

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE REHABILITACIÓN EN BOSQUES DE
ENCINO-PINO Y PINO-ENCINO DEL PARQUE NACIONAL CUMBRES DE
MONTERREY, MÉXICO**

POR:

JHOSELINE ABIGAIL UVALLE ZAMARRIPA

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

Linares, Nuevo León, México.

Febrero de 2025.

**EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE REHABILITACIÓN EN BOSQUES DE
ENCINO-PINO Y PINO-ENCINO DEL PARQUE NACIONAL CUMBRES DE
MONTERREY, MÉXICO**


Aprobación de Tesis



Dr. César Martín Cantú Ayala



Dr. José Isidro Uvalle Saucedá



Dr. Fernando Noel González Saldívar

Linares, Nuevo León, México.

Febrero de 2025.

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque gracias a él termino otra etapa más de mi formación académica con éxito, además por prestarme vida, salud y una maravillosa familia que me apoya en todo momento.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme el apoyo económico a lo largo del programa de maestría para la realización de esta investigación.

A la CONANP Nuevo León por brindarme el apoyo logístico y la oportunidad de realizar la investigación en los predios Ciénega de González y San Juan Bautista.

A la Facultad de Ciencias Forestales, especialmente a su planta de profesores, quienes, durante estos dos años, contribuyeron a mi formación profesional, brindándome sus conocimientos y sabiduría.

Al comité de tesis, el Dr. Cesar M. Cantú Ayala, Dr. José I. Uvalle Saucedo y Dr. Fernando Noé González Saldívar por sus comentarios, sugerencias y observaciones para la realización de este trabajo. En especial a mi director de tesis quien me dio la oportunidad de realizar esta investigación junto a él, por su gran ayuda y apoyo en todos los aspectos, muchas gracias.

A mis padres por estar presentes en cada una de las etapas por las que he pasado, pero sobre todo por siempre brindarme su apoyo incondicional.

Al Ing. Leonel Reséndiz y compañeros técnicos por el apoyo brindado en campo en el levantamiento de datos.

DEDICATORIA

A mi madre Ninfa, por haberme dado la vida, por sus consejos, su apoyo, sus regaños, por estar ahí y nunca dejarme sola, y sobre todo por ser mi razón de ser, te amo mami. A mi padre José, quien en todo momento confió en mí, en mi capacidad para terminar esta nueva etapa en mi vida profesional, gracias Papi por siempre estar allí apoyándome, te amo.

A mis hermanos Jhonatan, Juliana y Johan quien en todo momento me han brindado su apoyo, gracias por ser unos excelentes hermanos y llenar mi vida de amor y alegría, que Dios nos mantenga unidos siempre.

A mis hijas Nayla y Alissa, por ser el motor que me impulsa a superarme cada día de mi vida. Esta etapa de mi vida profesional es dedicada a ustedes por recibirme con un abrazo después de estar lejos, las amo mis niñas.

A mis abuelos María Leonarda (Q.E.P.D), María Ignacia, Maximiliano (Q.E.P.D) e Isidro (Q.E.P.D) que son parte importante en mi vida, los amo.

A mis amigos, quienes también son mi familia, Nelly, Carlos, Erick, Francisco y Luis, con quienes compartí grandes momentos y quienes han estado siempre apoyándonos unos a los otros, mis más sinceras gracias, los quiero mucho.

¡Dios los bendiga siempre!

TABLA DE CONTENIDO

<u>ÍNDICE DE TABLAS</u>	3
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	6
<u>RESUMEN</u>	8
<u>ABSTRACT</u>	10
<u>INTRODUCCIÓN</u>	122
<u>ANTECEDENTES</u>	155
<u>JUSTIFICACIÓN</u>	188
<u>HIPOTESIS</u>	199
<u>OBJETIVOS</u>	199
<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	20
<u>Descripción del área de estudio</u>	20
<u>Localización</u>	20
<u>Características del PNCM</u>	21
<u>Geología</u>	21
<u>Edafología</u>	21
<u>Hidrología</u>	22
<u>Geohidrología</u>	23
<u>Clima</u>	23
<u>Vegetación</u>	24
<u>Matorrales</u>	244
<u>Bosques</u>	25
<u>Análisis de la vegetación</u>	25
<u>Medición del estrato arbóreo y arbustivo</u>	25
<u>Medición del estrato herbáceo</u>	26
<u>Medición del estrato regeneración</u>	26
<u>Análisis de la información</u>	27
<u>Parámetros ecológicos e índices</u>	27

<u>RESULTADOS</u>	30
<u>SITIO 1. BOSQUE DE PINO-ENCINO</u>	31
<u>Área Incendiada Rehabilitada</u>	31
<u>Área Incendiada Sin Rehabilitación</u>	36
<u>SITIO 2. BOSQUE DE ENCINO-PINO</u>	43
<u>Área Incendiada Rehabilitada</u>	43
<u>Área Incendiada Sin Rehabilitación</u>	47
<u>SITIO 3. ÁREA NATURAL</u>	52
<u>DISCUSION</u>	64
<u>CONCLUSIONES</u>	66
<u>LITERATURA</u>	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Clasificación de suelos dentro del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, carta edafológica de INEGI, serie II, escala 1:250,000 (WRB, 1999)	22
2	Listado de familias y especies totales presentes en las distintas áreas de estudio	30
3	Listado de familias y especies totales presentes en el Área Incendiada Rehabilitada SJB.	32
4	Nombre científico, familia y valores de los parámetros ecológicos de las especies presentes en el estrato arbóreo.	34
5	Nombre científico, familia y valores de los parámetros ecológicos de las especies presentes en el estrato arbustivo.	35
6	Nombre científico, familia y valores de los parámetros ecológicos de las especies presentes en el estrato de regeneración.	36
7	Familias y especies presentes en el Área Incendiada Sin Rehabilitación –San Juan Bautista	37
8	Descripción de los valores ecológicos de las especies presentes en el estrato arbóreo del área incendiada sin rehabilitación	40
9	Descripción de los valores ecológicos de las especies presentes en el estrato de arbustivo del área incendiada sin rehabilitación	41

Tabla	Página
10 Descripción de los valores ecológicos de las especies presentes en el estrato de regeneración del área incendiada sin rehabilitación.	42
11 Familias y especies presentes en el Área Incendiada Con Rehabilitación-Bosque Pino Encino –Ciénega de González	43
12 Descripción de los valores ecológicos de las especies presentes en el estrato alto del área incendiada con rehabilitación.	44
13 Descripción de los valores ecológicos de las especies presentes en el estrato medio del área incendiada con rehabilitación.	45
14 Familias y especies presentes en el Área Incendiada Sin Rehabilitación-Bosque Pino Encino –Ciénega de González.	48
15 Especie y parámetros ecológicos del estrato alto u arbóreo sin rehabilitación.	49
16 Especie y parámetros ecológicos del estrato medio o arbustivo en el área sin rehabilitación.	50
17 Especie y parámetros ecológicos del estrato bajo o regeneración en el área sin rehabilitación.	51
18 Familias y especies presentes en el Área Natural.	53
19 Especie y parámetros ecológicos del estrato alto u arbóreo del área natural.	55
20 Especie y parámetros ecológicos del estrato medio u arbustivo del área natural.	56

Tabla		Página
21	Especie y parámetros ecológicos del estrato bajo o regeneración del área natural.	57
22	Índices de diversidad en los sitios de muestreo.	57
23	Riqueza de especies presente en los sitios de muestreo.	58
24	Índice de similitud y distancia entre los sitios de muestreo.	59
25	Pruebas de normalidad del número de individuos de las especies presentes en cada uno de los tratamientos.	59
26	Análisis de varianza de los componentes del estrato arbóreo en los sitios de muestreo.	61
27	Prueba de Friedman de los componentes del estrato arbóreo en los sitios de muestreo.	61
28	Análisis de varianza de los componentes del estrato arbustivo en los sitios de muestreo	62
29	Prueba de Friedman de los componentes del estrato arbustivo en los sitios de muestreo.	62
30	Análisis de varianza de los componentes del estrato bajo (regeneración) en los sitios de muestreo.	63
31	Prueba de Friedman de los componentes del estrato arbustivo en los sitios de muestreo.	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localización del área de estudio y ubicación de los sitios de muestreo	20
2	Abundancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo % AICR-BEP-SJB	33
3	Dominancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo % de cobertura por ha Área Incendiada Con Rehabilitación-Bosque Encino Pino –San Juan Bautista	33
4	Abundancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo % Área Incendiada Sin Rehabilitación –Bosque Encino Pino –San Juan Bautista	38
5	Dominancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo % de cobertura por ha Área Incendiada Sin Rehabilitación –Bosque Encino Pino –San Juan Bautista	39
6	Abundancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo % Área Incendiada Con Rehabilitación –Bosque Pino Encino – Ciénega de González.	46
7	Dominancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo % de cobertura por ha Área Incendiada Con Rehabilitación –Bosque Pino Encino –Ciénega de González.	47
8	Abundancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo % Área Incendiada Sin Rehabilitación –Bosque Pino Encino – Ciénega de González.	51

Figura		Página
9	Dominancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo % de cobertura por ha Área Incendiada Sin Rehabilitación –Bosque Pino Encino –Ciénega de González.	52
10	Abundancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo en porcentaje del Área Natural.	51
11	Dominancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo en porcentaje de cobertura por ha Área Natural.	54
12	Dendrograma utilizando el análisis de conglomerados por el método de Ward's	54

RESUMEN

En México los incendios forestales son disturbios frecuentes, provocando una gran afectación en la vegetación. En el presente estudio se evaluó la diversidad florística de áreas incendiadas rehabilitadas, áreas incendiadas sin rehabilitación y áreas sin intervención o disturbio en bosques de pino-encino y encino-pino en dos comunidades dentro del Parque Nacional Cumbres de Monterrey. Para cada área se establecieron 7 parcelas de 25 x 10 m, dentro de estas se establecieron parcelas de 12.5 x 5 m además de 5 cuadrantes de 1 x 1 m donde se evaluó regeneración. Se determinaron los parámetros ecológicos de abundancia, dominancia, frecuencia relativa, así como el índice de valor de importancia de las especies presentes en el área de estudio. El objetivo principal del presente estudio fue evaluar la condición ecológica de bosque de encino-pino y pino-encino. Se registraron un total de 15 familias y 38 especies vegetales. Las familias más sobresalientes fueron Fabaceae con 8 especies, Aspargaceae y Fagaceae registraron 5 especies cada una y Asteraceae con 4 especies. En tanto las familias menos representadas fueron: Anacardiaceae, Apiaceae, Cactaceae, Oleaceae, Solanaceae y Rhamnaceae, representadas por una especie solamente. En el Área Incendiada Rehabilitada San Juan Bautista se registró una densidad total de especies de 103 Ind.ha⁻¹ para el estrato arbóreo, 6,409 Ind.ha⁻¹ en el estrato medio y un total de 12,000 Ind.ha⁻¹ de nuevas plántulas establecidas en el estrato bajo. La cobertura total sobre el suelo, para los estratos evaluados fue de un 88.27% por hectárea, siendo el estrato medio el que mayor cobertura registró, presentado un porcentaje del 58.51% (5851.42 m². ha⁻¹), el estrato alto brindó una cobertura al suelo del 19.30% por ha (1930.11 m². ha⁻¹), y el estrato bajo o regeneración una cobertura del 10.46% (1045.71 m². ha⁻¹). Al estimar el valor ecológico de las especies presentes en el sitio, se encontró que el estrato arbóreo está representado sólo por dos especies: *Pinus pseudostrobus* y *Quercus canbyi*. La especie predominante fue *P. pseudostrobus* con un índice de valor de importancia ecológico de 219. En el Área Incendiada Sin Rehabilitación San Juan Bautista, se registraron un total de 12 familias y 20

especies, en los estratos arbóreo, arbustivo y de regeneración, la familia más representativa fue Fabaceae con 4 especies. La densidad de especies está representada por 1,409 individuos por hectárea en el estrato arbóreo, 7,280 en el estrato medio y 13,714 plántulas en el estrato bajo. La cobertura total fue de 158.37% por ha, siendo el estrato alto el que contribuyó con mayor cobertura, con un porcentaje de 82% (8,152.22 m². ha⁻¹), el estrato medio sumó una cobertura al suelo de 69% por ha (6,936 m². ha⁻¹), y en el estrato bajo (regeneración) reunió una cobertura del 7% (749.02 m². ha⁻¹). Al estimar el valor ecológico, se encontró que el estrato arbóreo está representado por cinco especies, de las cuales *Pinus pseudostrobus* y *Quercus canbyi* fueron las más importantes con un valor ecológico de 96 y 113 respectivamente. La vegetación del área de estudio, pese a los incendios, presentó una diversidad de especies media alta que caracteriza a las zonas templadas, así como valores mayores a los reportados en otros estudios. La similitud de especies registró valores por debajo del 50%. Asimismo, se encontró variación de la densidad entre los diferentes estratos (alto, medio y bajo) con valores relativamente altos. Se asume, que las coberturas de las especies no se relacionan con la densidad de individuos, sino con su altura y su cobertura, proporcionada principalmente, por el estrato alto de la vegetación.

ABSTRACT

In Mexico, forest fires are frequent, causing great impact on vegetation. In the present study the floristic diversity of rehabilitated burned areas, burned areas without rehabilitation and areas without intervention or disturbance of plant communities pine-oak and oak-pine forests within the Cumbres de Monterrey National Park was evaluated. For each area 7 plots of 25 x 10 m were established, within these plots were established 12.5 x 5 m plus 5 quadrants of 1 x 1 m where regeneration was evaluated. The ecological parameters of abundance, dominance, relative frequency was determined, as well as the importance value index of the plant species of the study area. The main objective of the present study was to evaluate the ecological condition of oak-pine and pine-oak forests. A total of 15 families and 38 plant species were recorded. The most prominent families were Fabaceae with 8 species, Asparagaceae and Fagaceae with 5 species and Asteraceae with 4 species. The least represented families were: Anacardiaceae, Apiaceae, Cactaceae, Oleaceae, Solanaceae and Rhamnaceae, represented by only one species. In San Juan Bautista Rehabilitated Burned Area, a total species density of 103 Ind.ha⁻¹ was recorded in the tree stratum, 6,409 Ind.ha⁻¹ in the middle stratum and a total of 12,000 Ind.ha⁻¹ of new seedlings established in the lower stratum. The total soil cover for the evaluated strata was 88.27% per hectare (ha), with the middle stratum having the highest coverage, presenting a percentage of 58.51% (5851.42 m². ha⁻¹), the high stratum provided a soil cover of 19.30% per ha (1930.11 m². ha⁻¹), and the low stratum or regeneration presented a coverage of 10.46% (1045.71 m². ha⁻¹). When estimating the ecological value of the species present at the site, it was found that the tree stratum (AS) is represented by only two species: *Pinus pseudostrobus* and *Quercus canbyi*. The predominant species was *P. pseudostrobus* with an ecological importance value index of 219. In the San Juan Bautista Burned Area Without Rehabilitation, a total of 12 families and 20 species were recorded, in the tree, shrub and regeneration strata, the most representative family was Fabaceae with 4 species. The species density is represented by 1,409 individuals per

hectare in the tree stratum, 7,280 in the middle stratum and 13,714 seedlings in the low stratum. The total coverage was 158.37% per ha, with the high stratum contributing the greatest coverage, with a percentage of 82% (8,152.22 m². ha⁻¹), the middle stratum added a ground cover of 69% per ha (6,936 m². ha⁻¹), and in the low stratum (regeneration) it gathered a coverage of 7% (749.02 m². ha⁻¹). When determining the ecological value, it was found that the tree stratum (EA) is represented by five species, of which *Pinus pseudostrobus* and *Quercus canbyi* were the most important with an ecological value of 96 and 113 respectively. The vegetation in the study area, despite the fires, presented a medium-high diversity of species that characterizes temperate zones, as well as values higher than those reported in other studies. Species similarity was below 50%. Also, density variation was found between the different strata (high, medium and low) with relatively high values. It is assumed that the species' cover is not related to the density of individuals, but to their size (height) and their cover, provided mainly by the upper stratum of the vegetation.

