área y otra, así como las especies que resulten significativas de dicho análisis.

Se utilizó un 95% de confiabilidad y un 5% de margen de error en el análisis estadístico; cuando el valor de p-valué sea menor a 0.05 indicará que existe diferencia significativa en la composición de especies entre las dos áreas (afectadas y no afectadas por incendios forestales) con especies significativas.

El estadístico prueba de hipótesis X^2 , tiene distribución de probabilidad del mismo nombre, sirve para someter a prueba hipótesis referidas a distribuciones de frecuencias. En términos generales, esta prueba contrasta frecuencias observadas con las frecuencias esperadas de acuerdo con la hipótesis nula (Quevedo-Ricardi, 2011).

4. RESULTADOS

4.1 Estructura del sotobosque en la primera medición (2021) del área incendiada.

Las especies herbáceas dominantes son: *Eryngium proteaeflorum* (27.58%), *Desmodium procumbens* (14.13 %), *Taraxacum officinale* (14.13 %) y *Muhlenbergia rigida* (12.09 %). Presenta un rango de altura de 5.0 a 140 cm. Las especies con los mayores valores de Importancia (en lo sucesivo VIR) son: *Eryngium proteaeflorum* (15.24 %) además de una densidad de 8,000 ind/ha; *Muhlenbergia rigida* (11.84 %) con 8,000 ind/ha y *Erigeron karvinskianus* (8.50 %) con 6,000 ind/ha.

En el estrato arbustivo las especies dominantes son: *Quercus rugosa* (32.59 %) y *Hydrangea arborescens* (30.77 %). Presenta un rango de altura de 30 a 100 cm de altura promedio. Las especies con mayor VIR son: *Hydrangea arborescens* (26.92 %) con 260 ind/ha; *Quercus rugosa* (25.18%) con 140 ind/ha y *Phytolacca americana* (15.31 %) con 120 ind/ha.

Los aspectos estructurales de la primera medición en el área incendiada se presentan en el Anexo II.

4.2 Estructura del sotobosque en la primera medición (2021) del área no incendiada.

En el estrato herbáceo las especies dominantes son: *Muhlenbergia rigida* (48.68%), *Datura stramonium* (17.24%) y *Vulpia myuros* (13.89%). Presenta un rango de altura que va desde los 10 a 55.46 cm. Las especies con los mayores valores de Importancia (VIR) son: *Muhlenbergia rigida* (39%) además de una densidad de 30,000 ind/ha; *Tagetes lucida* (11.40%) con 12,000 ind/ha; *Vulpia myuros* (9.63%) con 6,000 ind/ha y *Salvia lavanduloides* (9.49%) con 4,000 ind/ha.

En el estrato arbustivo las especies dominantes son: *Arbutus xalapensis* (57.93%), *Quercus rugosa* (10.96%) y *Archibaccharis serratifolia* (10.50%). Presenta un rango de altura que va desde los 28.50 a 225 cm de altura promedio. Las especies con mayor VIR son: *Arbutus*

xalapensis (23.28%) con una densidad de 40 ind/ha; *Dodonaea viscosa* (19.69%) con 280 ind/ha; *Quercus rugosa* (11.79%) con 180 ind/ha y *Archibaccharis serratifolia* (11.63%) con 180 ind/ha.

Los aspectos estructurales de la primera medición en el área no incendiada se presentan en el Anexo III.

4.3 Estructura del sotobosque en la segunda medición (2022) del área incendiada.

En el estrato herbáceo las especies dominantes son: *Muhlenbergia macroura* (36.49%), *Gnaphalium stramineum* (13.53%) y *Desmodium procumbens* (8.74%). Presenta un rango de altura que va desde los 27.5 a 96.5 cm. Las especies que presentaron un mayor VIR son: *Muhlenbergia macroura* (28.07%) además de una densidad de 22,000 ind/ha; *Vulpia myuros* (10.7%) con 12,000 ind/ha y *Gnaphalium stramineum* (10.45%) con 12,000 ind/ha.

En el estrato arbustivo las especies dominantes son: *Dodonaea viscosa* (34.54%), *Eupatorium adenophorum* (15.7%), *Verbesina virgata* (11.73%) y *Quercus rugosa* (10.71%). Presenta un rango de altura de 50 a 152.5 cm de altura promedio. Las especies con mayor VIR son: *Dodonaea viscosa* (37.64%) presentando una densidad de 940 ind/ha; *Quercus rugosa* (9.68%) con 160 ind/ha; *Eupatorium adenophorum* (7.89%) con 60 ind/ha; y *Baccharis conferta* (7.77%) con 120 ind/ha.

Los aspectos estructurales de la segunda medición en el área incendiada se presentan en el Anexo IV.

4.4 Estructura del sotobosque en la segunda medición (2022) del área no incendiada.

En el estrato herbáceo las especies dominantes en el área no afectada por el incendio son: *Muhlenbergia rigida* (38.63%), *M. macroura* (22.43%) y *Vulpia myuros* (25.70%). Presenta un rango de altura que va desde los 15 a 95 cm. Las especies con los mayores VIR son: *Muhlenbergia rigida* (31.85%) además de una densidad de 30,000 ind/ha; *Vulpia myuros*

(18.99%) con 20,000 ind/ha; *Tagetes lucida* (11.12%) con 16,000 ind/ha y *Muhlenbergia macroura* (10.56%) con 4,000 ind/ha.

En el estrato arbustivo las especies dominantes son: *Arbutus xalapensis* (44.78%), *Dodonaea viscosa* (36.60%) y *Cestrum aurantiacum* (9.55%). Presenta un rango de altura que va desde los 29 a 242.5 cm de altura promedio. Las especies con mayor VIR son: *Dodonaea viscosa* (41.82%) con 880 ind/ha; *Arbutus xalapensis* (21.06%) con 60 ind/ha y *Cestrum aurantiacum* (21.06%) con 160 ind/ha.

Los aspectos estructurales de la segunda medición en el área incendiada se presentan en el Anexo V.

4.5 Riqueza del estrato herbáceo y arbustivo de la primera (2021) y segunda medición (2022) del área incendiada y no incendiada.

En la Figura 3 se muestra que el número de especies del estrato herbáceo de la primera (2021) y segunda medición (2022) en el área incendiada fue mayor comparado con el área no incendiada, a diferencia del estrato arbustivo en el cual durante la primera medición (2021) se encontró un menor número de especies en el área incendiada comparada con la no incendiada, sin embargo, durante la segunda medición (2022) el número de especies fue mayor en el área incendiada comparada con la no incendiada.

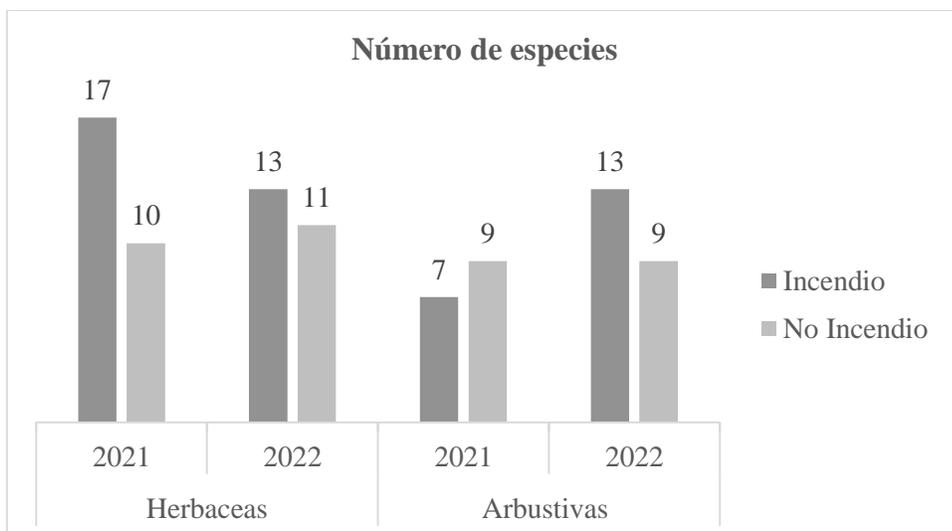


Figura 3. Riqueza del estrato herbáceo y arbustivo de la primera (2021) y segunda medición (2022) del área incendiada y no incendiada.