INTRODUCCIÓN

En México el 97% de los incendios forestales son provocados por los seres humanos y el 54% se deben a actividades agropecuarias. Más del 90% de los incendios son de tipo superficial y alcanzan temperaturas entre los 200 y 300 °C; su extensión e intensidad dependen de las condiciones ambientales, topografía, cantidad y características del combustible presentes en el sitio (Sosa *et al.*, 1999). Entre 1991 y 2004 se registraron, en promedio, 7,985 incendios anuales en México, afectando una superficie promedio anual de 243,750 ha. En este lapso, el año destacado fue 1998, donde se presentaron 14,445 incendios y 850,000 ha afectadas (Vera y Rodríguez, 2007). En el 2007 se registraron 5,893 incendios forestales en 32 entidades federativas, afectando una superficie de 141,660 ha, mientras que para el año 2017 se obtuvo un registro de 8,826 incendios forestales con 726,361 ha afectadas (Conafor, 2017). Para el año 2023 se registraron un total de 7611 incendios afectando 1,047,493 ha, en tanto en el año 2024 se registraron 8002 incendios afectando 1,672,216 ha a nivel nacional (Conafor, 2025; Semarnat, 2018). En Nuevo León se registraron un total de 47 y 26 incendios afectando 3,324.60 y 2,412 ha respectivamente, impactando los procesos ecológicos de los ecosistemas, como infiltración, modificación del hábitat de fauna silvestre, desequilibrio de la cadena alimenticia, y muchos procesos de vida truncados, afectación del clima a macro y microescala e incremento del efecto invernadero (Semarnat, 2018). Conafor (2025), señala que el 30% de los incendios forestales son causados por actividades intencionales y el 21% por las actividades agrícolas (Conafor, 2025).

Las áreas naturales protegidas (ANP) han sido reconocidas a nivel mundial como una buena alternativa para preservar la riqueza biológica. Con el tiempo el rol de las ANP ha cambiado partiendo de ser un simple medio para asegurar la conservación de la belleza natural, hasta transformarse en espacios promotores no sólo de la conservación biológica y de la dinámica de los ecosistemas, sino del desarrollo sustentable de las comunidades humanas que en ellos habitan

(Torres-Orozco *et al.*, 2015). El Parque Nacional Cumbres de Monterrey (PNCM) es una de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de mayor relevancia en Nuevo León; entre sus características sobresalientes se encuentran las comunidades vegetales de gran valor ecológico, como lo son: bosque de coníferas y latifoliadas, chaparrales, matorral desértico rosetófilo, matorral submontano y bosque de galería, con, al menos, 1,368 especies de flora y fauna, de las cuales 73 son consideradas en riesgo de extinción según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010). Las ANP son espacios delimitados cuyo objetivo es proteger y conservar la diversidad biológica para beneficio de las actuales y futuras generaciones (Uvalle, 2013).

Los principales factores de disturbio registrados en el PNCM son el sobrepastoreo, incendios, plagas forestales, la explotación no controlada de recursos forestales y el cambio de uso de suelo (Cantú-Ayala *et al.*, 2013). De acuerdo a varios autores los incendios forestales juegan un papel importante en la estructura y la dinámica de los bosques de Pino-Encino (González *et al.*, 2008; Jiménez y Alanís, 2011), ya que son ecosistemas que históricamente evolucionaron en un ambiente con baja incidencia de estos fenómenos (Alanís *et al.*, 2010). Después de los incendios se crean espacios abiertos por la eliminación de la vegetación, los cuales favorecen la germinación y rebrote de individuos de especies presentes en el banco de semillas del suelo (Calvo *et al.*, 2008; Weiguo *et al.*, 2008; Vidal y Reif, 2011). Además de estos efectos directos del fuego sobre la vegetación de un ecosistema, existen otras consecuencias de los incendios forestales sobre diferentes componentes y procesos ecológicos de los mismos. Por una parte, el suelo queda desprotegido por la pérdida de la vegetación lo que puede producir procesos erosivos que lleven a la pérdida y exportación de suelo y sedimentos (Woods *et al.*, 2007), además, pueden producirse cambios transitorios en la disponibilidad de nutrientes que ayudan a la recuperación de la vegetación del sitio (Certini, 2005). La reforestación ha sido utilizada como una estrategia para lograr la restauración de los terrenos forestales que han perdido la cubierta vegetal por diferentes causas. La restauración ecológica es un proceso de largo tiempo; este proceso es definido

como el proceso de alteración intencional de un hábitat para establecer un ecosistema natural con el objetivo de imitar la estructura, función, diversidad y dinámica del ecosistema original. A nivel nacional, la Comisión Nacional Forestal (Conafor) opera programas institucionales a través de 13 gerencias estatales, en donde se emplean actividades de restauración en las 32 entidades federativas. A nivel Nacional, se registraron para los años 1993 al 2011 un promedio de 2,500,027 hectáreas reforestadas (Conafor, 2009). Mientras que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en el año 2012 registró una superficie reforestada de 422,666.12 ha, y para 2017 la cifra llegó a 62,885.81 ha de superficie reforestada (Conafor, 2018). En los ejidos San Juan bautista y Ciénega de González, se han presentado incendios forestales que han tenido como consecuencia la pérdida de cubierta vegetal, es por ello que distintas instituciones han realizado obras de reforestación con especies del género *Pinus*, buscando recuperar el ecosistema. El objetivo de esta investigación fue evaluar la condición actual de la comunidad vegetal de bosque de Pino-Encino y Encino-Pino en diferentes condiciones después de acontecer un incendio forestal.

ANTECEDENTES

El Parque Nacional Cumbres de Monterrey se localiza en la zona oeste-centro del estado de Nuevo León, y en su decreto original creado en el año 1939 se argumentó como justificación principal para su creación, la protección de la cubierta vegetal de sus ecosistemas para regular las avenidas extraordinarias producidas por las lluvias torrenciales y con ello evitar inundaciones en la ciudad de Monterrey. Su extensión original fue de 245,000 hectáreas, pero el crecimiento de la ciudad de Monterrey provocó la invasión de su territorio por lo que en el año 2000 fueron modificados sus límites geográficos, quedando en 177,395 hectáreas, lo que representó una pérdida de 67,604 hectáreas (Cantú *et al.*, 2010). No obstante, lo anterior, el PNCM continúa siendo el Parque Nacional terrestre más extenso de México. Su territorio representa el 12.4% de la superficie nacional en parques nacionales del país (Cantú *et al.*, 2013).

La Comisión Nacional para el Estudio y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) ha clasificado al PNCM como región terrestre prioritaria y como un área de importancia para la conservación de las aves. Por otra parte, es de gran importancia para el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) porque produce alrededor del 70% del agua que consume la ciudad. Debido a la importancia del PNCM, ha sido sometido a una fuerte presión antropogénica destacando actividades como cambio de uso del suelo y la práctica de ganadería extensiva, así como diversas actividades turísticas lo cual ha ocasionado presencia de incendios forestales de gran magnitud, así como degradación de la vegetación nativa.

Los incendios forestales son unos de los factores de perturbación más comunes que llegan a afectar grandes extensiones de ecosistemas terrestres (Rodríguez, 1996). El fuego desempeña un rol importante dentro del ciclo vital de los ecosistemas forestales que, al igual que otros fenómenos naturales. Esta realidad ha llevado a establecer estrategias e invertir recursos económicos, materiales y humanos para tratar de reducir al mínimo posible los efectos de los incendios

forestales. En México existen estrategias para la prevención y control de incendios forestales sistematizadas a través del Programa Nacional de Protección contra Incendios Forestales, donde participan instituciones de los tres órdenes de gobierno, organismos civiles y voluntarios (CONAFOR, 2012).

Muchas veces los incendios forestales son catalogados como factores de degradación de los ecosistemas, sin embargo, su ocurrencia y frecuencia tiene efectos benéficos para los mismos. El grado de afectación de los incendios sobre los ecosistemas puede variar de acuerdo a la intensidad, frecuencia y forma de propagación. La intensidad (longitud de llama) puede ser baja, media y alta con base en el nivel de combustión de los materiales orgánicos sobre la superficie del suelo. En cuanto a la frecuencia se considera que los incendios son frecuentes cuando se presentan cada 2 a 10 años, los eventos relativamente frecuentes cada 50 a 100 años y los muy poco frecuentes tienen incidencia hasta varios siglos. Por último, la forma de propagación está determinada por la cantidad y disposición del combustible pueden originar incendios subterráneos, superficiales o aéreos (Márquez, 2004; Rodríguez, 2008).

Diversos autores señalan que el fuego forma parte de los ecosistemas forestales, sin embargo, esto aplica solo cuando el fuego no es demasiado severo como el caso de los incendios de copa. Al respecto Chandler (1983) señala que a través de muchos siglos el fuego ha influido en el ciclo de vida de las plantas y de sus comunidades. Muchas plantas están adaptadas al efecto del fuego para su germinación y crecimiento.

Los incendios forestales de baja intensidad y frecuentes pueden tener un impacto positivo sobre la cubierta vegetal debido a que algunas especies de pino han desarrollado adaptaciones para sobrevivir y regenerarse después de la ocurrencia del fuego, esto les ha permitido mantener un curso en su evolución. Por ejemplo, algunas especies del género *Quercus* y *Juniperus* tienen la capacidad de rebrotar (Perry, 1991). Además, este tipo de incendios permiten eliminar competencia entre individuos, proporciona nutrientes y saneamiento al bosque. Por lo tanto, el fuego con estas características es un importante factor

para la repoblación de las especies y reductor de los impactos ecológicos y económicos (Márquez, 2004; Rodríguez y Myers, 2010).

Por otra parte, los incendios forestales ocasionan impactos negativos, como la disminución del aprovechamiento maderable y otros productos, en el desorden de los ciclos del recurso forestal, la muerte del arbolado adulto o la afectación en su vigor y crecimiento teniendo como consecuencia una reducción en la capacidad de germinación del bosque (Aguilar, 2006). Esto ocasiona la pérdida de cubierta vegetal, provocando la erosión del suelo por el efecto de la exposición directa de la lluvia y el viento (Fernández *et al.*, 2011).

JUSTIFICACIÓN

Con la incidencia del fuego sobre los ecosistemas, se ha creado relaciones estrechas entre estos dos componentes, en las cuales incluso, algunas comunidades vegetales han desarrollado adaptaciones para pender de sus efectos, como la eliminación y control de algunas enfermedades, evitar la competencia con malezas, la incorporación de nutrientes al suelo, la apertura de estructuras reproductivas y liberación de semillas, etc. (Conafor, 2025).

El presente estudio pretende ver los efectos de los programas de rehabilitación en las áreas de bosque de encino-pino y pino-encino donde han ocurrido diferentes incendios forestales dentro del PNCM, los cuales cada vez son más recurrentes, siendo la mayoría provocados por las actividades antrópicas, lo cual impacta de forma directa la superficie afectada (FAO 2001), lo cual afecta de forma directa las condiciones de la vegetación tanto en la estructura y diversidad de la misma; así como también las propiedades del suelo y la dinámica los ciclos hidrológicos; lo cual se sustenta con las estimaciones para el periodo 2006-2012, donde se registraron 228 incendios, afectando 1,286 ha divididas entre los estratos de pastos, arbustos, renuevo y arbolado (PROBOSQUE, 2012).

Esta evaluación de los programas de rehabilitación se pretende realizar analizando diversos parámetros ecológicos como es la diversidad de las especies presentes, su riqueza y la similitud de las especies, evaluando aquellas áreas incendiadas en las cuales se han implementado algún tipo de rehabilitación y compararlas con áreas incendiadas que no han sido rehabilitadas y con áreas testigo las cuales no han sido afectadas por los incendios forestales.

Más recientemente se registraron gran cantidad de incendios en el estado de Nuevo León entre los años 2017 y 2021 se registraron un total de 223 incendios con un promedio de 44.6 incendios por año (SNIARN, 2025); estos incendios han afectado en los años 2017 al 2024 un total de 57,227.91 ha, de las cuales el 59.22% afecto el estrato herbáceo, 33.96 el estrato arbustivo y un pequeño

porcentaje de estrato arbóreo con renuevos y arbóreo-adultos 2.81 y 3.99% respectivamente (SEMARNAT 2025), de tal manera que resulta relevante conocer las afectaciones inherentes a este fenómeno natural en la estructura de la vegetación y en los ecosistemas, ya que modifica los procesos naturales, altera la estructura y disminuye la estabilidad del ambiente (Méndez *et al.*, 2014), esto permite saber el comportamiento de sucesión de la vegetación después de un incendio, indispensable para la toma de decisiones para ejecutar programas de manejo sostenible adecuado en los ecosistemas resultantes postincendio (Alanís *et al.*, 2010).

HIPOTESIS

La diversidad de especies vegetales y la estructura de la vegetación de las áreas rehabilitadas tras los incendios forestales son similares a los sitios con vegetación natural.

OBJETIVOS

General

- Evaluar la condición ecológica de bosque de encino-pino y pino-encino con base al programa de rehabilitación del Parque Nacional Cumbres de Monterrey.

Específicos

- Determinar la diversidad florística, riqueza de especies y similitud en las tres condiciones: a) área natural, b) área incendiada sin rehabilitación y c) área incendiada con rehabilitación
- Estimar la diversidad de especies utilizando el índice de Shannon y Wiener
- Estimar la riqueza de especies mediante el uso del índice de riqueza de Margalef
- Evaluar la similitud de los sitios utilizando el índice de Jaccard

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Localización

Los sitios de muestreo para el presente estudio se seleccionaron áreas con presencia de incendio y reforestaciones, en los ejidos San Juan Bautista y Ciénega de González, los cuales se localizan dentro del Parque Nacional Cumbres de Monterrey (PNCM), además se seleccionó un sitio testigo o área natural el cual no cuenta con ningún tipo de disturbio ni tratamiento (Figura 1). El gradiente altitudinal de los sitios va de los 1300 a 1700 msnm. Los sitios de estudio presentan dos tipos de vegetación, Pino-encino y Encino-pino.