En los Cuadros 1 y 2 se muestran la presencia/ausencia de las especies de sotobosque en la primera (2021) y segunda medición (2022) del área incendiada y no incendiada. Para el listado florístico de las especies registradas se encontró que para el estrato herbáceo 13 especies son anuales y 14 perennes, de las cuales 10 son exóticas, 13 nativas y tres endémicas. Para el estrato arbustivo se encontraron: dos especies anuales y 18 perenes, de las cuales, 18 son nativas y dos endémicas, lo anterior se presenta en el Anexo VI y VII con el listado florístico de las especies registradas, su forma biológica y estatus migratorio.

Cuadro 1. Presencia/ausencia de especies del estrato herbáceo en la primera (2021) y segunda medición (2022) del área incendiada y no incendiada.

Herbáceas					
Familia	Especie	Primera medición (2021)		Segunda medición (2022)	
		Incendio	No incendio	Incendio	No incendio
Poaceae	<i>Muhlenbergia macroura</i>	X		X	X
	<i>Muhlenbergia rigida</i>	X	X		X
	<i>Aristida adscensionis</i>			X	
Cyperaceae	<i>Fimbristylis annua</i>	X		X	
Caprifoliaceae	<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	X			
Polygonaceae	<i>Polygonum convolvulus</i>	X			
Resedaceae	<i>Reseda luteola</i>	X			
Cystopteridaceae	<i>Cystopteris fragilis</i>	X			
Asteraceae	<i>Senecio inaequidens</i>	X		X	
	<i>Bidens triplinervia</i>		X		X
	<i>Conyza bonariensis</i>		X		
	<i>Artemisia ludoviciana</i>			X	
	<i>Gnaphalium viscosum</i>			X	
	<i>Gnaphalium stramineum</i>	X		X	X
	<i>Erigeron karvinskianus</i>	X			
	<i>Taraxacum officinale</i>	X			
	<i>Tagetes tenuifolia</i>	X	X		
	<i>Tagetes lucida</i>	X	X	X	X
Fabaceae	<i>Desmodium procumbens</i>	X		X	
Poaceae	<i>Setaria parviflora</i>	X			
Apiaceae	<i>Eryngium proteiflorum</i>	X		X	X
Poaceae	<i>Vulpia myuros</i>	X	X	X	X
Lamiaceae	<i>Marrubium vulgare</i>		X		X
	<i>Salvia lavanduloides</i>		X	X	X
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i>		X		
Polemoniaceae	<i>Loeselia mexicana</i>		X		X
Linaceae	<i>Linum scabrellum</i>			X	

Cuadro 2. Presencia/ausencia de especies del estrato arbustivo en la primera (2021) y segunda medición (2022) del área incendiada y no incendiada.

Arbustivas					
Familia	Especie	Primera medición (2021)		Segunda medición (2021)	
		Incendio	No incendio	Incendio	No incendio
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i>	X	X	X	X
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	X	X	X	X
Apocynaceae	<i>Asclepias exaltata</i>	X	X		
Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i>	X			
	<i>Archibaccharis serratifolia</i>		X		X
	<i>Verbesina serrata</i>			X	
	<i>Verbesina virgata</i>			X	
	<i>Eupatorium adenophorum</i>			X	
	<i>Baccharis conferta</i>			X	
Hydrangeaceae	<i>Hydrangea arborescens</i>	X	X	X	X
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca americana</i>	X	X		
Asteraceae	<i>Tagetes erecta</i>	X			
Cupressaceae	<i>Cupressus</i>		X	X	X
Solanaceae.	<i>Cestrum aurantiacum</i>		X		X
	<i>Solanum erianthum</i>			X	
	<i>Solanum chrysotrichum</i>			X	
	<i>Solanum elaeagnifolium</i>			X	
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>		X	X	X
Fabaceae	<i>Acaciella angustissima</i>				X
Campanulaceae	<i>Lobelia laxiflora</i>				X

Diversidad de especies en el estrato herbáceo y arbustivo de áreas incendiadas y no incendiadas 2021 y 2022.

En el Cuadro 3 se muestra que el estrato herbáceo del área incendiada tiene una mayor riqueza de especies y un índice de diversidad mayor a comparación del área no incendiada. En el estrato arbustivo el área con mayor número de especies es la no afectada por incendio.

Cuadro 3. Índices de diversidad de especies de la primera medición (2021) del área incendiada y no incendiada.

Estrato	Incendiado	No incendiado
Herbáceo	2.80	2.15
Arbustivo	1.86	2.09

En el Cuadro 4 se muestra que el índice de diversidad es mayor para el estrato herbáceo del área incendiada presentando 2.37 nats en comparación con 2.22 nats del área no incendiada. El estrato arbustivo del área incendiada presento un índice de diversidad mayor de 2.40 nats en comparación con 2.04 nats de la no incendiada.

Cuadro 4. Índices de diversidad de especies de la segunda medición (2022) del área incendiada y no incendiada.

Estrato	Incendiado	No incendiado
Herbáceo	2.37	2.22
Arbustivo	2.40	2.04

4.6 Índice de Equitatividad

En el Cuadro 5 se muestra la probabilidad en porcentaje de que las especies encontradas en los sitios muestreados en la primera medición (2021) se distribuyan en toda el área de estudio.

Cuadro 5. Índices de equitatividad de la primera medición (2021) del área incendiada y no incendiada.

Estrato	Incendiado (%)	No incendiado (%)
Herbáceo	98.78	93.53
Arbustivo	95.77	95.34

En el Cuadro 6 se muestra la probabilidad en porcentaje de que las especies encontradas en los sitios muestreados en la segunda medición (2022) se distribuyan en toda el área de estudio.

Cuadro 6. Índices de equitatividad de la segunda medición (2022) del área incendiada y no incendiada.

Estrato	Incendiado (%)	No incendiado (%)
Herbáceo	92.49	92.61
Arbustivo	93.62	93.07

4.7 Análisis estadístico

Derivado del análisis estadístico realizado a partir de la prueba de G y X^2 se obtuvo grado de significancia entre las especies de los estratos arbustivos y herbáceos en la primera y segunda medición, es decir: valores de p-valué <0.05 indican grado de significancia de acuerdo al estadístico de prueba de X^2 . Los datos de P-valué por estrato se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Grado de significancia para los estratos herbáceo y arbustivo en la primera (2021) y segunda medición (2022).

Estrato	P-Valué	
	2021	2022
Herbáceo	0.000739	0.000048
Arbustivo	0.001270	0.000071

Derivado del análisis estadístico realizado a partir de la prueba de G y X^2 se obtuvieron especies con grado de significancia en el estrato herbáceo y arbustivo, es decir: las especies con valores de p-valué <0.05 son significativas de acuerdo al estadístico de prueba de Ji cuadrada.

Las especies herbáceas que presentaron grado de significancia en la primera medición (2021) son: *Muhlenbergia rigida*; la cual a pesar de que se registró en ambas áreas se presenta en mayor número después del incendio y *Eryngium proteaeflorum*; solo registrada en el área incendiada. Para el área incendiada se registraron varias especies no presentes en el área no encendida, sin embargo, la mayoría no presentaron grado de significancia. Lo anterior se presenta en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Especies herbáceas con grado de significancia y no significancia en área incendiada y no incendiada en la primera medición (2021).

Especie	Número de individuos		P-Valué	Significancia
	Incendiada	No incendiada		
<i>Muhlenbergia macroura</i>	3	0	0.06197	NS
<i>Muhlenbergia rigida</i>	4	15	0.0003257	S
<i>Fimbristylis annua</i>	2	0	0.1275	NS
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	1	0	0.2812	NS
<i>Polygonum convolvulus</i>	1	0	0.2812	NS
<i>Reseda luteola</i>	1	0	0.2812	NS
<i>Gnaphalium stramineum</i>	1	0	0.2812	NS
<i>Cystopteris fragilis</i>	1	0	0.2812	NS
<i>Senecio inaequidens</i>	1	0	0.2812	NS
<i>Bidens triplinervia</i>	0	2	0.1894	NS
<i>Conyza bonariensis</i>	0	3	0.108	NS
<i>Desmodium procumbens</i>	1	0	0.2812	NS
<i>Erigeron karvinskianus</i>	3	0	0.06197	NS
<i>Setaria parviflora</i>	1	0	0.2812	NS
<i>Taraxacum officinale</i>	1	0	0.2812	NS
<i>Tagetes tenuifolia</i>	3	2	0.538	NS
<i>Eryngium proteaeflorum</i>	4	0	0.03114	S
<i>Vulpia myuros</i>	2	3	0.7786	NS
<i>Tagetes lucida</i>	1	6	0.08968	NS
<i>Marrubium vulgare</i>	0	1	0.3534	NS
<i>Salvia lavanduloides</i>	0	2	0.1894	NS
<i>Datura stramonium</i>	0	1	0.3534	NS
<i>Loeselia mexicana</i>	0	1	0.3534	NS

Las especies arbustivas que presentaron grado de significancia en la primera medición (2021) son: *Archibaccharis serratifolia*; registrada en el área no incendiada y *Hydrangea arborescens*, se registró en ambas áreas, pero se presenta con mayor número después del incendio. Lo anterior se presenta en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Especies arbustivas con grado de significancia y no significancia en área incendiada y no incendiada en la primera medición (2021).

Especie	Número de individuos		P-Valué	Significancia
	Incendiada	No incendiada		
<i>Quercus rugosa</i>	7	9	0.9955	NS
<i>Dodonae viscosa</i>	5	14	0.1241	NS
<i>Asclepias exaltata</i>	6	3	0.1672	NS
<i>Baccharis salicifolia</i>	1	0	0.2575	NS
<i>Archibaccharis serratifolia</i>	0	9	0.00806	S
<i>Hydrangea arborescens</i>	13	2	0.0008243	S
<i>Phytolacca americana</i>	6	8	0.9421	NS
<i>Tagetes erecta</i>	1	0	0.2575	NS
<i>Cupresus</i>	0	1	0.3771	NS
<i>Cestrum aurantiacum</i>	0	2	0.2117	NS
<i>Arbutus xalapensis</i>	0	2	0.2117	NS

Las especies herbáceas que presentaron grado de significancia en la segunda medición (2022) son: *Muhlenbergia rigida* y *Loeselia mexicana* solo se presentaron en el área no incendiada. Mientras que *Muhlenbergia macroura* se presentó en ambas áreas, sin embargo, en el área después del incendio se presentó en mayor número de individuos, como se muestra en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Especies herbáceas con grado de significancia y no significancia en área incendiada y no incendiada en la primera medición (2022).

Especie	Número de individuos		P-Valué	Significancia
	Incendiada	No incendiada		
<i>Muhlenbergia macroura</i>	11	2	0.01124	S
<i>Muhlenbergia rigida</i>	0	15	0.0001273	S
<i>Aristida adscensionis</i>	2	0	0.1529	NS
<i>Fimbristylis annua</i>	1	0	0.3121	NS
<i>Gnaphalium stramineum</i>	6	2	0.1485	NS
<i>Senecio inaequidens</i>	1	0	0.3121	NS
<i>Bidens triplinervia</i>	0	2	0.1618	NS
<i>Artemisia ludoviciana</i>	1	0	0.3121	NS
<i>Gnaphalium viscosum</i>	5	1	0.09703	NS
<i>Desmodium procumbens</i>	2	0	0.1529	NS
<i>Eryngium proteaeflorum</i>	4	1	0.172	NS
<i>Vulpia myuros</i>	6	10	0.3385	NS
<i>Tagetes lucida</i>	3	8	0.141	NS
<i>Marrubium vulgare</i>	0	1	0.3225	NS
<i>Salvia lavanduloides</i>	1	1	0.9879	NS
<i>Loeselia mexicana</i>	0	4	0.04786	S
<i>Linum scabrellum</i>	3	0	0.07998	NS

Las especies arbustivas que presentaron grado de significancia en la segunda medición (2022) son: *Archibaccharis serratifolia*, *Cestrum aurantiacum* y *Lobelia laxiflora* solo se presentaron en el área no incendiada. Mientras que *Baccharis conferta* y *Solanum eleagnifolium* solo se presentaron en el área después del incendio. Lo anterior se presenta en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Especies arbustivas con grado de significancia y no significancia en área incendiada y no incendiada en la primera medición (2022).

Especie	Número de individuos		P-Valué	Significancia
	Incendiada	No incendiada		
<i>Quercus rugosa</i>	8	3	0.1878	NS
<i>Dodonae viscosa</i>	47	44	0.8105	NS
<i>Archibaccharis serratifolia</i>	0	4	0.03403	S
<i>Verbesina serrata</i>	4	0	0.05915	NS
<i>Verbesina virgata</i>	1	0	0.3454	NS
<i>Eupatorium adenophorum</i>	3	0	0.1022	NS
<i>Baccharis conferta</i>	6	0	0.02082	S
<i>Hydrangea arborescens</i>	1	3	0.2636	NS
<i>Cupresus</i>	1	1	0.9344	NS
<i>Cestrum aurantiacum</i>	0	8	0.00272	S
<i>Solanum erianthum</i>	2	0	0.1821	NS
<i>Solanum chrysotrichum</i>	1	0	0.3454	NS
<i>Solanum eleagnifolium</i>	6	0	0.02082	S
<i>Arbutus xalapensis</i>	2	3	0.5632	NS
<i>Acaciella angustissima</i>	0	1	0.2892	NS
<i>Lobelia laxiflora</i>	0	6	0.009429	S

5. DISCUSIÓN

La evaluación de los efectos del fuego sobre la vegetación de los ecosistemas forestales es un tema prioritario para conocer el efecto del fuego. De acuerdo con Bravo *et al.* (2003) las herbáceas como los zacates responden positivamente al fuego con una rápida germinación y crecimiento vegetativo, esto es debido a que poseen una zona meristemática capaz de generar raíces y nuevos tallos, si la parte aérea es dañada, en el estrato herbáceo del área incendiada en la primera medición (2021) *Muhlenbergia rigida* presenta un VIR alto, además de presentar grado de significancia, se registra en ambas áreas pero con mayor número de individuos en el área no incendiada y *Eryngium proteaeflorum* la cual presenta grado de significancia y solo se registró en el área incendiada, de acuerdo con Colohua-Citlahua (2014) se distribuye en pendientes y algunos claros por lo que se benefició con la afectación del dosel por el efecto del fuego.