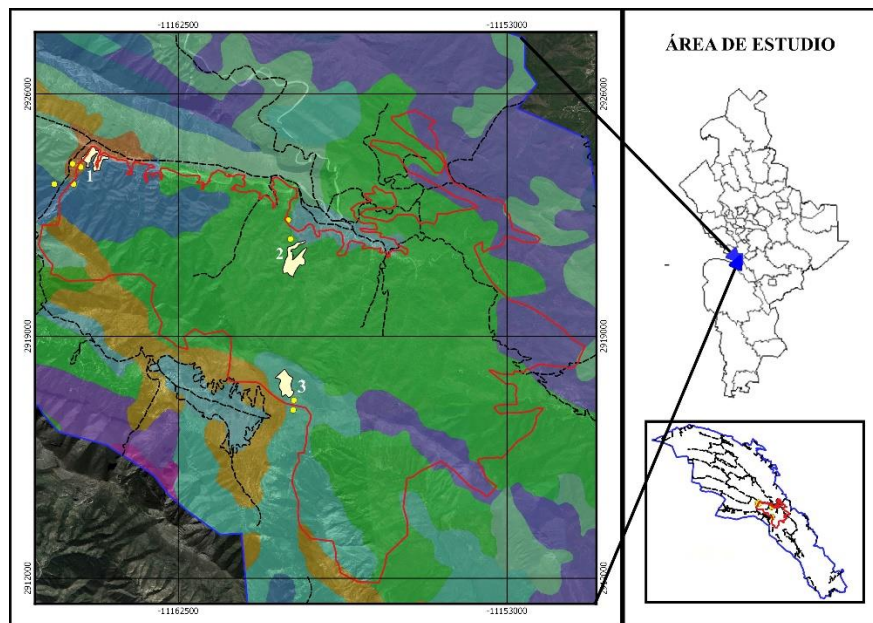


Figura 1. Localización del área de estudio y ubicación de los sitios de muestreo dentro del Parque Nacional Cumbres de Monterrey.

Características del PNCM

Geología

El PNCM se localiza geológicamente en la denominada Saliente o Curvatura de Monterrey en la provincia de la Sierra Madre Oriental. El punto más alto del PNCM se eleva hasta los 3,476 m, mientras que el punto más bajo apenas alcanza los 486 m (Lugo-Hubp, 1990).

Dentro del mismo PNCM es posible encontrar rocas calizas de cuenca, es decir formadas en regiones más profundas, en su equivalente denominado Fm. Tamaulipas Inferior, que se compone de capas de calizas gris oscuro de grano muy fino y con lentes de pedernal. Cabe mencionar que debido a la competencia de las calizas (es decir, su resistencia a ser erosionadas) de estas formaciones, forman los riscos más pronunciados del PNCM (Ramírez y Oesterreich, 2013).

Edafología

En el PNCM se localizan suelos de tipo semiárido, asociados con vegetación desértica, donde la evapotranspiración es mayor que la precipitación pluvial y el agua no alcanza a filtrarse a través de todo el perfil del suelo. La mayor parte de los suelos son poco profundos y de texturas gruesas y en ocasiones presentan subsuelos duros o poco permeables (ITESM, 1994).

De acuerdo con la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB, 1999) se emplea la clasificación de suelos en la carta edafológica de INEGI, serie II, escala 1: 250,000, cuya extensión dentro del PNCM se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de suelos dentro del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, carta edafológica de INEGI, serie II, escala 1: 250,000 (WRB, 1999).

Tipo	Clave	(ha)	(%)
Calcisol	(CL)	981.21	0.55
Fluvisol	(FL)	2574.35	1.45
Leptosol	(LP)	139934.33	78.88
Luvisol	(LV)	1737.07	0.98
Pheozem	(PH)	31354.66	17.68
Regosol	(RG)	553	0.31
Vertisol	(VR)	261.1	0.15
		Total	177,395.80

Hidrología

El Parque Nacional Cumbres de Monterrey (PNCM), se localiza en la Región Hidrológica 24, Río Bravo–Conchos cuya superficie es de 1,757 km², sus aguas superficiales son drenadas principalmente por las subcuencas del río Santa Catarina y río Ramos; pequeñas porciones del PNCM corresponden a otras subcuencas; por la parte noroeste drena a la subcuenca del río Pesquería; por la región sureste, al río Pilón y por su región central drena hacia el noreste por el río San Juan. Todas ellas pertenecientes a la cuenca del río San Juan (Pérez, 2013).

Los escurrimientos provenientes del PNCM, son captados por la presa Rodrigo Gómez “La Boca”, en el municipio de Santiago y la presa Solidaridad “El Cuchillo” en el municipio de China; la primera, destinada exclusivamente para abastecimiento de agua para uso público urbano para el Área Metropolitana de Monterrey (AMM), y la segunda destinada también para este mismo fin, sólo que además de abastecer al AMM, lo hace también para las poblaciones ubicadas a lo largo del acueducto regional: China, Gral. Bravo y Los Aldama en Nuevo León y Arcabuz, en el estado de Tamaulipas; adicionalmente suministra agua para uso

agrícola, para los Distritos de Riego 031 Las Lajas en Nuevo León y 026, Bajo Río San Juan, en Tamaulipas (CONAGUA, 1997).

Geohidrología

El PNCM se localiza en la Provincia Fisiográfica denominada Sierra Madre Oriental (Raisz, 1954) la cual se caracteriza por la existencia de plegamientos de compresión muy pronunciados y continuos longitudinalmente, que constituyen las cordilleras y cadenas paralelas de la montaña, formadoras de la Sierra Madre Oriental.

La información climatológica indica que en la estación climatológica Huasteca, la temperatura media anual es de 19.4°C, la evaporación potencial media anual es de 1,846 mm y la precipitación media anual, es de 347 mm, siendo en esta región donde se presenta la menor precipitación pluvial dentro del PNCM (Pérez, 2013).

En el PNCM inciden parcialmente siete acuíferos, sin embargo, la mayor parte del PNCM está comprendida en el acuífero denominado Campo Buenos Aires, con una superficie de 914.25 km²; le siguen en orden de importancia por su área dentro del PNCM, el 31.7% en el acuífero Citrícola Norte, el acuífero Área Metropolitana de Monterrey, con una superficie de 126.90 km²; el acuífero Campo Durazno con una superficie de 77.52 km²; el acuífero Cañón del Huajuco, con una superficie de 69.59 km²; el acuífero Región Manzanera-Zapalinamé con una extensión de 8.93 km²; y el acuífero Saltillo-Ramos Arizpe con una superficie de sólo 2.65 km² (CONAGUA, 2010).

Clima

Debido a las características físicas del PNCM, como son su amplio gradiente altitudinal, la exposición a la insolación, la influencia de masas de aire húmedo, la diversidad de suelos y la disponibilidad de humedad en el suelo, constituyen un complejo sistema de regulación del clima, así como áreas para captación de agua, la cual es de suma importancia para el suministro al Área Metropolitana de Monterrey (Uvalle *et al.*, 2013).

De acuerdo con el Programa de Conservación y Manejo del PNCM (ITESM, 1994), éste, se encuentra localizado dentro de la zona subtropical de alta presión, esta posición de latitud y de altitud sobre el nivel del mar determinan el patrón climático influenciado por masas de aire marino, continental y de circulación superior que dan lugar a un sólo máximo térmico, típico de las zonas subtropicales, así como a un amplio rango térmico, característico de estas regiones. En los meses de diciembre y enero se presentan las menores temperaturas en el área. El máximo térmico y de radiación solar se presenta en el mes de julio. Dando entonces descensos térmicos alrededor de 3°C hacia el mes de septiembre. En octubre y noviembre, incrementan el enfriamiento normal del suelo, por lo que en diciembre y enero se alcanzan los mínimos térmicos entre los 13 y 15°C en la mayoría de las estaciones meteorológicas (Uvalle *et al.*, 2013).

Las montañas del PNCM son un factor importante y de marcada influencia en la distribución espacial de la precipitación. La orografía juega un papel fundamental en la cantidad y distribución de la lluvia (García, 2003).

Vegetación

El Parque Nacional Cumbres de Monterrey (PNCM) se caracteriza por su accidentada orografía, diversidad climática, tipos de suelo y el factor exposición lo que determina la combinación de especies de flora dentro de los diversos tipos de vegetación. De una manera general, podemos abarcar las comunidades de vegetación del PNCM en dos grandes grupos: matorrales y bosques (Alanís y Velazco, 2013).

Matorrales

Los grupos de matorrales están representados por comunidades donde las especies predominantes muestran la forma de vida arbustiva y, en ocasiones, con árboles de porte bajo. Se reconocen varios tipos, conforme la fisionomía predominante de sus elementos, como el matorral desértico rosetófilo, matorral desértico micrófilo y matorral submontano. Los matorrales desérticos se localizan

al noroeste del PNCM, condicionados, además, por la salinidad y la profundidad del suelo (Alanís y Velazco, 2013).

Bosques

Los componentes florísticos de los bosques, principalmente árboles, generalmente son de origen septentrional de la región holártica, se distribuyen principalmente en regiones de climas semifríos, templados y semiáridos, con variantes de humedad y en condiciones distintas de suelos; estas comunidades arbóreas son propias de las regiones de montaña.

Por sus características florísticas, fisonómicas y ecológicas los bosques distintivos del PNCM son los siguientes, Bosques de Pino Piñonero, Bosques de Pino, Bosque Mixto de Pino-Encino, Bosques de Encinos, Chaparral, Bosque de Galería (Valdez-Tamez, 1981).

Análisis de la vegetación.

Medición del estrato arbóreo y arbustivo

Para cumplir con el objetivo planteado se establecieron aleatoriamente unidades de muestreo de forma rectangular de 250 m² (10 x 25 m) para evaluar la estructura vegetal de las especies arbóreas (<4 m) mientras que las especies arbustivas (1-3 m) se registraron dentro de parcelas de 125 m² (12.5 x 10 m) establecidas dentro de la parcela de 250 m², en donde se registraron las especies que quedaron dentro de dichas unidades de muestreo, además, se llevó a cabo la medición de los principales parámetros dasométricos de altura (h), diámetro basal (d0.10 m) y área de copa (AC). Para este último se midió el largo y el ancho de la copa de las especies vegetales encontradas tomadas de norte a sur y de oriente a poniente respectivamente.

La medición del diámetro se efectuará a 1.30 metros sobre el suelo, la cual es una medida estándar empleada para especies arbóreas y arbustivas de matorrales, debido a las bifurcaciones que presentan los individuos a mayor altura, resultando más viable tanto práctico como económicamente para realizar una sola medición (Gómez, 2000; Alanís *et al.*, 2008; Jiménez y Alanís, 2012).

Medición del estrato herbáceo.

Para el registro de las especies que componen el estrato bajo (herbáceo) de la vegetación, se midieron en cuadrantes de 1 x 1 m al ras de suelo con un flexómetro de 3 m, se establecieron cinco cuadrantes dentro de la unidad de muestreo de 25 X 10 m, donde se tomaron los principales parámetros dasométricos de altura (h), diámetro basal y área de copa (AC).

Medición del estrato regeneración

Para la medición de la regeneración se tomó en cuenta todos los individuos arbóreos y arbustivos (rebrote) de porte bajo de un rango de 0 a 30 cm al ras del suelo, para esta medición se utilizó la metodología que se empleó en la medición de los parámetros dasométricos en el estrato herbáceo.

Análisis de la información

Parámetros ecológicos e índices

Con los datos obtenidos en campo, se estimaron los parámetros ecológicos de abundancia (A_i), dominancia (D_i) y frecuencia (F_i), así como el Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual adquiere valores porcentuales en una escala del 0 al 100 (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Para estimar la diversidad y la riqueza de especies se utilizaron, el índice de Shannon & Wiener (H') y el índice de riqueza de Margalef (D_{Mg}) respectivamente. Para comparar el grado de similitud en las áreas de estudio se utilizó el Índice de Similitud de Jaccard.

Para la estimación de los parámetros ecológicos se utilizaron distintas fórmulas empleadas por Leal (2016). Las cuales se describen a continuación:

Para estimar la abundancia relativa se aplicará la fórmula:

Abundancia absoluta:

$$A_{i=1...n} = N_i / S \qquad AR_{i=1...n} = \left(\frac{A_i}{\sum A_i} \right) * 100$$

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

La dominancia relativa se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$D_{i=1...n} = Ab_i / S(ha) \qquad DR_{i=1...n} = \left(\frac{D_i}{\sum D_i} \right) * 100$$

Dónde: D_i es la dominancia absoluta, DR_i es la dominancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total, Ab_i es el área de copa de la especie i y S es la superficie de muestreo (ha).

La frecuencia relativa se evaluó con la fórmula:

$$F_i = P_i / NS \qquad FR_i = \left(\frac{F_i}{\sum_{i=1..n} F_i} \right) * 100$$

Donde F_i es la frecuencia absoluta, FR_i es la frecuencia relativa de la especie i respecto a la abundancia total, P_i es el número de sitios en el que está presente la especie i y NS es el número total de sitios de muestreo (ha).

De acuerdo con Lamprecht (1990), el índice de valor de importancia representa una medida de cuantificación para cada especie y se determina con la siguiente fórmula:

$$IVI = Ar + Fr + Dr$$

Dónde: IVI es el Índice de Valor de Importancia, Ar es la abundancia relativa, Fr es la frecuencia relativa y Dr es la dominancia relativa.

Para la estimación de la diversidad de especies se utilizó el índice de Shannon & Wiener (H') (Shannon, 1948). Para aplicar este índice el muestreo debe ser aleatorio y todas las especies de una comunidad vegetal deben de estar presentes en la muestra. El índice se estima mediante la siguiente ecuación:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i * \ln(p_i) \qquad p_i = n_i / N$$

Dónde: P_i es la proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos, \ln es el logaritmo natural, p_i es la proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos, n_i es el número de individuos de la especie i , N es el número de todos los individuos de todas las especies.

La riqueza de especies se estimó mediante el índice de Margalef (Clifford y Stephenson, 1975), el cual es adecuado para el conocimiento de la riqueza de especies en un determinado hábitat, el índice se estima mediante la fórmula:

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

Donde S es el número de especies presentes, \ln es el logaritmo natural y N es el número total de individuos.

Para comparar la similitud entre la vegetación de las diferentes áreas de estudio se utilizará el índice de Jaccard (Magurran, 1988). Se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$I_j = c / (a + b - c)$$

Dónde: a es el número de especies presentes en el sitio a , b es el número de especies presentes en el sitio b y c es el número de especies presentes en ambos sitios a y b .

RESULTADOS

Se registraron un total de 15 familias y 38 especies vegetales tomando en cuentas todas las condiciones por los efectos de los incendios y sus tratamientos. Las familias más sobresalientes de acuerdo con el número de especies que albergaron fueron Fabaceae con 8 especies, Asparagaceae y Fagaceae registraron 5 especies cada una y Asteraceae con 4 especies. En tanto las familias menos representadas fueron: Cupressaceae, Ericaceae, Rosaceae, Juglandaceae, Pinaceae,, las cuales acumularon sólo dos especies por familia; en tanto Anacardiaceae, Apiaceae, Cactaceae, Oleaceae, Solanaceae y Rhamnaceae son representadas por una especie solamente (Tabla 2).