En el estrato arbustivo *Hydrangea arborescens* es la especie con mayor VIR y grado de significancia es común en el área incendiada, sin embargo, a pesar del tamaño considerable de estas plantas el género *Hydrangea* ejemplifica la falta de actividades de recolección botánica específicas de taxones en México (Marie-Stephanie *et al.*, 2019). La especie *Archibaccharis serratifolia* también presenta grado de significancia, en el área no incendiada, esta especie es catalogada como maleza de acuerdo con Martínez-Orea *et al.* (2020) para bosques templados de la ciudad de México.

Durante la segunda medición (2022) del estrato herbáceo en el área incendiada la especie que presento el VIR más alto es *Muhlenbergia macroura*, además de presentar grado de significancia, con mayor densidad, la especie presenta adaptaciones al fuego y es favorecida por la ocurrencia de disturbios (Rodríguez-Trejo, 2001; Monroy- López, 2018).

En el estrato arbustivo la especie con mayor VIR es *Dodonaea viscosa*, especie que prospera en áreas perturbadas y pertenece a la vegetación secundaria (Miranda, 1952). Las especies que presentaron grado de significancia son:, *Cestrum aurantiacum*, *Lobelia laxiflora* y *Archibaccharis serratifolia* estas especies solo se presentaron en el área no incendiada,

mientras que, *Baccharis conferta* especie que de acuerdo con García- Sánchez *et al.*, (2014) es tolerante a los disturbios y que ha funcionado como especie nodriza que facilita la regeneración natural del oyamel después de un incendio (Rodríguez-Laguna *et al.*, 2015) y *Solanum eleagnifolium* solo se presentaron después del incendio.

Una de las especies arbustivas más frecuentes en el área incendiada es *Quercus rugosa*, esto es debido a que las especies de este género presentan rizomas y con ello una elevada resiliencia a los incendios debido a su capacidad de rebrotar, después de la presencia de incendios (Camarero-Martínez, 2011).

Se registraron 14 especies herbáceas las cuales solo se presentaron en el área incendiada, lo cual coincide con del Villar-Ponce (2019) donde encontró que para el estrato herbáceo después de la presencia del incendio se registraron 12 nuevas especies.

Se encontraron nueve especies arbustivas que solo se presentaron en la primera evaluación es decir a pocos meses después del incendio, un ejemplo de estas especies es: *Reseda luteola* la cual de acuerdo con Sandoval-Ortega y Siqueiros-Delgado (2019) es una maleza ruderal en México que se presenta como maleza indicadora de disturbios.

Entre las especies que solo se registraron durante la primera medición se encuentra *Tagetes erecta* la cual es una especie aprovechada como flor de muerto y es cosechada antes de realizar la dispersión semillas (Serrato-Cruz, 2022).

Algunas otras especies herbáceas se presentaron hasta la segunda medición tal es el caso de: *Desmodium procumbens* y *Aristida adscensionis* esta última es una especie anual común en áreas de disturbio y se presentan como vegetación secundaria (Valdés-Reyna y Allred, 2010; Torres-Colin *et al.*, 2011) y *Gnaphalium viscosum* la cual es una especie que se encuentra en campos de cultivo en descanso o como maleza en el cultivo de maíz (Vibrans, 2009) y dado que en el área de estudio había cultivos de maíz cercanos se dio la dispersión de la semilla de dicha especie hacia el área de estudio.

Entre las especies arbóreas que se presentaron hasta la segunda medición se encuentra: *Verbesina virgata*, la cual se distribuye en claros en medio de bosques con condiciones de fuerte disturbio (Ruvalcaba-Sanchez *et al.*, 2009). La especie *Baccharis conferta* la cual es una especie nodriza indicadora de áreas perturbadas (Monroy-López, 2018).

De acuerdo con los resultados obtenidos, el índice de diversidad fue mayor en el estrato herbáceo en el área incendiada en comparación con la no incendiada, dato que coincide con lo encontrado por Bautista-Aguilar (1999), donde el número de especies en las zonas quemadas de un matorral y pinar fue superior al de la zona no quemada.

La diversidad de especies para el estrato herbáceo se incrementó después del incendio, es decir seis y 20 meses después, con datos obtenidos de la primera medición (2021) donde presenta un mayor número de especies (17) la cual disminuyó en la segunda medición (2022) presentando solo 13 especies, esto debido a que la diversidad del estrato arbustivo aumentó, lo que generó mayor competencia y una disminución en la cantidad de radiación solar hacia el estrato herbáceo, esto coincide con Velázquez- Pérez (2013) donde se presenta un mayor índice de diversidad, así como una mayor riqueza de especies en el estrato herbáceo del área incendiada con respecto a la no incendiada. Esto se debe a la afectación del dosel por las llamas provocando una escasa cubierta vegetal de copas y por lo tanto un aumento en la radiación solar directa lo que disminuye la competencia aérea contribuyendo así a la colonización del piso forestal, (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2013; Canizales-Velázquez *et al.*, 2011). Este incremento se debe al establecimiento de especies de crecimiento anual (dominando las anuales en el número de especies) y a la estimulación de la germinación de las semillas de especies herbáceas por el incremento de temperatura en el incendio (Carballes *et al.*, 2009). La sucesión vegetal comienza con especies facilitadoras, resistentes al fuego, de requerimiento de luz y de fácil regeneración como: *Baccharis conferta* y *Muhlenbergia macroura*, especies clave en el proceso sucesional (Monroy- López, 2018). Las especies que se regeneran por vía vegetativa y responden durante los primeros meses después de la presencia de un incendio (Trabaud, 1998).

La diversidad en el estrato arbustivo, disminuye después del incendio (primera medición del año 2021), esto coincide con Cadena- Zamudio *et al.* (2020), donde indica que después del incendio existe una disminución de especies arbustivas con respecto a los sitios intactos. Sin embargo, en la segunda medición (2022), se incrementó la diversidad, esto se debe a la presencia de especies perennes como los arbustos, y la diversidad se estabiliza entre el tercer y quinto año después del incendio (Trabaud, 1998).

Derivado del análisis estadístico de X^2 se obtuvo grado de significancia entre las especies de los estratos arbustivos y herbáceos en la primera y segunda medición con valores de p-valúe <0.05 lo que indica diferencia significativa entre las dos mediciones de las áreas incendiadas y no incendiadas, dato que coincide con Ramos-Reyes *et al.* (2017) donde se encontraron diferencias significativas en todos los estratos en área incendiada comparada con una no incendiada, presentando beneficios en la estructural y productividad en un bosque sometido a incendio y con Alanís-Rodríguez *et al.* (2013) donde se encontró que la cobertura de copa, la riqueza específica y la diversidad de la vegetación del sotobosque es significativamente mayor en las primeras fases de la sucesión en áreas que fueron afectadas por incendios.

6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos mediante el índice de diversidad vegetal y el análisis estadístico de la prueba de G y X^2 se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencia significativa en la estructura del rodal entre la primera (2021) y segunda medición (2022) y entre las dos áreas (afectadas y no afectadas por incendio forestal).

1.- El índice de diversidad del área incendiada fue mayor en comparación con la no incendiada, debido a la disminución en la competencia y a la apertura de claros.

2.- Se registraron especies herbáceas y arbustivas presentes únicamente en el área incendiada, siendo la mayoría de ellas indicadoras de disturbios.

3.- La recuperación post-incendio de la vegetación de la zona, es debido a la capacidad de germinar y rebrotar de las especies presentes.

4.- El incendio forestal registrado fue superficial de baja intensidad y baja severidad, beneficiando la riqueza de especies en el sotobosque.

5.- Los incendios forestales superficiales en rodales de pino-encino, favorecen e incrementan la riqueza de especies en el sotobosque de ecosistemas dependientes del fuego.

6.- La sucesión vegetal en etapas iniciales en rodales de pino-encino después de un incendio, está dominada por especies favorecidas por disturbios y apertura de claros.