Tabla 2. Listado de familias y especies totales presentes en las distintas áreas de estudio.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Anacardiaceae	<i>Rhus virens</i>	Capulín
Apiaceae	<i>Eryngium longifolium</i>	Hierva del sapo
Asparagaceae	<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla
	<i>Agave</i> sp.	Maguey
	<i>Agave</i> sp2.	Maguey
	<i>Agave striata</i>	Maguey espadín
	<i>Dasyilirion berlandieri</i>	Sotol
Asteraceae	<i>Chrysactinia mexicana</i>	Hierba de San Nicolás
	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Pegajosa
	<i>Parthenium fruticosum</i>	Hoja tiesa
	<i>Peteravenia malvifolia</i>	Margarita hoja de malva
Cactaceae	<i>Opuntia</i> sp.	Nopal
Cupressaceae	<i>Cupressus arizonica</i>	Cedro blanco
	<i>Juniperus flaccida</i>	Cedro
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>	Madroño
	<i>Arctostaphylos pungens</i>	Manzanita
Fabaceae	<i>Acacia angustissima</i>	Guajillo
	<i>Acacia greggii</i>	Uña de gato
	<i>Bauhinia lunarioides</i>	Pata de vaca
	<i>Calliandra conferta</i>	Mimosa
	<i>Dalea bicolor</i>	Dalea
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Vara dulce
	<i>Leucaena</i> sp.	Tepeguaje
	<i>Vachellia farnesiana</i>	Huizache

Fagaceae	<i>Quercus canbyi</i>	Encino Blanco
	<i>Quercus laeta</i>	Encino chino
	<i>Quercus microphylla</i>	Encino roble
	<i>Quercus polymorpha</i>	Encino roble
	<i>Quercus rysophylla</i>	Encino de asta
Juglandaceae	<i>Carya ovata</i>	Nogal encarcelado
	<i>Carya</i> sp.	Nogal
Oleaceae	<i>Fraxinus greggii</i>	Escobilla
Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i>	Pino piñonero
	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pino blanco
Rhamnaceae	<i>Ceanothus caeruleus</i>	Chaquira
Rosaceae	<i>Cercocarpus betuloides</i>	Caoba de la sierra
	<i>Purshia plicata</i>	Rosa de castilla
Solanaceae	<i>Solanum erianthum</i>	Falsa anacahuita

SITIO 1. BOSQUE DE PINO-ENCINO

Área Incendiada Rehabilitada San Juan Bautista

En las áreas que presentan obras de rehabilitación (reforestación) se registraron 10 familias, las cuales incluyeron 18 especies en el estrato arbóreo, arbustivo y regeneración (Tabla 3). Respecto a la densidad de las especies representativas en cada estrato se encontró un total de 103 Ind.ha⁻¹ para el estrato arbóreo, 6409 Ind.ha⁻¹ en el estrato medio y un total de 12,000 Ind.ha⁻¹ de nuevas plántulas establecidas en el estrato bajo. Lo cual representó el 0.56% de los individuos para el estrato alto, el 34.62% de individuos del estrato medio y el 64.82% de los individuos de nuevas plántulas establecidas en el estrato bajo en regeneración (Figura 2). Respecto a la cobertura total brindada al suelo por los estratos evaluados fue de un 88.27% por ha, siendo el estrato bajo medio el que mayor cobertura registró, presentado un porcentaje del 58.51% (5851.42 m². ha⁻¹), el estrato alto brindó una cobertura al suelo del 19.30% por ha (1930.11 m². ha⁻¹), y el estrato bajo o regeneración una cobertura del 10.46% (1045.71 m². ha⁻¹) (Figura 3).

Tabla 3. Listado de familias y especies totales presentes en el Área Incendiada Rehabilitada San Juan Bautista.

Familia	Especie
Anacardiaceae	<i>Rhus virens</i>
Aspargaceae	<i>Agave sp.</i>
	<i>Agave striata</i>
	<i>Dasyilirion berlandieri</i>
Asteraceae	<i>Chrysactinia mexicana</i>
	<i>Gymnosperma glutinosa</i>
Cupressaceae	<i>Juniperus flaccida</i>
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>
	<i>Arctostaphylos pungens</i>
Fabaceae	<i>Calliandra conferta</i>
	<i>Dalea bicolor</i>
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>
	<i>Vachellia farnesiana</i>
Fagaceae	<i>Quercus microphylla</i>
	<i>Quercus canbyi</i>
Oleaceae	<i>Fraxinus greggii</i>
Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i>
Rosaceae	<i>Purshia plicata</i>

Individuos por hectárea en porcentaje

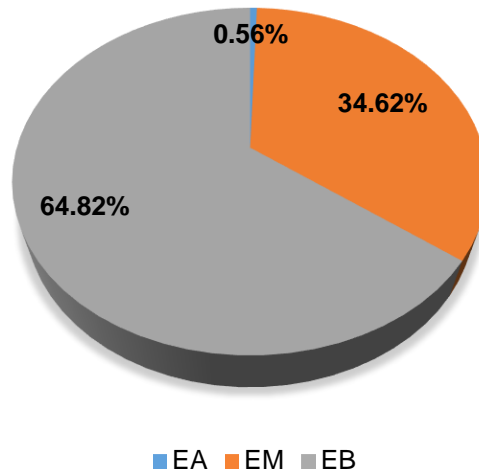


Figura 2. Abundancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo % Área Incendiada Con Rehabilitación–Bosque Encino Pino –San Juan Bautista.

Cobertura por hectárea en porcentaje

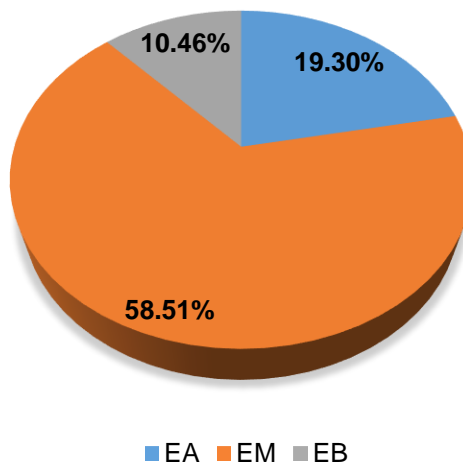


Figura 3. Dominancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo % de cobertura por ha Área Incendiada Con Rehabilitación –Bosque Encino Pino –San Juan Bautista.

Al estimar el valor ecológico de las especies presentes en el sitio, se encontró que el estrato arbóreo (EA) está representado sólo por dos especies, siendo estas *Pinus pseudostrobus* y *Quercus canbyi*, de las cuales la especie predominante en este estrato es *P. pseudostrobus* con un índice de valor de importancia ecológico de 219, esta especie en el sitio se caracteriza por presentar una abundancia relativa del 83%, distribuyéndose en el 71% de los sitios muestreados, esta especie representa una dominancia relativa del 65%, por lo tanto esta especie es la de mayor importancia ecológica para este estrato (Tabla 4).

Tabla 4. Nombre científico, familia y valores de los parámetros ecológicos de las especies presentes en el estrato arbóreo.

Estrato Arbóreo							
Nombre científico	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Valor ecológico
	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios	Fr	Cob. m ² . ha ⁻¹	Dr	IVI
<i>Pinus pseudostrobus</i>	86	83	29	71	116	65	219
<i>Quercus canbyi</i>	17	17	11	29	64	35	81
	103	100	40	100	179	100	300

Nota: NI ha⁻¹=Número de individuos por hectárea; Ar= Abundancia relativa; Fr= Frecuencia relativa; Dr= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia.

A su vez el análisis del estrato medio, mostró que su riqueza la componen 17 especies, de las cuales, dos fueron las más representativas *Dalea bicolor* y *Dasyllirion berlandieri*, las cuales mostraron un valor ecológico de 41 y 40, respectivamente, *Dalea bicolor* tiene un valor de abundancia relativa del 27.92% y una frecuencia relativa en su distribución de un 11%, a su vez *Dasyllirion berlandieri* tiene un valor de abundancia relativa de 24.73% y una frecuencia relativa en su distribución de un de un 12%; otra especie importante en el sitio es *Juniperus fláccida*, la cual presenta el mismo patrón de importancia, con un valor de importancia a ecológico de 30%, el cual está relacionado principalmente a los valores de abundancia relativa de la misma, cuyo valor es de 11.66, y una frecuencia relativa en su distribución del 12%. Respecto a la dominancia relativa, fueron otras las especies que dominaron con su cobertura, estas son *Eysenhardtia polystachya* y *Fraxinus greggii*, cuyos valores de dominancia

relativa fueron de 13.45 y 21.97% respectivamente, sin embargo, por sus valores bajos de abundancia y frecuencia relativa, su valor ecológico no están dentro de las especies principales que conforman la estructura de este estrato (tabla 5).

Tabla 5. Nombre científico, familia y valores de los parámetros ecológicos de las especies presentes en el estrato arbustivo.

Estrato Medio							
Nombre Científico	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Valor ecológico
	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios	Fr	NI ha ⁻¹	Dr	No. Sitios
<i>Agave sp.</i>	57	0.88	23	4	1	0.48	5
<i>Agave striata</i>	23	0.35	11	2	6	2.08	4
<i>Arbutus xalapensis</i>	23	0.35	23	4	19	6.45	10
<i>Arctostaphylos pungens</i>	34	0.53	34	5	17	5.97	12
<i>Calliandra conferta</i>	789	12.19	57	9	0	0.10	21
<i>Dalea bicolor</i>	1,806	27.92	69	11	8	2.68	41
<i>Dasyllirion berlandieri</i>	1,600	24.73	80	12	8	2.64	40
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	23	0.35	11	2	39	13.45	16
<i>Fraxinus greggii</i>	11	0.18	11	2	63	21.97	24
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	11	0.18	11	2	2	0.62	3
<i>Juniperus flaccida</i>	754	11.66	80	12	18	6.06	30
<i>Pinus pseudostrobus</i>	354	5.48	46	7	13	4.54	17
<i>Purshia plicata</i>	377	5.83	34	5	18	6.13	17
<i>Quercus microphylla</i>	91	1.41	34	5	17	5.84	13
<i>Quercus canbyi</i>	194	3.00	69	11	16	5.55	19
<i>Rhus virens</i>	297	4.59	46	7	27	9.43	21
<i>Vachellia farnesiana</i>	23	0.35	11	2	17	6.00	8
	6,469	100	651	100	289	100	300

Nota: NI ha⁻¹=Número de individuos por hectárea; Ar= Abundancia relativa; Fr= Frecuencia relativa; Dr= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia.

Al evaluar la regeneración del sitio se encontraron 10 especies más, mostrando nuevos individuos en el sitio; de las cuales, cinco fueron las más relevantes, tomando como base el índice de valor de importancia ecológico; estas son: *Dasyllirion berlandieri* con un valor de 46, *Dalea bicolor* con 43, *Chrysactinia mexicana* y *Purshia plicata*, ambas con un valor de 37 y *Juniperus flaccida* con valor de 36. Para el caso de *Chrysactinia mexicana*, *Dalea bicolor*, *Dasyllirion berlandieri*, su principal característica es que se presentaron en mayores densidades en el sitio, característica que se refleja en su abundancia relativa

cuyos valores son de 17, 17 y 19 respectivamente. A su vez, dos de estas especies presentaron mayor distribución, lo cual se ve reflejado en los valores de su frecuencia relativa, cuyos valores son de 17 para *Chrysactinia mexicana*, *Dalea bicolor*. En otro orden de ideas, *Juniperus flaccida* y *Purshia plicata* presentaron valores relevantes de dominancia en el sitio de 19 y 20 respectivamente (Tabla 6).

Tabla 6. Nombre científico, familia y valores de los parámetros ecológicos de las especies presentes en el estrato de regeneración.

Regeneración							
Nombre científico	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Valor ecológico
	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios	Fr	NI ha ⁻¹	Dr	No. Sitios
<i>Agave</i> sp.	857	7	571	7	3	1	15
<i>Chrysactinia mexicana</i>	2,000	17	1,429	17	7	3	37
<i>Dalea bicolor</i>	2,000	17	1,429	17	24	9	43
<i>Dasyilirion berlandieri</i>	2,286	19	857	10	43	16	46
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	857	7	286	3	3	1	12
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	857	7	857	10	2	1	18
<i>Juniperus flaccida</i>	857	7	857	10	48	19	36
<i>Purshia plicata</i>	857	7	857	10	52	20	37
<i>Quercus canbyi</i>	857	7	857	10	11	4	22
<i>Rhus virens</i>	571	5	286	3	64	25	33
	12,000	100	8,286	100	258	100	300

Nota: NI ha⁻¹=Número de individuos por hectárea; Ar= Abundancia relativa; Fr= Frecuencia relativa; Dr= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia.

Área Incendiada Sin Rehabilitación San Juan Bautista

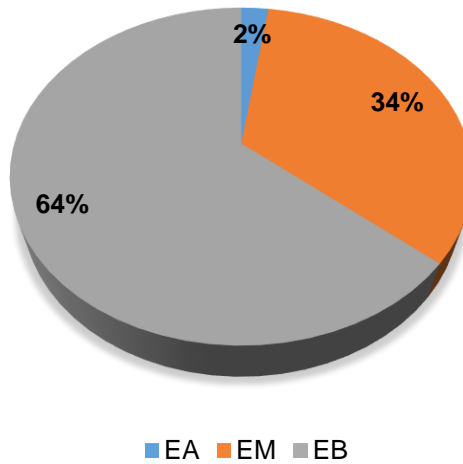
En las áreas muestreadas sin obras de rehabilitación, se registraron un total de 12 familias y 20 especies presentes en los estratos arbóreo, arbustivo y regeneración, siendo la familia más representativa la familia Fabaceae con 4 especies (Tabla 7).

Tabla 7. Familias y especies presentes en el Área Incendiada Sin Rehabilitación – San Juan Bautista

Familia	Especie
Anacardiaceae	<i>Rhus virens</i>
Apiaceae	<i>Eryngium longifolium</i>
Asparagaceae	<i>Agave</i> sp.
	<i>Dasyllirion berlandieri</i>
Asteraceae	<i>Gymnosperma glutinosa</i>
Cactaceae	<i>Opuntia</i> sp.
Cupressaceae	<i>Cupressus arizonica</i>
	<i>Juniperus flaccida</i>
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>
	<i>Arctostaphylos pungens</i>
Fabaceae	<i>Acacia angustissima</i>
	<i>Calliandra conferta</i>
	<i>Dalea bicolor</i>
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>
Fagaceae	<i>Quercus laeta</i>
	<i>Quercus polymorpha</i>
Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i>
Rosaceae	<i>Cercocarpus betuloides</i>
	<i>Purshia plicata</i>
Solanaceae	<i>Solanum erianthum</i>

Respecto a la densidad de las especies representativas en cada estrato se encontró un total de 1,409 individuos por hectárea para el estrato arbóreo, 7,280 en el estrato medio y un total de 13,714 plántulas nuevas establecidas en el estrato bajo. Estos valores representan el 2% de los individuos para el estrato alto, el 34% del estrato medio y el 64% de nuevas plántulas establecidas en el estrato bajo como regeneración (Figura 4).

Individuos por hectárea en porcentaje

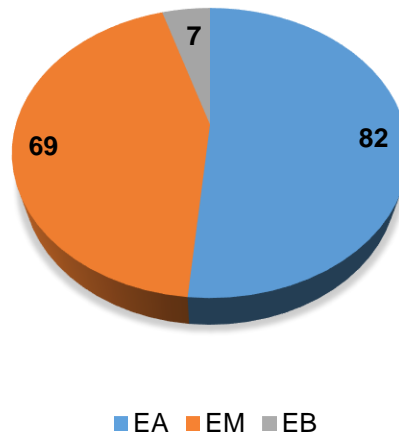


Nota: EA= Estrato arbóreo; EM= Estrato Medio; Estrato Bajo

Figura 4. Abundancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo % Área Incendiada Sin Rehabilitación – Bosque Encino Pino – San Juan Bautista.

Respecto a la cobertura brindada al suelo por cada uno de los estratos evaluados, la cobertura total fue de un 158.37% por ha, siendo el estrato alto el que contribuyó con mayor cobertura, con un porcentaje del 82% ($8,152.22 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), el estrato medio brindó una cobertura al suelo del 69% por ha ($6,936 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), y el estrato bajo o regeneración una cobertura del 7% ($749.02 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) (Figura 5).

Porcentaje de Cobertura por hectárea



Nota: EA= Estrato arbóreo; EM= Estrato Medio; Estrato Bajo

Figura 5. Dominancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo % de cobertura por ha Área Incendiada Sin Rehabilitación – Bosque Encino Pino – San Juan Bautista.

Al determinar el valor ecológico de las especies presentes en el sitio, se encontró que el estrato arbóreo (EA) está representado solo por cinco especies, de las cuales *Pinus pseudostrobus* y *Quercus canbyi* fueron las más importantes con un valor ecológico de 96 y 113 respectivamente. *Quercus canbyi* en el sitio se caracterizó por presentar una abundancia relativa de 52, y una distribución importante en los sitios de muestreo; el valor de frecuencia relativa es de 43.75; otra especie relevante es *Pinus pseudostrobus* con un valor ecológico de 96, esta especie se caracterizó por presentar una abundancia relativa del 41 ya que está representada por una densidad de 200 individuos por hectárea y una frecuencia relativa de 37.5 dada por su distribución, caso contrario *Juniperus flaccida* registró un valor de importancia ecológica bajo de 42, su relevancia es que presenta una dominancia relativa de 34, visiblemente mayor que la representadas por *Quercus canbyi* y *Pinus pseudostrobus* (Tabla 8).

Tabla 8. Descripción de los valores ecológicos de las especies presentes en el estrato arbóreo del área incendiada sin rehabilitación.

Estrato arbóreo							
Nombre científico	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Valor ecológico
	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios	Fr	NI ha ⁻¹	Ar	IVI
<i>Arbutus xalapensis</i>	23	5	6	6.25	88	16	27
<i>Juniperus flaccida</i>	6	1	6	6.25	186	34	42
<i>Pinus pseudostrobus</i>	200	41	34	37.5	96	18	96
<i>Quercus polymorpha</i>	6	1	6	6.25	81	15	22
<i>Quercus canbyi</i>	257	52	40	43.75	92	17	113
	491	100	91	100	544	100	300

Nota: NI ha⁻¹=Número de individuos por hectárea; Ar= Abundancia relativa; Fr= Frecuencia relativa; Dr= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia.

A su vez, el estrato medio, su riqueza y estructura la constituyeron 19 especies, de la cuales siete, fueron las más representativas, de acuerdo con su valor ecológico, estas especies son *Eryngium longifolium*, cuyo valor fue de 36, su principal parámetro ecológico es su abundancia relativa con un valor de 27, seguida de *Calliandra conferta* con un valor de 27, su principal parámetro ecológico es su abundancia relativa con un valor de 15, *Dalea bicolor* y *Rhus virens* registraron un valor de importancia de 24 y su principal parámetro ecológico es su abundancia relativa valores de 13 y 11 respectivamente; *Arctostaphylos pungens* con un valor de importancia ecológico de 23, del cual la dominancia relativa es la más relevante con un valor de 11, por último la otra especie relevante es *Quercus canby* con un índice de valor ecológico de 22, y el parámetro ecológico sobresaliente es su dominancia relativa con un valor de 11 (Tabla 9).

Tabla 9. Descripción de los valores ecológicos de las especies presentes en el estrato arbustivo del área incendiada sin rehabilitación

Estrato arbustivo							
Nombre científico	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Valor ecológico
	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios	Fr	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios
<i>Acacia angustissima</i>	11	0	11	1	19	7	8
<i>Agave</i> sp.	503	7	57	7	6	2	16
<i>Arbutus xalapensis</i>	57	1	46	5	26	9	15
<i>Arctostaphylos pungens</i>	343	5	69	8	30	11	23
<i>Calliandra conferta</i>	1063	15	46	5	20	7	27
<i>Cercocarpus betuloides</i>	171	2	46	5	13	5	12
<i>Cupressus arizonica</i>	160	2	46	5	13	5	12
<i>Dalea bicolor</i>	937	13	80	9	6	2	24
<i>Dasyllirion berlandieri</i>	754	10	69	8	7	3	21
<i>Eryngium longifolium</i>	1954	27	69	8	2	1	36
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	91	1	34	4	9	3	8
<i>Juniperus flaccida</i>	69	1	46	5	9	3	10
<i>Opuntia</i> sp.	11	0	11	1	18	6	8
<i>Pinus pseudostrobus</i>	23	0	23	3	6	2	5
<i>Purshia plicata</i>	23	0	11	1	16	6	7
<i>Quercus laeta</i>	34	0	34	4	27	10	14
<i>Quercus canbyi</i>	240	3	69	8	31	11	22
<i>Rhus virens</i>	766	11	69	8	17	6	24
<i>Solanum erianthum</i>	69	1	23	3	5	2	5
	7,280	100	857	100	279	100	300

Nota: NI ha⁻¹=Número de individuos por hectárea; Ar= Abundancia relativa; Fr= Frecuencia relativa; Dr= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia.

Al evaluar la regeneración del sitio, se encontraron 8 especies por el establecimiento de nuevos individuos en el sitio, siendo cuatro las especies más relevantes, en cuanto a su establecimiento en base a su índice de valor de importancia ecológica; estas especies son *Dalea bicolor* con un valor de 78, *Rhus virens* con un índice de valor de importancia de 62, *Dasyllirion berlandieri* con un valor de importancia de 57 y *Calliandra conferta* con un valor de importancia ecológica de 43. Para el caso de *Dalea bicolor*, sus principales parámetros ecológicos que la caracterizan son su abundancia relativa con un valor de 42 y su frecuencia relativa cuyo valor es de 35; en tanto, *Rhus virens* presentó una dominancia relativa de 48, *Dasyllirion berlandieri* presentó una dominancia

relativa de 28, por último, *Calliandra conferta* registró valores de abundancia y frecuencia relativas con valor de 15 (Tabla 10).

Tabla 10. Descripción de los valores ecológicos de las especies presentes en el estrato de regeneración del área incendiada sin rehabilitación.

Regeneración							
Nombre científico	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Valor ecológico
	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios	Fr	NI ha ⁻¹	Ar	IVI
<i>Acacia angustissima</i>	286	2	286	5	1	1	8
<i>Calliandra conferta</i>	2,000	15	857	15	22	13	43
<i>Dalea bicolor</i>	5,714	42	2,000	35	3	2	78
<i>Dasyllirion berlandieri</i>	2,000	15	857	15	45	28	57
<i>Eryngium longifolium</i>	1,429	10	571	10	11	7	27
<i>Gymnosperma glutinosa</i>	857	6	286	5	2	1	13
<i>Quercus canbyi</i>	857	6	286	5	0	0	12
<i>Rhus virens</i>	571	4	571	10	78	48	62
	13,714	100	5,714	100	163	100	300

Nota: NI ha⁻¹=Número de individuos por hectárea; Ar= Abundancia relativa; Fr= Frecuencia relativa; Dr= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia.

SITIO 2. BOSQUE DE ENCINO-PINO

Área Incendiada Rehabilitada Ciénega de González

En el sitio de muestreo de bosque de pino-encino se registraron un total de 9 familias y 17 especies, las familias dominantes en el sitio fueron la familia Fabaceae, Fagaceae y Aspargaceae con 3 especies y la familia Ericaceae y Asteraceae con dos especies cada una, lo que indica la uniformidad de este ecosistema y de las especies que representan dichas familias taxonómicas en el sitio (Tabla 11).

Tabla 11. Familias y especies presentes en el Área Incendiada Con Rehabilitación-Bosque Pino Encino-Ciénega de González

Familias	Nombre Científico
Fabaceae	<i>Acacia greggii</i>
	<i>Dalea bicolor</i>
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>
Aspargaceae	<i>Agave hoja ondulada</i>
	<i>Agave sp.</i>
	<i>Dasyilirion berlandieri</i>
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>
	<i>Arctostaphylos pungens</i>
Juglandaceae	<i>Carya sp.</i>
Apiaceae	<i>Eryngium longifolium</i>
Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i>
Fagaceae	<i>Quercus polymorpha</i>
	<i>Quercus rysophylla</i>
	<i>Quercus canbyi</i>
Asteraceae	<i>Parthenium fruticosum</i>
	<i>Peteravenia malvifolia Sp. 3</i>
Rhamnaceae	<i>Ceanothus caeruleus</i>

La densidad de individuos por hectárea fue de 171 en el estrato alto, representando un 3.98 %, en el estrato medio se registraron 4126 ind. ha⁻¹ representando 96.02%; en el estrato considerado como regeneración no se encontraron nuevas plantas.

Al realizar la evaluación del sitio para los estratos presentes en el área incendiada con rehabilitación, el estrato alto estuvo representado por 4 especies de las

cuales 3 especies fueron encinos y una de pino; la especie *Pinus pseudostrobus* es la especie representativa en este estrato ya que tiene un índice de valor importancia de 131, *Quercus polymorpha* es la segunda especie más relevante con un índice de valor de importancia de 69, *Quercus rysophylla* presenta un valor ecológico de 56 y *Quercus canbyi* con un valor ecológico de 45 (Tabla 12).

Tabla 12. Descripción de los valores ecológicos de las especies presentes en el estrato alto del área incendiada con rehabilitación.

Estrato Alto							
Nombre Científico	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Valor ecológico
	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios	Fr	NI ha ⁻¹	Ar	IVI
<i>Pinus pseudostrobus</i>	97	57	34	46	208	28	131
<i>Quercus polymorpha</i>	11	7	11	15	352	47	69
<i>Quercus rysophylla</i>	17	10	17	23	169	23	56
<i>Quercus canbyi</i>	46	27	11	15	22	3	45
	171	100	74	100	751	100	300

Nota: NI ha⁻¹=Número de individuos por hectárea; Ar= Abundancia relativa; Fr= Frecuencia relativa; Dr= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia.

El estrato medio, su estructura la componen 16 especies, de la cuales ocho fueron las especies más representativas según su valor ecológico. Las especies que presentaron los valores más altos fueron *Quercus canbyi* con un valor ecológico de 42, *Dasyllirion berlandieri* con 38, la especie *Parthenium fruticosum* presenta un valor de 29, el resto de las especies presentan valores que oscilan entre 20 y 23 (Tabla 13). Cabe destacar que, por las características del sitio y su condición, no se encontraron especies presentes al evaluar la regeneración en el sitio de muestreo.

Tabla 13. Descripción de los valores ecológicos de las especies presentes en el estrato medio del área incendiada con rehabilitación.

Estrato medio							
Nombre científico	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Valor ecológico
	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios	Fr	NI ha ⁻¹	Dr	No. Sitios
<i>Acacia greggii</i>	11	0.28	11	2	4	2	4
<i>Agavehoja ondulada</i>	11	0.28	11	2	0.14	0.07	2
<i>Agave sp</i>	309	7	57	9	9	5	21
<i>Arbutus xalapensis</i>	80	2	23	4	12	6	12
<i>Arctostaphylos pungens</i>	217	5	57	9	13	7	21
<i>Carya ovata</i>	23	1	11	2	13	7	9
<i>Dalea bicolor</i>	343	8	69	11	3	2	20
<i>Dasyllirion berlandieri</i>	823	20	80	12	11	6	38
<i>Eryngium longifolium</i>	126	3	57	9	8	4	16
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	400	10	34	5	13	7	22
<i>Quercus polymorpha</i>	23	1	23	4	19	10	14
<i>Quercus rysophylla</i>	114	3	46	7	12	6	16
<i>Quercus canbyi</i>	857	21	80	12	17	9	42
<i>Ceanothus caeruleus</i>	57	1	34	5	32	17	23
<i>Parthenium fruticosum</i>	629	15	34	5	17	9	29
<i>Peteravenia malvifolia</i>	103	2	23	4	8	4	10
	4,126	100	651	100	188	100	300

Nota: NI ha⁻¹=Número de individuos por hectárea; Ar= Abundancia relativa; Fr= Frecuencia relativa; Dr= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia.

Respecto a la densidad de las especies representativas en cada estrato se encontró un total de 171 individuos por hectárea para el estrato arbóreo, 4,126 en el estrato medio y no se encontraron plántulas nuevas establecidas en el estrato bajo. Estos valores representan el 3.98% de los individuos para el estrato alto, el 96.02% del estrato medio (Figura 6).

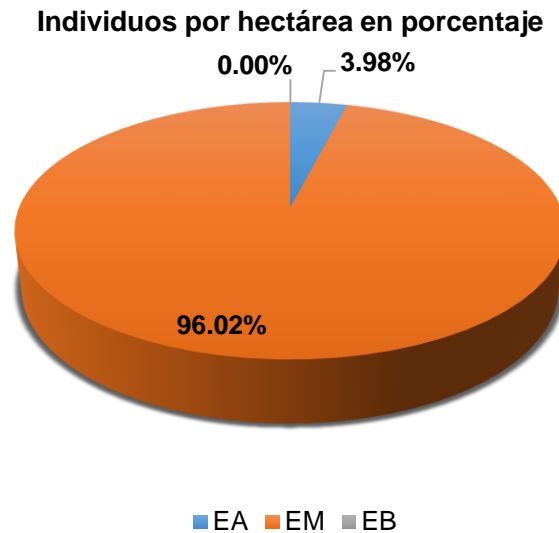


Figura 6. Abundancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo, expresado en porcentaje Área Incendiada Con Rehabilitación-Bosque Pino Encino-Ciénega de González.

Respecto a la cobertura brindada al suelo por cada uno de los estratos evaluados, la cobertura total de los estratos evaluados fue de un 91% por ha, siendo similares los porcentajes de cobertura para los dos estratos, con un porcentaje del 49% el estrato alto ($4,927.37 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), el estrato medio brindó una cobertura al suelo del 42% por ha ($4,204.11 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), y el estrato bajo o regeneración no presentó cobertura alguna (Figura 7).

Cobertura por hectárea en porcentaje

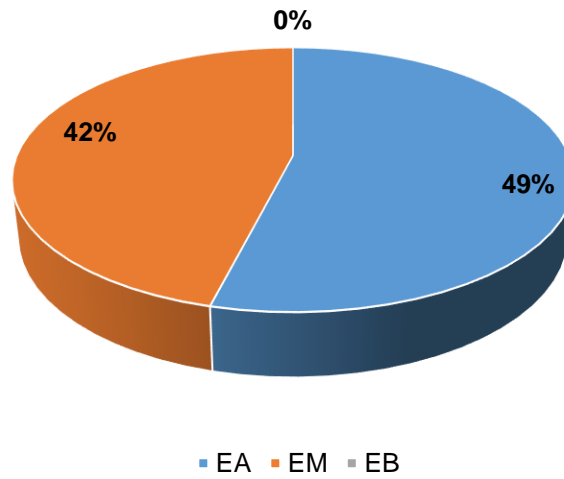


Figura 7. Dominancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo % de cobertura por ha Área Incendiada Con Rehabilitación-Bosque Pino Encino-Ciénega de González.