7. RECOMENDACIONES

1. Realizar evaluaciones en los sitios estudiados, así como en otras áreas afectadas por incendios forestales, para conocer el efecto del fuego en la vegetación en diferentes tiempos sucesionales y determinar el periodo de recuperación de los rodales de pino-encino.
2. En futuras evaluaciones considerar la frecuencia de los incendios forestales en el área a evaluar.
3. Realizar evaluación de regeneración de pinos y encinos en las áreas a evaluar.
4. Realizar las mediciones una vez concluido el periodo de lluvias y cuando las especies se encuentren en etapa de floración.
5. Considerar en futuras evaluaciones, origen y causa del incendio, el tipo, la intensidad y severidad del incendio forestal.
6. Realizar futuros análisis de la distribución espacial y temporal de los incendios forestales en el municipio de Coatepec Harinas, para conocer las regiones en donde se concentran mayormente y proponer alternativas de manejo.
7. Relacionar la causa de incendio forestal, natural y/o antropogénico con los resultados en estudios similares al presente.
8. De existir presencia de ganado en el área de estudio, considerar su exclusión para evitar su influencia en los resultados.

LITERATURA CITADA

- Alanís- Rodríguez, E., J. Jiménez- Pérez, M. A. González-Tagle, E. J. Treviño-Garza, O. A. Aguirre-Calderón, J. I. Yerena-Yamallel y J. M. Mata-Balderas. 2013. Efectos de los incendios en la estructura del sotobosque de un ecosistema templado. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5 (22): 74-85.
- Bautista- Aguilar, S. 1999. Regeneración post-incendio de un pinar (*Pinus halepensis*, Miller) en ambiente semiárido. Erosión del suelo y medidas de conservación a corto plazo. Tesis doctoral en biología. Universidad de Alicante. Alicante. 237 p.
- Bravo, S., A. M. Giménez, C. Kunst y G. Moglia. 2003. El fuego y las plantas. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. 61- 69.
- Cadena-Zamudio, D. A., J. G. Flores- Garnica, A. G. Flores- Rodríguez y M. E. Lomelí-Zavala. 2020. Efecto de incendios en la vegetación de sotobosque y propiedades químicas de suelo de bosques templados. *Agro productividad*, 13 (4):65- 72.
- Camarero-Martínez, J. J. 2011. Dinámica post-incendio de la vegetación en un valle del alto Najerilla. En *El cambio global*. Editores T. Lasanta- Martinez. Zubia Revista de Ciencias. Logroño, La Rioja, España. pp. 103-124.
- Canizales-Velázquez, P. A., J. Jiménez- Pérez, E. Alanís- Rodríguez, O. A. Aguirre-Calderón, G. Alanís-Flores y E. I. Meléndez- López. 2011. Análisis de la vegetación de sotobosque en áreas incendiadas de bosque mixto de *Quercus-Pinus* en la Sierra Madre Oriental. *Ciencia UANL*, 14 (3): 273-280.
- Carballes, J. M., J. A. Oria de la Rueda, P. Martín- Pinto y C. Martínez- Ruiz. 2009. Efecto del fuego en la regeneración a corto plazo de la vegetación en comunidades de pastizal, matorral y arbolado en una zona incendiada en Zamora. 5º Congreso forestal español. 10 p.
- Castillo, M., P. Pedernera y E. Peña. 2003. Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*, 14 (3 Y 4): 44-53.
- Ceballos G. y L. Islas- Flores. 2018. En *Atlas de flora y fauna del Estado de México*. Editores R. López-Cano, E. Ponce- Guevara, C. Cruz- González. Fondo Editorial Estado de México, México, 220p.

- Colohua-Citlaha, B. 2014. Diseño inicial de una propuesta metodológica para la reproducción de plantas del genero *Eryngium*. Orizaba, Veracruz, México. 79 p.
- CONAFOR. 2010. Incendios forestales: guía práctica para comunicadores. Tercera edición. Zapopan, Jalisco, México. 54p.
- CONAFOR. 2019. Cierre 2019 del 01 de enero al 31 de diciembre. Programa de manejo del fuego: centro nacional de manejo del fuego. Coordinación general de conservación y restauración. Gerencia de manejo del fuego. Zapopan, Jalisco, México. 18 p.
- CONAFOR. 2020. Reporte semanal nacional de incendios forestales del 01 de enero al 31 de diciembre de 2020. Comisión Nacional Forestal. Coordinación general de conservación y restauración. Gerencia de manejo del fuego. Zapopan, Jalisco, México. 22 p.
- CONAFOR. 2021. Cierre estadístico 2021 del 01 de enero al 31 de diciembre. Comisión Nacional Forestal. Coordinación general de conservación y restauración. Gerencia de manejo del fuego. Zapopan, Jalisco, México. 22 p.
- CONAFOR. 2022. Cierre estadístico 2022 del 01 de enero al 31 de diciembre. Comisión Nacional Forestal. Coordinación general de conservación y restauración. Gerencia de manejo del fuego. Zapopan, Jalisco, México. 22 p.
- de la Orden, E. A. 2020. Sucesión ecológica: tendencias esperadas. Editorial Científica Universitaria.
- del Villar-Ponce, J. J. 2019. 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. Tesis profesional ingeniero forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 71 p.
- Flores-Garnica, J. G. y J. D. Benavides-Solorio. 2004. Avances de la investigación en incendios forestales en México. En Incendios Forestales. Editores Flores-Garnica, J. G. y Rodríguez-Trejo, D. A. Zapopan, Jalisco. pp. 11-25
- García, E de M. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, adaptado a las condiciones de la República Mexicana. 4ed. corregida y aumentada. México, D. F. 217 p.

- García- Sánchez, C. A., A. Sánchez- González y J. L. Villaseñor. 2014. La familia Asteraceae en el Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. *Acta Botánica Mexicana* 106: 97-116.
- Gaytán- Jiménez, S. 2016. Evaluación de la pérdida de vegetación debido a incendios forestales en el suelo de conservación del D. F. Tesis profesional maestra en ciencias biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México. 112 p.
- Gomez, V. (2019). Bosque de pino-encino: características, clima, flora y fauna. Obtenido de Lifer: <https://www.lifer.com/bosque-de-pino-encino/>
- Gutiérrez- Martínez, G., M. Orozco-Hernández, J. A. B. Ordoñez- Díaz y J. M. Camacho-Sanabria. 2014. Régimen de distribución de los incendios forestales en el Estado de México (2000 a 2011). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6 (29): 92-107.
- INEGI. 1981. Carta fisiográfica. E14. Escala 1:1 000 000. México.
- INEGI. 1983. Conjunto de datos vectoriales de la carta de Aguas superficiales. E14-5. Escala 1:250 000. Serie I. Cuernavaca.
- INEGI, 1983. Conjunto de datos vectoriales Geológicos. E14-5. Escala 1:250 000. Serie I. Cuernavaca
- INEGI. 2007. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico. E14-5. Escala 1:250 000. Serie II. Continuo Nacional, Cuernavaca.
- Jardel-Peláez, E. J. 2010. Manejo del fuego, conservación y silvicultura: el caso de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México. Autlán, Jalisco, México. 78 p.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario oficial de la Federación, 5 de junio de 2018. Reforma: Diario Oficial de la Federación, 26 de abril de 2021. México. 72 p. Recuperado en febrero de 2022.
- López-Cano, R. 2018. Vegetación y flora. En Atlas de flora y fauna del Estado de México. Editores G. J. Ceballos- González, E. L. Islas- Flores, E. Ponce- Guevara, C. Cruz- González. Fondo Editorial Estado de México, México, 220p.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Maldonado- Garcés, D. 2013. Flora útil y catalogo ilustrado de las especies encontradas en la comunidad de Coatepec Harinas, Estado de México. Tesis profesional bióloga.

- Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de estudios superiores Iztacala. Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. 259 p.
- Marie-Stéphanie, S., F. Hernández-Najarro y E. M. Martínez-Salas. 2019. The climbing Hydrangeas (Hydrangeaceae) of Mexico, including description of six (critically) endangered new species. *Acta Botanica Mexicana*, 126: 43 p.
- Martínez-Orea, Y., L. Bonilla-Valencia, Y. Vázquez-Santos, M. A. Rimero-Romero, S. Solís-Oberg, G. Santibáñez-Andrade y S. Castillo-Argüero. 2020. Grupos funcionales en la dinámica del banco de semillas en un bosque templado de la ciudad de México, México. *Botanical Sciences*, 98(3): 487-499.
- Méndez-Osorio, C., E. Alanís- Rodríguez, J. Jiménez- Pérez, O. A. Aguirre- Calderón y E. J. Treviño-Garza. 2014. Análisis de regeneración postincendio en un bosque de pino-encino de la Sierra de Guerrero, México. *Ciencia UANL*. (69): 63-70.
- Miranda, F. 1952. La vegetación de Chiapas. Educación de gobierno del Estado. Sección autográfica. Departamento de prensa y turismo. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 426 p.
- Monroy- López, R. M. 2018. Dinámica sucesional de sitios sometidos a diferentes disturbios en un bosque de pino en el Sur del Estado de Hidalgo. Trabajo de intervención maestría en ciencias del ambiente. Universidad Veracruzana, Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias. Tuxpan, Veracruz. 64 p.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España. 83 p.
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Santa Cruz, Bolivia. 87 p.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons. Inc. Nueva York. USA. 547 p.
- Myers, R.L. 2006. Convivir con el fuego: manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el manejo integral del fuego. The Nature Conservancy. Tallahassee, Florida, USA. 28 p.
- Nájera-Díaz, A. 2013. El fuego en la naturaleza. Bordeando el Monte. Secretaria del Medio Ambiente. Coahuila de Zaragoza. 8 p.

- Nájera-Díaz, 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. 50p.
- Parra-Lara, A. C. y F. H. Bernal-Toro. 2010. Incendios de cobertura vegetal y biodiversidad: una mirada a los impactos y efectos ecológicos potenciales sobre la diversidad vegetal. *El Hombre y la Maquina*. 35: 67-81.
- Quevedo-Ricardi, F. 2011. La prueba de ji-cuadrado. *Medwave*, 12: 1-5.
- Ramos-Reyes, J. C., E. J. Treviño-Garza, E. Buendía-Rodríguez, O. A. Aguirre-Calderón y J. I. López-Martínez. 2017. Productividad y estructura vertical de un bosque templado con incidencia de incendios forestales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8 (43): 64-88.
- Ramos-Rodríguez. 2010. Manejo del fuego. Félix Varela. Vedado, La Habana, Cuba. 240 p.
- Rodríguez-Laguna, R., R. Razo-Zarate, J. Fonseca-González, J. Capulín-Grande y R. Goche-Telles. 2015. Regeneración natural post-incendio de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham, en el Parque Nacional “El chico” Hidalgo. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 2 (2): 11-22.
- Rodríguez- Trejo, D. A. 2001. Ecología del fuego en el ecosistema de *Pinus hartwegii* Lindl. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*. 7 (2): 145-151.
- Rodríguez-Trejo, D. A. 2014. Incendios de vegetación: su ecología manejo e historia. Colegio de Postgraduados. Guadalajara, Jalisco, México. 891 p.
- Ruiz- González, M. A., G. V. Campos-Ángeles, V. J. Reyes- Hernández, G. Rodríguez- Ortiz y J. R. Enríquez- del Valle. 2022. Estructura y diversidad vegetal en un bosque de pino encino con disturbios en diferentes cronosecuencias. *Madera y Bosques*, 28 (1): 1-16.
- Ruvalcaba-Sánchez, L. I., Z. Cano-Santana, I. Sánchez-Gallen, E. Tovar-Sánchez, C. Anaya-Merchant y D. M. Figueroa-Castro. 2009. Estructura de la comunidad de invertebrados epífitos asociados a *Verbesina virgata* (Asteraceae). En Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel. Editores A. Lot y Z. Cano-Santana. Universidad Nacional Autónoma de México, México. pp. 433-440.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504p.

- Sandoval-Ortega, M. H y M. E. Siqueiros-Delgado. 2019. *Reseda luteola* L. en el estado de Aguascalientes, México. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 27 (76): 5-10.
- Serrato-Cruz, M. A. 2022. Prácticas de cultivo de la flor de muerto (*Tagetes erecta* L.) y móviles culturales. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. 22 p.
- Torres-Colín, L., R. Duno-de Stefano y C. Gómez-Hinostrosa. 2011. Los géneros *Alysicarus* y *Desmodium* (Fabaceae) en la península de Yucatán, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 82: 1087-1097.
- Trabaud, L. 1998. Recuperación y regeneración de ecosistemas mediterráneos incendiados. Serie geográfica. Incendios forestales, 7: 37- 47.
- Valdés-Reyna, J. y K. M. Allred. 2010. Poaceae III tribu Aristideae. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México. 36 p.
- Valencia-Vargas, J. C. 2015. Desarrollo de la región hidrológica del Balsas mediante la modificación de su veda. Tecnología y Ciencias del Agua, 6 (1): 81-97.
- Velázquez- Pérez, A. H. 2013. Efecto de incendios en la composición y estructura de la vegetación en Sierra la Purísima, Cuatro Ciénegas, Coahuila. Tesis profesional Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 58 p.
- Vibrans, H. 2009. *Gnaphalium viscosum* Kunth. Malezas de México. [En línea] [Consultado: 26 de abril 2023]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/gnaphalium-viscosum/fichas/ficha.htm>
- Villers-Ruiz, M. L. 2006. Incendios Forestales. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciencias, 081: 60- 66.

ANEXOS

Anexo I. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo del área incendiada y no incendiada.

Sitio	Latitud	Longitud	Incendio	Latitud	Longitud
1	18°52'52.05"N	99°48'28.76"O	O1	18°52'54.40"N	99°48'21.50"O
2	18°52'56.94"N	99°48'32.55"O	O2	18°53'0.90"N	99°48'25.10"O
3	18°53'14.53"N	99°48'34.40"O	O3	18°53'14.35"N	99°48'32.95"O
4	18°53'9.65"N	99°48'35.19"O	O4	18°53'9.30"N	99°48'34.20"O
5	18°52'46.19"N	99°48'18.74"O	O5	18°52'47.96"N	99°48'16.34"O

Anexo II. Atributos estructurales del sotobosque en el año 2021 del área incendiada.