Área Incendiada Sin Rehabilitación

En el sitio de muestreo de bosque de pino-encino sin rehabilitación, se registraron un total de 9 familias y 16 especies, las familias más representativas fueron Fagaceae con 4 especies del género *Quercus*, Fabaceae con 3 y Aspargaceae y Ericaceae con dos especies cada una (Tabla 14).

Tabla 14. Familias y especies presentes en el Área Incendiada Sin Rehabilitación-Bosque Pino Encino-Ciénega de González.

Familias	Nombre científico
Anacardiaceae	<i>Rhus virens</i>
Apiaceae	<i>Eryngium longifolium</i>
Asparagaceae	<i>Agave</i> sp.
	<i>Dasyllirion berlandieri</i>
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>
	<i>Arctostaphylos pungens</i>
Fabaceae	<i>Dalea bicolor</i>
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>
	<i>Leucaena</i> sp.
Fagaceae	<i>Quercus canbyi</i>
	<i>Quercus laeta</i>
	<i>Quercus polymorpha</i>
	<i>Quercus risophylla</i>
Juglandaceae	<i>Carya</i> sp.
Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i>
Rocaceae	<i>Cercocarpus betuloides</i>

La densidad de plantas fue de 480 individuos por hectárea (Tabla 15), en el estrato alto representando el 2.69%. El área incendiada sin rehabilitación, se caracteriza porque, en el estrato alto predomina una especie de pino, *Pinus pseudostrobus*, siendo ésta la especie más importante según su índice de valor importancia ecológica con un valor de 155; cabe destacar que las otras especies que constituyeron la estructura del estrato alto fueron 4 especies diferentes de encinos *Quercus canbyi*, *Quercus laeta*, *Quercus polymorpha* y *Quercus risophylla*; estas presentaron un índice de valor de importancia de 47, 29, 34, 36, respectivamente.

Las principales características desde el punto de vista ecológico de las especies presentes en el estrato alto fueron para *Pinus pseudostrobus* ya que presentó una frecuencia relativa de 83, los valores ecológicos que distinguen a *Quercus canbyi* son su frecuencia y su dominancia en el sitio presentando valores de 20 y 18 respectivamente. Para el caso de *Quercus laeta* su principal característica

ecológica es su dominancia relativa con valor de 21, por último, la especie *Quercus rysophylla* presentó una dominancia relativa de 20 (Tabla 15).

Tabla 15. Especie y parámetros ecológicos del estrato alto u arbóreo sin rehabilitación.

Estrato Arbóreo							
Nombre Científico	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Valor ecológico
	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios	Fr	NI ha ⁻¹	Dr	No. Sitios
<i>Pinus pseudostrobus</i>	400	83	40	47	173	25	155
<i>Quercus canbyi</i>	40	8	17	20	127	18	47
<i>Quercus laeta</i>	6	1	6	7	147	21	29
<i>Quercus polymorpha</i>	23	5	11	13	108	15	34
<i>Quercus rysophylla</i>	11	2	11	13	140	20	36
	480	100	86	100	695	100	300

Nota: NI ha⁻¹=Número de individuos por hectárea; Ar= Abundancia relativa; Fr= Frecuencia relativa; Dr= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia.

En el estrato medio estuvo representado por 2,480 ind. ha⁻¹ (Tabla 16), lo que representó el 13.29%, su estructura la componen 13 especies, de la cuales seis fueron las especies que presentaron los valores más altos, *Quercus canbyi* con un valor ecológico de 43, *Arctostaphylos pungens* con un valor de 40, *Pinus pseudostrobus* con un valor de 35, *Dasyliirion berlandieri* con un valor de 33 y las especies *Eysenhardtia polystachya* y *Rhus virens* con índice de valor de importancia de 25. Las especies más representativas en el sitio para el estrato medio presentan diferentes patrones en sus características ecológicas, *Quercus canbyi* presentó valor similar en las tres variables con una abundancia relativa de 16, una frecuencia relativa de 14 y una dominancia relativa de 13, *Arctostaphylos pungens* las variables más relevantes fueron la abundancia relativa con un valor de 17 y una frecuencia relativa de 14, *Pinus pseudostrobus* su principal variable ecológica es su cobertura con una dominancia relativa de 33, *Eysenhardtia polystachya* su densidad es la más relevante con un valor de 11 de abundancia relativa y *Rhus virens* se caracterizó por presentar valores importantes en su abundancia y su dominancia relativa con valores de 11 y 15 respectivamente (Tabla 16).

Tabla 16. Especie y parámetros ecológicos del estrato medio o arbustivo en el área sin rehabilitación.

Estrato Arbustivo							
Nombre Científico	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Valor ecológico
	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios	Fr	NI ha ⁻¹	Dr	No. Sitios
<i>Agave</i> sp.	160	6	46	8	5	2	17
<i>Arbutus xalapensis</i>	34	1	34	6	20	8	16
<i>Arctostaphylos pungens</i>	423	17	80	14	20	8	40
<i>Cercocarpus betuloides</i>	57	2	34	6	11	5	13
<i>Dalea bicolor</i>	91	4	23	4	4	2	9
<i>Dasyllirion berlandieri</i>	469	19	57	10	8	3	33
<i>Eryngium longifolium</i>	251	10	57	10	1	0	21
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	263	11	57	10	9	4	25
<i>Pinus pseudostrobus</i>	23	1	11	2	78	33	35
<i>Quercus polymorpha</i>	23	1	11	2	22	9	12
<i>Quercus rysophylla</i>	34	1	23	4	16	7	12
<i>Quercus canbyi</i>	389	16	80	14	31	13	43
<i>Rhus virens</i>	263	11	46	8	15	6	25
	2,480	100	560	100	240	100	300

Nota: NI ha⁻¹=Número de individuos por hectárea; Ar= Abundancia relativa; Fr= Frecuencia relativa; Dr= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia.

Al evaluar la regeneración o estrato bajo se estimaron 14,857 ind. ha⁻¹ (Tabla 17) que corresponde a 83.39% (Figura 8); asimismo, se identificaron 9 especies; de estas, cuatro son las de mayor importancia ecológicamente, *Leucaena* sp., es la especie más relevante ya que presentó un índice de valor de importancia de 64, seguida de *Arctostaphylos pungens* con un valor de importancia de 54, en tanto *Quercus canbyi* 47 y *Eysenhardtia polystachya* 41. Estas especies se caracterizaron por presentar diferentes valores en su variable ecológica, *Leucaena* sp., su principal característica es su abundancia en el sitio estimándose 5,714 ind. ha⁻¹, una abundancia relativa de 38 y una frecuencia relativa de 18, *Arctostaphylos pungens* presentó una abundancia estimada de 3,715 ind. ha⁻¹ con un valor de abundancia relativa de 25 y una frecuencia relativa de 23; *Quercus canbyi* se caracterizó por presentar una abundancia estimada de 1,429 ind. ha⁻¹ y una abundancia relativa de 10, una frecuencia relativa de 14 y

un valor de dominancia relativa de 23, *Eysenhardtia polystachya* sus variables ecológicas relevantes son su frecuencia relativa con un valor de 14 y su dominancia relativa con un valor de 20 (Tabla 17).

Tabla 17. Especie y parámetros ecológicos del estrato bajo o regeneración en el área sin rehabilitación.

Nombre Científico	Regeneración						
	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Valor ecológico
	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios	Fr	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios
<i>Arctostaphylos pungens</i>	3714	25	1429	23	6	6	54
<i>Carya</i> sp.	286	2	286	5	16	15	22
<i>Dasyllirion berlandieri</i>	286	2	286	5	1	1	8
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	1,143	8	857	14	21	20	41
<i>Leucaena</i> sp.	5,714	38	1,143	18	7	7	64
<i>Pinus pseudostrobus</i>	1,143	8	571	9	0.31	0.30	17
<i>Quercus canbyi</i>	1,429	10	857	14	24	23	47
<i>Quercus risophyla</i>	857	6	571	9	10	9	24
<i>Rhus virens</i>	286	2	286	5	19	18	25
	14,857	100	6,286	100	104	100	300

Nota: NI ha⁻¹=Número de individuos por hectárea; Ar= Abundancia relativa; Fr= Frecuencia relativa; Dr= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia.

Individuos por hectárea en porcentaje

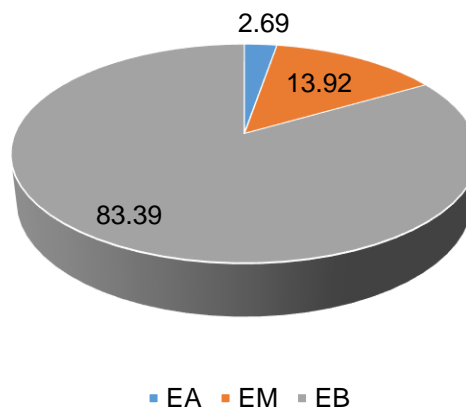


Figura 8. Abundancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo, expresado en porcentaje. Área Incendiada Sin Rehabilitación-Bosque Pino Encino –Ciénega de González.

La cobertura brindada en los diferentes estratos altitudinales por la vegetación es de 139% el estrato alto, 32% el estrato medio y 5% el estrato bajo o regeneración, los cuales brindan un total del 175% de cobertura al suelo (Figura 9).

Porcentaje de cobertura por hectárea

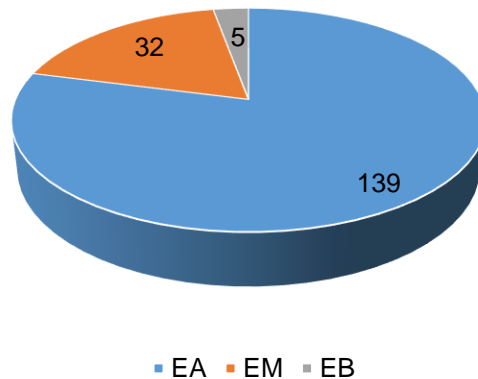


Figura 9. Dominancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo, porcentaje de cobertura por ha Área Incendiada Sin Rehabilitación –Bosque Pino Encino –Ciénega de González.

SITIO 3. ÁREA NATURAL

En el área natural (testigo), la composición de la vegetación estuvo representada por 11 familias y 18 especies en los tres estratos, las familias más representativas fueron Fagaceae con 3 especies del género *Quercus*, Fabaceae con 3 especies de 3 géneros diferentes, la familia Pinaceae, Asparagaceae y Cupressaceae con 2 especies cada una (Tabla 18).

Tabla 18. Familias y especies presentes en el Área Natural.

Familia	Especie
Anacardiaceae	<i>Rhus virens</i>
Apiaceae	<i>Eryngium longifolium</i>
Asparagaceae	<i>Agave lechuguilla</i>
	<i>Agave</i> sp.
Asteraceae	<i>Gymnosperma glutinosum</i>
Cactaceae	<i>Opuntia</i> sp.
Cupressaceae	<i>Cupressus arizonica</i>
	<i>Juniperus flaccida</i>
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>
Fabaceae	<i>Bauhinia lunarioides</i>
	<i>Calliandra conferta</i>
	<i>Vachellia farnesiana</i>
Fagaceae	<i>Quercus laeta</i>
	<i>Quercus polymorpha</i>
	<i>Quercus canbyi</i>
Juglandaceae	<i>Carya ovata</i>
Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i>
	<i>Pinus pseudostrobus</i>

La cantidad de individuos presentes en el área natural, en cada uno de los estratos se representa de la siguiente manera: en el estrato alto se estimaron 669 individuos por hectárea que corresponde al 4.08%, en el estrato medio 10,000 ind. ha⁻¹ representando el 61.04% y en el estrato bajo o regeneración se estimaron un total de 5,714 ind. ha⁻¹ que corresponde al 34.88% (Figura 10).

Porcentaje de Individuos por hectárea

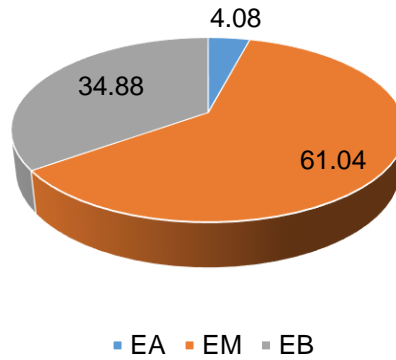


Figura 10. Abundancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo en porcentaje del Área Natural.

La cobertura brindada en los diferentes estratos altitudinales por la vegetación, para el estrato alto es de 146%, el estrato medio es de un 20% y el estrato bajo o regeneración es de 5%, estas tres coberturas brindan un total de 171% de cobertura al suelo (Figura 11).

Porcentaje de cobertura por hectárea

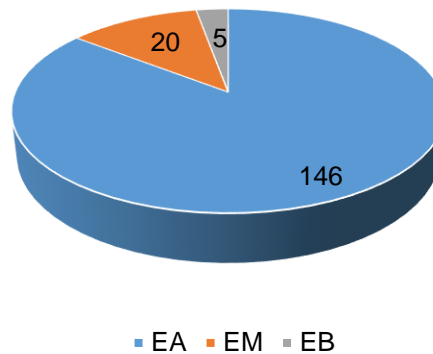


Figura 11. Dominancia de la comunidad vegetal por estrato arbóreo en porcentaje de cobertura por ha Área Natural.

El área natural (testigo) riqueza del estrato alto la componen 7 especies, siendo cuatro de ellas las más relevantes ecológicamente, la más sobresaliente es *Pinus pseudostrobus* y presenta un índice de valor ecológico de 125, otras especies con valores similares son *Quercus canbyi* y *Quercus polymorpha* con valores de importancia de 45 y 42 respectivamente, otra especie relevante en este muestreo que *Carya ovata* con un índice de valor de importancia de 35. Dentro de las variables ecológicas que destacan a estas especies son la abundancia relativa para *Pinus pseudostrobus* con un valor de 79 y una frecuencia relativa de 35; para *Quercus canbyi* destacan su frecuencia y su dominancia relativa con valores de 20 y 14 respectivamente; *Quercus polymorpha*, la variable sobresale la dominancia relativa con un valor de 30 y *Carya ovata* que exhibe una dominancia y frecuencia de 17 y 15 respectivamente (Tabla 19).

Tabla 19. Especie y parámetros ecológicos del estrato alto u arbóreo del área natural.

Estrato Arbóreo							
Nombre Científico	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Valor ecológico
	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios	Fr	NI ha ⁻¹	Dr	No. Sitios
<i>Arbutus xalapensis</i>	6	1	6	5	58	6	11
<i>Bauhinia lunarioides</i>	6	1	6	5	163	16	22
<i>Carya ovata</i>	23	3	17	15	171	17	35
<i>Juniperus flaccida</i>	23	3	11	10	69	7	20
<i>Pinus pseudostrobus</i>	526	79	40	35	117	11	125
<i>Quercus polymorpha</i>	17	3	11	10	309	30	42
<i>Quercus canbyi</i>	69	10	23	20	149	14	45
	669	100	114	100	1037	100	300

Nota: NI ha⁻¹=Número de individuos por hectárea; Ar= Abundancia relativa; Fr= Frecuencia relativa; Dr= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia.

El estrato medio, está compuesto por 14 especies de las cuales 6 son las de mayor importancia ecológica, observándose valores en el rango de 26 a 42 en el índice de valor de importancia; la especie más importante es *Quercus canbyi* con un índice de valor de importancia de 42, *Pinus pseudostrobus* con un valor de importancia de 35, *Cupressus arizonica* y *Eryngium longifolium*, ambas, tienen un índice de valor de importancia de 33 (Tabla 20).

Tabla 20. Especie y parámetros ecológicos del estrato medio y arbustivo del área natural.

Estrato Arbustivo							
Nombre Científico	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Valor ecológico
	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios	Fr	NI ha ⁻¹	Dr	No. Sitios
<i>Agave lechuguilla</i>	155	2	6	3	0.42	0.17	4
<i>Agave sp.</i>	1,473	15	23	10	3	1	26
<i>Arbutus xalapensis</i>	78	1	6	3	25	10	14
<i>Bauhinia lunarioides</i>	78	1	6	3	17	7	10
<i>Calliandra conferta</i>	465	5	11	5	28	11	21
<i>Carya ovata</i>	1,085	11	11	5	16	6	22
<i>Cupressus arizonica</i>	543	5	23	10	43	18	33
<i>Eryngium longifolium</i>	2,558	26	17	8	1	0.22	33
<i>Opuntia sp.</i>	233	2	17	8	1	1	11
<i>Pinus cembroides</i>	78	1	6	3	10	4	7
<i>Pinus pseudostrobus</i>	1,008	10	34	15	22	9	35
<i>Quercus canbyi</i>	1,473	15	29	13	35	14	42
<i>Rhus virens</i>	698	7	29	13	24	10	30
<i>Vachellia farnesiana</i>	78	1	6	3	19	8	11
	10,000	100	223	100	245	100	300

Nota: NI ha⁻¹=Número de individuos por hectárea; Ar= Abundancia relativa; Fr= Frecuencia relativa; Dr= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia.

Las especies establecidas en el estrato bajo (regeneración) son 6, de las cuales 4 son las más importantes ecológicamente; *Quercus canbyi* es la especie con un valor mayor de importancia de 93, seguida de *Rhus virens* con un valor de 92, *Quercus laeta* con un valor de 41 y *Carya ovata* que registró un valor de 40 (Tabla 21).

Tabla 21. Especie y parámetros ecológicos del estrato bajo o regeneración del área natural.

Nombre Científico	Regeneración						
	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Valor ecológico
	NI ha ⁻¹	Ar	No. Sitios	Fr	NI ha ⁻¹	Dr	No. Sitios
<i>Calliandra conferta</i>	286	5	286	7	7	4	16
<i>Carya ovata</i>	1,143	20	571	14	10	6	40
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	571	10	286	7	2	1	18
<i>Quercus laeta</i>	1,429	25	571	14	2	1	41
<i>Quercus canbyi</i>	2,000	35	2,000	50	14	8	93
<i>Rhus virens</i>	286	5	286	7	144	80	92
	5,714	100	4,000	100	180	100	300

Nota: NI ha⁻¹=Número de individuos por hectárea; Ar= Abundancia relativa; Fr= Frecuencia relativa; Dr= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia.

Diversidad de las especies presentes en el área de estudio.

Al realizar el análisis de la diversidad de especies mediante el uso del índice de Shannon y Wiener, se encontró que los valores de los sitios son similares, estos se encuentran en un rango de 2.773 a 3.045, siendo el sitio con mayor diversidad el área incendiada sin rehabilitación Bosque Encino Pino - San Juan Bautista, y el sitio con menor diversidad es el área incendiada sin rehabilitación Bosque Pino Encino – Ciénega de González (Tabla 22)

Tabla 22. Índices de diversidad en los sitios de muestreo.

Índices de diversidad					
	AICR-BEP-SJB	AICR-BPE-CG	AISR-BEP-SJB	AISR-BPE-CG	Área Natural
Índ. Shannon	2.89	2.83	3.05	2.77	2.83

Nota: AICR-BEP-SJB= Área Incendiada Con Rehabilitación – Bosque Encino Pino – San Juan Bautista; AICR-BPE-CG = Área Incendiada Con Rehabilitación – Bosque Pino Encino – Ciénega de González; AISR-BEP-SJB = Área Incendiada Sin Rehabilitación – Bosque Encino pino – San Juan Bautista; AISR-BPE-CG = Área Incendiada Sin rehabilitación – Bosque Pino Encino – Ciénega de González

Riqueza de especies en el área de estudio.

Los valores del índice de riqueza de Margalef para los sitios evaluados, se encontraron en un rango desde 5.41 a 6.59, siendo el sitio área incendiada sin rehabilitación Bosque Encino Pino – San Juan Bautista el que mayor riqueza

presentó, y el sitio área incendiada sin rehabilitación de Bosque Pino Encino – Ciénega de González la que mostró menor riqueza (Tabla 23).

Tabla 23. Riqueza de especies presente en los sitios de muestreo.

Riqueza de especies					
	AICR-BEP-SJB	AICR-BPE-CG	AISR-BEP-SJB	AISR-BPE-CG	Área Natural
Margalef	5.882	5.647	6.569	5.41	5.647

Nota: AICR-BEP-SJB= Área Incendiada Con Rehabilitación – Bosque Encino Pino – San Juan Bautista; AICR-BPE-CG = Área Incendiada Con Rehabilitación – Bosque Pino Encino – Ciénega de González; AISR-BEP-SJB = Área Incendiada Sin Rehabilitación – Bosque Encino pino – San Juan Bautista; AISR-BPE-CG = Área Incendiada Sin rehabilitación – Bosque Pino Encino – Ciénega de González

Similitud de las especies presentes en el área de estudio.

Para conocer la similitud de especies que presentaron los sitios de muestreo se utilizó el Índice de Similitud de Especies de Jaccard, registrando un valor de 0.571 entre el área incendiada sin rehabilitación de Bosque Pino Encino – Ciénega de González y el área incendiada con rehabilitación Bosque Pino Encino – Ciénega de González; una similitud del 0.5 entre el área incendiada sin rehabilitación Bosque Encino Pino – San Juan Bautista y el área incendiada con rehabilitación del Bosque Encino Pino – San Juan Bautista, sólo el área natural o testigo tienen una similitud del 0.40 con el área incendiada sin rehabilitación del Bosque Encino Pino – San Juan Bautista; con respecto al resto de los sitios, los valores obtenidos con el índice se encuentran entre un 0.21 a un 0.32 (Tabla 24).

Tabla 24. Índice de similitud y distancia entre los sitios de muestreo.

Índice de similitud y distancia					
Jaccard					
	AICR-BEP-SJB	AICR-BPE-CG	AISR-BEP-SJB	AISR-BPE-CG	Área Natural
AICR-BEP-SJB	1	0.2963	0.5	0.36	0.2963
AICR-BPE-CG		1	0.31034	0.57143	0.21429
AISR-BEP-SJB			1	0.48	0.40741
AISR-BPE-CG				1	0.32
Área Natural					1

Nota: AICR-BEP-SJB= Área Incendiada Con Rehabilitación – Bosque Encino Pino – San Juan Bautista; AICR-BPE-CG = Área Incendiada Con Rehabilitación – Bosque Pino Encino – Ciénega de González; AISR-BEP-SJB = Área Incendiada Sin Rehabilitación – Bosque Encino pino – San Juan Bautista; AISR-BPE-CG = Área Incendiada Sin rehabilitación – Bosque Pino Encino – Ciénega de González

Análisis estadísticos

Prueba de normalidad de los datos.

Al analizar los datos de los sitios de muestreo, la prueba de Shapiro-Wilk, mostró que los datos no presentaron una distribución normal, ya que el valor de p , para cada uno de los estratos de los sitios de muestro fue menor al 0.05% (Tabla 25)

Tabla 25. Pruebas de normalidad del número de individuos de las especies presentes en cada uno de los tratamientos.

Pruebas de normalidad						
		AICR-BEP-SJB	AICR-BPE-CG	AISR-BEP-SJB	AISR-BPE-CG	Área Natural
EA	N	9	9	9	9	9
	Shapiro-Wilk W	0.5134	0.6726	0.6131	0.4722	0.4875
	p(normal)	9.20E-06	0.0006783	0.0001364	3.01E-06	4.55E-06
EM	N	35	35	35	35	35
	Shapiro-Wilk W	0.4999	0.5867	0.5727	0.5964	0.5773
	p(normal)	8.94E-10	9.65E-09	6.45E-09	1.29E-08	7.35E-09
EB	N	19	0	19	19	19
	Shapiro-Wilk W	0.7779	0	0.5892	0.5932	0.6004
	p(normal)	0.0005561	0	3.46E-06	3.80E-06	4.49E-06

Nota: EA= Estrato Alto; EM= Estrato Medio; EB= Estrato Bajo; AICR-BEP-SJB= Área Incendiada Con Rehabilitación – Bosque Encino Pino – San Juan Bautista; AICR-BPE-CG = Área Incendiada Con Rehabilitación – Bosque Pino Encino – Ciénega de González; AISR-BEP-SJB = Área Incendiada Sin Rehabilitación – Bosque Encino pino – San Juan Bautista; AISR-BPE-CG = Área Incendiada Sin rehabilitación – Bosque Pino Encino – Ciénega de González

Análisis de conglomerados Método de Ward's

Al analizar los datos de forma generalizada y comparar los sitios de muestreo encontramos tres grupos diferentes, donde se encontró que la mayor similitud es entre el área incendiada con rehabilitación del bosque de pino encino CG y el área del bosque sin rehabilitación del bosque de pino encino CG, el segundo grupo lo constituyeron el área de bosque de pino encino sin rehabilitación de SJB y el área de bosque de pino encino sin rehabilitación SJB, el tercer grupo lo constituyeron el área natural no incendiada la cual fue la menos similar al compararla con los otros dos grupos (Figura 12).

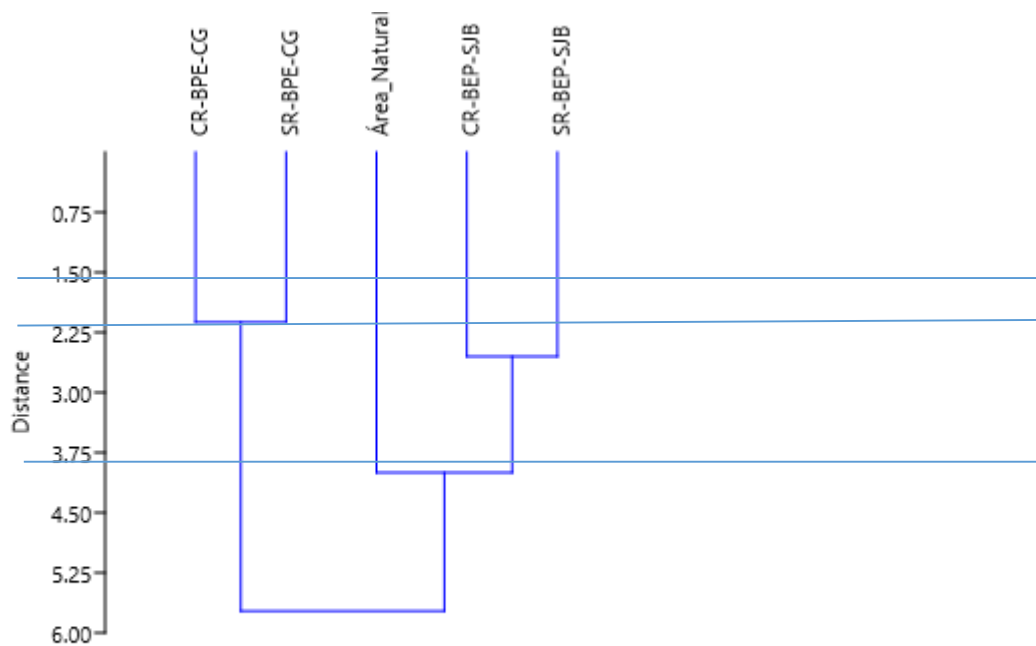


Figura 12. Dendrograma utilizando el análisis de conglomerados por el método de Ward's.

Análisis estadístico de los individuos por ha para cada uno de los estratos arbóreos

Estrato alto

Al realizar el análisis de varianza para la comparación de las medias de los datos para el estrato alto de cada una de las áreas de estudio, encontramos que si existe una diferencia significativa entra las áreas de estudio con valor de probabilidad del 0.00027 (Tabla 26).

Tabla 26. Análisis de varianza de los componentes del estrato arbóreo en los sitios de muestreo.

Two-way ANOVA whitout replication					
	Sumsqrs	df	Meansqr	F	$P (\geq 0.05)$
Rows	221067	8	27633.4	5.32275	0.0002722
Cols	29796.3	4	7449.08	1.43484	0.2451
Error	166130	32	5191.57		
Total	416994	44			

Aplicando la prueba de Friedman se encontró que, el área natural es significativamente diferente en el número de individuos al compararla con el área incendiada con reforestación del BEP-SJB 0.03502 y también es significativamente diferente con el área incendiada sin regeneración BEP-SJB 0.02326 (Tabla 27).

Tabla 27. Prueba de Friedman de los componentes del estrato arbóreo en los sitios de muestreo.

Frideman test					
	AICR-BEP-SJB	AICR-BPE-CG	AISR-BEP-SJB	AISR-BPE-CG	Área natural
AICR-BEP-SJB	0	0.1515	0.9385	0.1765	0.03502
AICR-BPE-CG	1	0	0.2615	0.5152	0.06615
AISR-BEP-SJB	1	1	0	0.2248	0.02326
AISR-BPE-CG	1	1	1	0	0.154
Área natural	0.3502	0.6615	0.2326	1	0

Nota: AICR-BEP-SJB= Área Incendiada Con Rehabilitación – Bosque Encino Pino – San Juan Bautista; AICR-BPE-CG = Área Incendiada Con Rehabilitación – Bosque Pino Encino – Ciénega de González; AISR-BEP-SJB = Área Incendiada Sin Rehabilitación – Bosque Encino pino – San Juan Bautista; AISR-BPE-CG = Área Incendiada Sin rehabilitación – Bosque Pino Encino – Ciénega de González

Estrato medio

Al realizar el análisis de varianza para la comparación de las medias de los datos para el estrato medio de cada una de las áreas de estudio, se encontró que si presentan diferencias significativas entra las áreas de estudio con valor de probabilidad de 1.28E-05 (Tabla 28).

Tabla 28. Análisis de varianza de los componentes del estrato arbustivo en los sitios de muestreo.

Anova de dos vías con replicación					
	Sumsqrs	df	Meansqr	F	<i>P</i> (≥ 0.05)
Rows	1.07E+07	34	314651	2.80996	1.28E-05
Cols	964499	4	241125	2.15335	0.07758
Error	1.52E+07	136	111977		
Total	2.69E+07	174			

La prueba (Test de Friedman) muestra que, el área incendiada sin reforestación BPE-CG es significativamente diferente en el número de individuos que el área incendiada sin reforestación del BEP-SJB 0.02728; el Área natural también es significativamente diferente con el área incendiada sin regeneración BPE-CG 0.0978 (Tabla 29).

Tabla 29. Prueba de Friedman de los componentes del estrato arbustivo en los sitios de muestreo.