ESTRATO HERBÁCEO						
Especie	Alt. media (cm)	Dom. Rel. (%)	Den. (Ind/ha)	Den. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	V.I.R. (%)
<i>Muhlenbergia macroura</i>	16	0.79	6,000	9.68	5.26	5.24
<i>Fimbristylis annua</i>	14	1.08	4,000	6.45	5.26	4.26
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	6	0.88	2,000	3.23	5.26	3.12
<i>Polygonum convolvulus</i>	140	0.39	2,000	3.23	5.26	2.96
<i>Reseda luteola</i>	5	0.39	2,000	3.23	5.26	2.96
<i>Gnaphalium stramineum</i>	5	0.32	2,000	3.23	5.26	2.94
<i>Cystopteris fragilis</i>	9	0.66	2,000	3.23	5.26	3.05
<i>Muhlenbergia rigida</i>	14	12.10	8,000	12.90	10.53	11.84
<i>Senecio inaequidens</i>	50	3.53	2,000	3.23	5.26	4.01
<i>Desmodium procumbens</i>	30	14.13	2,000	3.23	5.26	7.54
<i>Erigeron karvinskianus</i>	76.25	5.30	6,000	9.68	10.53	8.50
<i>Setaria parviflora</i>	55	3.53	2,000	3.23	5.26	4.01
<i>Taraxacum officinale</i>	140	14.13	2,000	3.23	5.26	7.54
<i>Tagetes tenuifolia</i>	121.67	7.56	6,000	9.68	5.26	7.50
<i>Eryngium proteaeflorum</i>	95.75	27.58	8,000	12.90	5.26	15.25
<i>Vulpia myuros</i>	37.5	6.73	4,000	6.45	5.26	6.15
<i>Tagetes lucida</i>	58	0.88	2,000	3.23	5.26	3.12

Alt. media= Altura media, Dom. Rel.= Dominancia Relativa, Den.= Densidad, Den. Rel.= Densidad Relativa, Frec. Rel.= Frecuencia relativa, V.I.R.= Valor de Importancia Relativa.

ESTRATO ARBUSTIVO						
Especie	Alt. media (cm)	Dom. Rel. (%)	Den. (Ind/ha)	Den. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	V.I.R. (%)
<i>Quercus rugosa</i>	76.67	32.59	140	17.95	25.00	25.18
<i>Dodonae viscosa</i>	64.38	3.61	100	12.82	16.67	11.03
<i>Asclepias exaltata</i>	91.67	13.05	120	15.38	8.33	12.26
<i>Baccharis salicifolia</i>	30.00	2.49	20	2.56	8.33	4.46
<i>Hydrangea arborescens</i>	95.94	30.78	260	33.33	16.67	26.93
<i>Phytolacca americana</i>	71.67	13.89	120	15.38	16.67	15.32
<i>Tagetes erecta</i>	100.00	3.59	20	2.56	8.33	4.83

Alt. media= Altura media, Dom. Rel.= Dominancia Relativa, Den.= Densidad, Den. Rel.= Densidad Relativa, Frec. Rel.= Frecuencia relativa, V.I.R.= Valor de Importancia Relativa.

Anexo III. Atributos estructurales del sotobosque en el año 2021 del área no incendiada.

ESTRATO HERBACEO						
Especie	Alt. media (cm)	Dom. Rel. (%)	Den. (Ind/ha)	Den. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	V.I.R. (%)
<i>Muhlenbergia rigida</i>	55.46	48.68	30,000	41.67	26.67	39.00
<i>Tagetes tenuifolia</i>	17.50	1.56	4,000	5.56	6.67	4.59
<i>Bidens triplinervia</i>	7.50	0.20	4,000	5.56	6.67	4.14
<i>Marrubium vulgare</i>	10	0.48	2,000	2.78	6.67	3.31
<i>Salvia lavanduloides</i>	30	9.58	4,000	5.56	13.33	9.49
<i>Datura stramonium</i>	70	17.24	2,000	2.78	6.67	8.89
<i>Tagetes lucida</i>	46.10	4.20	12,000	16.67	13.33	11.40
<i>Conyza bonariensis</i>	33.33	2.63	6,000	8.33	6.67	5.88
<i>Loeselia mexicana</i>	75	1.55	2,000	2.78	6.67	3.67
<i>Vulpia myuros</i>	43.33	13.89	6,000	8.33	6.67	9.63

Alt. media= Altura media, Dom. Rel.= Dominancia Relativa, Den.= Densidad, Den. Rel.= Densidad Relativa, Frec. Rel.= Frecuencia relativa, V.I.R.= Valor de Importancia Relativa.

ESTRATO ARBUSTIVO						
Especie	Alt. media (cm)	Dom. Rel. (%)	Den. (Ind/ha)	Den. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	V.I.R (%)
<i>Quercus rugosa</i>	81.11	10.96	180	16.07	8.33	11.79
<i>Dodonae viscosa</i>	95.79	9.07	280	25.00	25.00	19.69
<i>Asclepias exaltata</i>	92.50	1.06	60	5.36	16.67	7.70
<i>Archibaccharis serratifolia</i>	139.33	10.50	180	16.07	8.33	11.63
<i>Hydrangea arborescens</i>	28.50	0.16	40	3.57	8.33	4.02
<i>Phytolacca americana</i>	42.25	1.11	160	14.29	8.33	7.91
<i>Cupressus</i>	75	2.18	20	1.79	8.33	4.10
<i>Cestrum aurantiacum</i>	108.25	7.02	160	14.29	8.33	9.88
<i>Arbutus xalapensis</i>	225	57.93	40	3.57	8.33	23.28

Alt. media= Altura media, Dom. Rel.= Dominancia Relativa, Den.= Densidad, Den. Rel.= Densidad Relativa, Frec. Rel.= Frecuencia relativa, V.I.R.= Valor de Importancia Relativa.

Anexo IV. Atributos estructurales del sotobosque en el año 2022 en área incendiada.

ESTRATO HERBACEO						
Especie	Alt. media (cm)	Dom. Rel. (%)	Den. (Ind/ha)	Den. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	V.I.R (%)
<i>Muhlenbergia macroura</i>	61.47	36.49	22,000	23.91	23.81	28.07
<i>Fimbristylis annua</i>	60	0.85	2,000	2.17	4.76	2.60
<i>Linum scabrellum</i>	65	6.02	6,000	6.52	9.52	7.36
<i>Gnaphalium stramineum</i>	67.86	13.53	12,000	13.04	4.76	10.45
<i>Tagetes lucida</i>	70.5	2.18	6,000	6.52	9.52	6.08
<i>Senecio inaequidens</i>	70	3.41	2,000	2.17	4.76	3.45
<i>Aristida adscensionis</i>	50	0.96	4,000	4.35	4.76	3.36
<i>Vulpia myuros</i>	33.75	4.76	12,000	13.04	14.29	10.70
<i>Salvia lavanduloides</i>	80	7.67	2,000	2.17	4.76	4.87
<i>Desmodium procumbens</i>	27.5	8.74	4,000	4.35	4.76	5.95
<i>Artemisia ludoviciana</i>	60	2.61	2,000	2.17	4.76	3.18
<i>Gnaphalium viscosum</i>	82.4	7.26	10,000	10.87	4.76	7.63

<i>Eryngium proteiflorum</i>	96.5	5.52	8,000	8.70	4.76	6.32
------------------------------	------	------	-------	------	------	------

Alt. media= Altura media, Dom. Rel.= Dominancia Relativa, Den.= Densidad, Den. Rel.= Densidad Relativa, Frec. Rel.= Frecuencia relativa, V.I.R.= Valor de Importancia Relativa.

ESTRATO ARBUSTIVO						
Especie	Alt. media (cm)	Dom. Rel. (%)	Den. (Ind/ha)	Den. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	V.I.R (%)
<i>Arbutus xalapensis</i>	155	5.00	40	2.41	8.70	5.37
<i>Quercus rugosa</i>	72.92	10.71	160	9.64	8.70	9.68
<i>Dodonae viscosa</i>	79.06	34.54	940	56.63	21.74	37.64
<i>Verbesina serrata</i>	125.83	5.29	80	4.82	13.04	7.72
<i>Solanum eleagnifolium</i>	65.63	1.88	120	7.23	8.70	5.93
<i>Verbesina virgata</i>	260	11.73	20	1.20	4.35	5.76
<i>Eupatorium adenophorum</i>	143.33	15.70	60	3.61	4.35	7.89
<i>Solanum erianthum</i>	152.50	0.66	40	2.41	4.35	2.47
<i>Baccharis conferta</i>	83.50	7.39	120	7.23	8.70	7.77
<i>hydrangea arborescens</i>	100	2.25	20	1.20	4.35	2.60
<i>Arbutus xalapensis</i>	50	0.41	20	1.20	4.35	1.99
<i>Cupresus</i>	80	0.73	20	1.20	4.35	2.10
<i>Solanum chrysotrichum</i>	130	3.71	20	1.20	4.35	3.09

Alt. media= Altura media, Dom. Rel.= Dominancia Relativa, Den.= Densidad, Den. Rel.= Densidad Relativa, Frec. Rel.= Frecuencia relativa, V.I.R.= Valor de Importancia Relativa.

Anexo V. Atributos estructurales del sotobosque en el año 2022 del área no incendiada.

ESTRATO HERBACEO						
Especie	Alt. media (cm)	Dom. Rel. (%)	Den. (Ind/ha)	Den. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	V.I.R (%)
<i>Muhlenbergia macroura</i>	45	22.43	4,000	4.26	5	10.56
<i>Eryngium proteiflorum</i>	30	1.40	2,000	2.13	5	2.84
<i>Muhlenbergia rigida</i>	58.88	38.63	30,000	31.91	25	31.85
<i>Bidens triplinervia</i>	15	0.73	4,000	4.26	5	3.33
<i>Marrubium vulgare</i>	60	0.06	2,000	2.13	5	2.39
<i>Salvia lavanduloides</i>	35	0.90	2,000	2.13	5	2.67

<i>Gnaphalium stramineum</i>	82	4.77	4,000	4.26	10	6.34
<i>Tagetes lucida</i>	58.33	1.35	16,000	17.02	15	11.12
<i>Loeselia mexicana</i>	30	2.02	8,000	8.51	10	6.84
<i>Gnaphalium viscosum</i>	95	2.02	2,000	2.13	5	3.05
<i>Vulpia myuros</i>	47.47	25.70	20,000	21.28	10	18.99

ESTRATO ARBUSTIVO						
Especie	Alt. media (cm)	Dom. Rel. (%)	Den. (Ind/ha)	Den. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	V.I.R (%)
<i>Arbutus xalapensis</i>	242.50	44.78	60	4.11	14.29	21.06
<i>Quercus rugosa</i>	81.67	4.11	60	4.11	7.14	5.12
<i>Dodonaea viscosa</i>	107.05	36.60	880	60.27	28.57	41.82
<i>Cupressus</i>	75	1.59	20	1.37	7.14	3.37
<i>Lobelia laxiflora</i>	104.17	1.06	120	8.22	7.14	5.47
<i>Archibaccharis serratifolia</i>	136.25	1.24	80	5.48	7.14	4.62
<i>Cestrum aurantiacum</i>	199.29	9.55	160	10.96	14.29	11.60
<i>Acaciella angustissima</i>	75	0.90	20	1.37	7.14	3.14
<i>Hydrangea arborescens</i>	29	0.17	60	4.11	7.14	3.81

Anexo VI. Forma biológica y estatus migratorio de las especies presentes en el estrato herbáceo.

Familia	Nombre científico	Forma biológica	Estatus migratorio
Poaceae	<i>Muhlenbergia macroura</i> (Kunth) Hitch.	Hierba perenne	Nativa
	<i>Muhlenbergia rigida</i> (Kunth) Kunth.	Hierba perenne	Exótica
	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen.	Hierba perenne	Maleza nativa
	<i>Aristida adscensionis</i> L.	Hierba anual	Exótica naturalizada
	<i>Vulpia myrus</i> (L.) C C. Gmel.	Hierba anual	Exótica
Cyperaceae	<i>Fimbristylis annua</i> (All.) Roem. & Schult.	Hierba anual o perenne.	Invasora
Caprifoliaceae	<i>Symphoricarpos microphyllus</i> Kunth.	Planta perenne	Nativa
Polygonaceae	<i>Polygonum convolvulus</i> L.	Hierba anual	Maleza exótica
Resedaceae	<i>Reseda luteola</i> L.	Planta anual o bienal	Exótico

Familia	Nombre científico	Forma biológica	Estatus migratorio
Cystopteridaceae	<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	Hierba anual	Nativa
Asteraceae	<i>Senecio inaequidens</i> DC.	Hierba perenne	Exótico
	<i>Erigeron karvinskianus</i> DC.	Hierba perenne	Endémica
	<i>Gnaphalium stramineum</i> Kunth.	Hierba anual	Nativa
	<i>Gnaphalium viscosum</i> Kunth.	Hierba anual o bianual	Nativa
	<i>Artemisia ludoviciana</i> Nutt.	Hierba perenne	Especie nativa
	<i>Taraxacum officinale</i> L.	Hierba perenne	Exótica
	<i>Tagetes tenuifolia</i> L.	Hierba anual	Nativa
	<i>Conyza bonariensis</i> L.	Planta anual	Incierto, posiblemente maleza exótica
	<i>Bidens triplinervia</i> Kunth.	Hierba perenne	Nativa
	<i>Tagetes lucida</i> L.	Hierba perenne	Nativa
Fabaceae	<i>Desmodium procumbens</i> (Mill.) Hitchc.	Hierba anual	Maleza nativa
Apiaceae	<i>Eryngium proteaeflorum</i> F. Delaroché	Hierba perenne	Endémica
Lamiaceae	<i>Marrubium vulgare</i> L.	Hierba perenne	Exótica
	<i>Salvia lavanduloides</i> Kunth.	Hierba perenne	Nativa
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i> L.	Planta anual	Nativa
Polemoniaceae	<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand.	Hierba anual	Nativa
Linaceae	<i>Linum scrubellum</i> Planchon.	Hierba perenne	Endémica

Anexo II. Forma biológica y estatus migratorio de las especies presentes en el estrato arbustivo.

Familia	Nombre científico	Forma biológica	Estatus migratorio
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i> Née.	Perenne	Nativa
	<i>Acaciella angustissima</i> (Mill.) Britton & Rose.	Perenne	Nativa
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	Arbusto perenne	Nativa
Apocynaceae	<i>Asclepias exaltata</i> L.	Planta perenne	Nativa
Hydrangeaceae	<i>Hydrangea arborescens</i> L.	Perenne	Nativa
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca americana</i> L.	Anual	Nativa

Familia	Nombre científico	Forma biológica	Estatus migratorio
Asteraceae	<i>Tagetes erecta</i> L.	Anual	Nativa
	<i>Archibaccharis serratifolia</i> (Kunth) S.F. Blake	Arbusto perenne	Nativa
	<i>Verbesina serrata</i> L.	Arbusto perenne	Nativa y endémica
	<i>Verbesina virgata</i> Cav.	Arbusto perenne	Endémica
	<i>Eupatorium adenophorum</i> Spreng.	Arbusto perenne	Nativa
	<i>Baccharis conferta</i> Kunth.	Arbusto perenne	Nativa
	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Arbusto perenne	Nativa
Cupressaceae	<i>Cupresus sp</i> L.	Perenne	Nativa
Solanaceae.	<i>Cestrum aurantiacum</i> Lindl.	Arbusto perenne	Nativa
	<i>Solanum eleagnifolium</i> Cav.	Perenne	Nativa
	<i>Solanum erianthum</i> D. Don.	Arbusto perenne	Nativa
	<i>Solanum chrysotrichum</i> Schltld.	Arbusto perenne	Nativa
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth.	Perenne	Nativa
Campanulaceae	<i>Lobelia laxiflora</i> Kunth.	Planta perenne	Nativa