Friedman test (repeat measured)					
	AICR-BEP-SJB	AICR-BPE-CG	AISR-BEP-SJB	AISR-BPE-CG	Área Natural
AICR-BEP-SJB	0	0.8788	0.511	0.3846	0.3172
AICR-BPE-CG	1	0	0.3486	0.1058	0.2011
AISR-BEP-SJB	1	1	0	0.02728	0.4072
AISR-BPE-CG	1	1	0.2728	0	0.02978
Área Natural	1	1	1	0.2978	0

Nota: AICR-BEP-SJB= Área Incendiada Con Rehabilitación – Bosque Encino Pino – San Juan Bautista; AICR-BPE-CG = Área Incendiada Con Rehabilitación – Bosque Pino Encino – Ciénega de González; AISR-BEP-SJB = Área Incendiada Sin Rehabilitación – Bosque Encino pino – San Juan Bautista; AISR-BPE-CG = Área Incendiada Sin rehabilitación – Bosque Pino Encino – Ciénega de González

Estrato bajo (regeneración)

Para el análisis de la comparación de medias del número de individuos por especie presentes en cada uno de los sitios de estudio, se excluyó el sito CR-BPE-CG ya que este no presentó regeneración alguna; encontrando en el resto

de los sitios que no existe diferencia significativa al comparar las medias de los individuos de cada una de las especies, valor de p 0.75 en las filas y 0.59 las columnas, por lo tanto, no se aplicó el Test de Friedman para determinar cuáles presenta diferencia alguna (Tabla 30).

Tabla 30. Análisis de varianza de los componentes del estrato bajo (regeneración) en los sitios de muestreo.

Anova de dos vías con replicación					
	Sumsqrs	df	Meansqr	F	$P (\geq 0.05)$
Rows	1.81E+07	18	1.01E+06	0.738258	0.7572
Cols	2.62E+06	3	874960	0.642533	0.591
Error	7.35E+07	54	1.36E+06		
Total	9.43E+07	75			

No obstante, el área con rehabilitación se puede decir que es el sitio diferente a los demás por no presentar regeneración alguna. (Tabla 31).

Tabla 31. Prueba de Friedman de los componentes del estrato arbustivo en los sitios de muestreo.

Friedman test (repeat measured)						
	0	CR-BEP-SJB	CR-BPE-CG	SR-BEP-SJB	SR-BPE-CG	Área Natural
CR-BEP-SJB	0	0.002927	0.9532	0.7931	0.2804	
CR-BPE-CG	0.02927	0	0.01167	0.005848	0.04615	
SR-BEP-SJB	1	0.1167	0	1	0.241	
SR-BPE-CG	1	0.05848	1	0	0.3948	
Área Natural	1	0.4615	1	1	0	

Nota: AICR-BEP-SJB= Área Incendiada Con Rehabilitación – Bosque Encino Pino – San Juan Bautista; AICR-BPE-CG = Área Incendiada Con Rehabilitación – Bosque Pino Encino – Ciénega de González; AISR-BEP-SJB = Área Incendiada Sin Rehabilitación – Bosque Encino pino – San Juan Bautista; AISR-BPE-CG = Área Incendiada Sin rehabilitación – Bosque Pino Encino – Ciénega de González

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que los sitios evaluados presentaron una riqueza de especies mayor a la reportada para la región por otros autores (Alanís *et al.*, 2010; Ávila-Flores *et al.*, 2024; López, 2015). En este sentido, al comparar el número de especies registradas en la presente investigación que van de 18 a 20 especies para cada sitio evaluado, valores muy por encima a los que reportan Méndez *et al.* (2014), quienes confirmaron la presencia de sólo 5 especies en el área estudiada, siendo el estrato medio el que mayor riqueza de especies presentó, registrando entre 13 y 19 especies. Del mismo modo, se registraron valores por encima de lo reportado por Alanís *et al.* (2010) quienes identificaron un total de 11 y 8 especies para las dos condiciones evaluadas. Otros autores como Ávila *et al.* (2024) identificaron un número menor de especies en su estudio reportando solo 14 especies de forma generalizada, y un número de especies por sitios que oscila entre 5 y 8. De igual forma, López (2015) reportó cinco especies en las dos áreas que evaluó (área incendiada y área testigo), aclarando que sólo se enfocó en el estudio de las especies arbóreas.

La diversidad de especies también es una característica sobresaliente de las áreas evaluadas, éstas presentan mayor diversidad de especies al contrastarlas con el estudio de Méndez *et al.* (2014), quienes reportaron un valor del índice de diversidad de 1.24, comparativamente bajo con los valores obtenidos en esta investigación de 2.77 y 3.05; asimismo, al contrastarlos con los valores conseguidos por Alanís *et al.* (2010), estos autores obtuvieron valores de diversidad de sólo 1.31 y 1.24.

Del mismo modo, otros autores como Ávila *et al.* (2024) obtuvieron valores de diversidad promedio de 0.75 en áreas incendiadas y de 1.32 para las áreas testigos estudiadas. Estos valores también fueron menores a los obtenidos en las áreas estudiadas en esta investigación. Igualmente, López (2015) reporta valores bajos de diversidad de tan solo 0.9 y 1.9.

Del mismo modo, al realizar la evaluación de la riqueza de especies, los valores obtenidos fueron mayores y están entre 5.41 y 5.88, muy por encima a lo reportado por Méndez *et al.* (2014) cuyo valor fue de solo 0.76. Del mismo modo, López (2015), también reportó valores similares a los obtenidos por Méndez *et al.* (2014) los cuales fueron de 0.80 y 0.78.

Otro atributo de la vegetación evaluado y que sobresale al cotejarlo con otros trabajos de investigación, en áreas con condiciones ecológicas similares, fue la densidad de plantas por hectárea; los valores registrados oscilaron entre 4,297 hasta los 22,403 ind. ha⁻¹. Al comparar dichos valores; sólo el sitio descrito como Área incendiada rehabilitada de Ciénega de González, fue similar a lo reportado por Alanís *et al.* (2010), dichos autores reportaron valores de 3,450 ind. ha⁻¹ y 5,300 ind. ha⁻¹, aclarando que en su investigación no contemplaron el análisis de las plantas del estrato bajo, sólo evaluaron el estrato arbóreo; por este motivo, las densidades altas reportadas en este estudio se deben a que se evaluaron todas las especies presentes en el sitio, ya que se consideró que todas las plantas; incluyendo las que crecen a nivel de suelo, son parte importante en las funciones ecológicas del ecosistema. Sin embargo, en un estudio presentado por Ruíz (2020), en el que incluyó el análisis de regeneración; reportó valores mayores, contemplando principalmente individuos con porte de entre 0-30 centímetros de diámetro cuyas densidades son de entre 6,020 y 18,000 individuos por hectárea.

CONCLUSIONES

El área de estudio evaluada, pese a los incendios, al realizar la comparativa entre las áreas incendiadas con rehabilitación, sin rehabilitación y el área testigo presentaron una diversidad de especies similares la cual se puede considerar una diversidad media alta que se caracteriza para las zonas templadas. A su vez presentó valores mayores a los reportados por otros autores ya que en este estudio se evaluó toda la cubierta vegetal y no sólo aquellas especies de talla arbórea.

En lo que respecta a la similitud de las especies presente en cada uno de los sitios, se registraron valores por debajo del 50%; para que se presentara esa condición intervienen diversos factores, como los propios incendios, erosión, tipo de exposición de los sitios de muestreo, pastoreo, el porcentaje de cubierta del suelo (ya sea por hojarasca o el establecimiento de herbáceas).

Respecto a la densidad de las especies en los sitios evaluados, varían entre los diferentes estratos (alto, medio y bajo) y se encuentran valores relativamente altos; relacionados directamente con el grado de afectación por los incendios; lo que ocasiona que las densidades de los individuos en los diversos estratos, y sus coberturas sean dinámicas, ofreciendo la oportunidad para el establecimiento de mayor número de individuos en los estratos inferiores (medio y bajo) cuando la densidad del estrato alto ha disminuido.

Asimismo, se pudo observar que las coberturas de las especies no se relacionan con la densidad de individuos, sino por su talla (altura) y su cobertura, esta última dada principalmente, por el estrato alto de la vegetación.

LITERATURA

- Aguilar, O. 2006. Los Incendios Forestales en México 2005. Comisión Nacional Forestal. 1ra Ed., pp 149.
- Alanís, E., J. Jiménez, M. Pando, O. A. Aguirre, E. J. Treviño y P. C. García. 2010. Efecto de la restauración ecológica post - incendio en la diversidad y estructura del componente arbóreo del Parque Ecológico Chipinque, México. *Revista Madera y Bosques* 16(4): 39-54.
- Ávila-Flores, D. Y., Castillo-Quiroz, D., García-García, D. A., Castillo-Reyes, F., & Villanueva-Blanco, V. O. (2024). Impacto del fuego en la diversidad biológica de la vegetación y propiedades físicas y químicas del suelo. *Revista Latinoamericana De Recursos Naturales*, 20(3), 103-112. Recuperado a partir de <https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/348>
- Calvo, L., S. Santalla, L. Valbuena, E. Marcos, R. Tárrega y E. Luis-Calabuig. 2008. Post-fire natural regeneration of a *Pinus pinaster* forest in NW Spain. *Plant Ecology* 197:8190.
- Cantú-Ayala, C., J. Marmolejo-Moncivais, F. González-Saldivar, J. Uvalle-Sauceda y D. González-Uribe. 2013. El Parque Nacional Cumbres de Monterrey en el Contexto de la Conservación, en: Cantú-Ayala et al. (eds.), *Historia Natural del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, México*. UANL-CONANP. México. Pp. 15-26.
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L., & Williams, D. 1983. Fire in forestry. Volume 1. Forest fire behavior and effects. Volume 2. Forest fire management and organization. John Wiley & Sons, Inc.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2009. Restauración de ecosistemas forestales. Guadalajara, Jalisco, México: Talleres de Equilátero.
- Comisión Nacional forestal (Conafor). 2018. Superficie reforestada. 15 de febrero de 2019, de Semarnat Sitio web: http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R

FORESTA09_06&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=*&NOMBREANIO=*

Comisión Nacional forestal (Conafor). 2025. Manejo del Fuego. <https://snif.cnf.gob.mx/incendios/> Revisada el 6 de febrero de 2025.

Comisión Nacional Forestal. 2017. Reporte final de resultados de incendios forestales 2017. 13 de febrero de 2019, de Comisión Nacional Forestal Sitio web: Reporte final de resultados de incendios forestales 2017. 13/02/2019, de Comisión Nacional Forestal Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/285518/Estadistica_Final_2017_-_Incendios_Forestales.pdf

Fernández, C., Vega, J. A., Jiménez, E., & Fonturbel, T. 2011. Effectiveness of three post-fire treatments at reducing soil erosion in Galicia (NW Spain). *International Journal of Wildland Fire*, 20(1), 104-114.

González M., A., L. Schwendenmann, J. Jiménez and R. Schulz. 2008. Forest structure and woody plant species composition along a fire chronosequence in mixed pine-oak forest in the Sierra Madre Oriental, Northeast Mexico. *Forest Ecology and Management* 256: 161-167.

http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RFORESTA05_03&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=*&NOMBREANIO=*

https://gisviewer.semarnat.gob.mx/bol/07_2104/

https://monitor_incendios.cnf.gob.mx/incendios_tarjeta_semanal

<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/impactos-ambientales-que-provoca-un-incendio-forestal-142066>

Jiménez, J. y E. Alanís. 2011. Análisis de la frecuencia de los incendios forestales en la Sierra Madre Oriental y Occidental del norte de México y sur de Estados Unidos de América. *Revista Ciencia UANL* 14(3): 255-263

López Martínez, José Israel (2015) Procesos de recuperación de la vegetación y suelo en áreas incendiadas de la Sierra Madre Oriental. Maestría thesis, Universidad Autónoma de Nuevo León.

- Márquez, L.M. 2004. Distribución, germinación y estructura de poblaciones de *Arctostaphylos pungens* HBK, y su relación con el fuego en Durango, México. Tesis Doctoral. FCF. UANL. México. Pp. 66-83.
- Méndez, O. C., Alanís R. E., Jiménez P. J., Aguirre C. O. A., Treviño G. E. J., 2014. Análisis de la regeneración post-incendio en un bosque de pino-encino de la Sierra de Guerrero, México. CIENCIA UANL / AÑO 17, No. 69.
- Rodríguez, T. D. A. 2008 Fire regimes, Fire Ecology, and Fire Management in México, *Ambio* Vol. 37, No. 7–8, December 2008
- Rodríguez, T. D. A. 1996. Incendios forestales. Universidad Autónoma Chapingo. MultiPrensa México. 630 p.
- Rodríguez, T. D. A. 1996. Incendios forestales. Universidad Autónoma Chapingo. MultiPrensa México. 630 p.
- Rodríguez-Trejo, D. A., & Myers, R. L. (2010). Using oak characteristics to guide fire regime restoration in Mexican pine-oak and oak forests. *Ecological Restoration*, 28(3), 304-323.
- Ruiz, G., Elíseo (2020). Efecto del Fuego en la regeneración natural del *Pinus* spp. En Bosque de Pino-Encino 10.13140/RG.2.2.26794.75204.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM– 059–SEMARNAT–2010, Protección ambiental – Especies nativas de México de Flora y Fauna Silvestres – Categorías de Riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de Especies en Riesgo. Diario Oficial de la Federación 2a Sección, 30 de diciembre del 2010.
- Sosa C., V., O. Cedeño S., E. Rodríguez G., R. Martínez D. y A. Raygoza M. 1999. Incendios forestales. SEGOB y SEMARNAP. México, D.F.
- Torres-Orozco, D., C. L. Jiménez-Sierra, J. Sosa-Ramírez, P. Cortés-Calva, A. Breceda Solís-Cámara, L. I. Iñiguez Dávalos y A. Ortega-Rubio. 2015. La importancia de las Áreas Naturales Protegidas en nuestro país. En: Ortega–Rubio, A., M. J. Pinkus-Rendón e I. C. Espitia-Moreno (Editores). *Las Áreas Naturales Protegidas y la Investigación Científica en México*.

- (pp.41-64). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C., La Paz B. C. S., Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 572 pp.
- Trejo, D. A. R. 2008. Fire regimes, fire ecology, and fire management in Mexico. *AMBIO: a Journal of the Human Environment*, 37(7), Pp. 548-557.
- Uvalle-Sauceda, J., C. Cantú-Ayala, F. González-Saldívar y J. Marmolejo-Moncivais. 2013. Climas, en: Cantú-Ayala et al. (eds.), *Historia Natural del Parque Nacional Cumbres de Monterrey*, México. UANL-CONANP. México. Pp. 4151.
- Vera-Vilchis, V. y D. A. Rodríguez-Trejo. 2007. Supervivencia e incremento en altura de *Pinus hartwegii* a dos años de quemas prescritas e incendios experimentales. *Agrociencia* 41: 219–230.
- Vidal, O. J. y A. Reif. 2011. Effect of a tourist-ignited wildfire on *Nothofagus pumilio* forests at Torres del Paine biosphere reserve, Chile (Southern Patagonia). *Bosque* 32:64-67.
- Weiguo, S., C. Sha y L. Guangqi. 2008. Dynamics of leaf area index and canopy openness of three forest types in a warm temperate zone. *Frontiers of Forestry in China* 3:416-421.