Impacto del fuego en la diversidad biológica de la vegetación y propiedades físicas y químicas del suelo

Diana Yemilet Avila-Flores[1], David Castillo-Quiroz[1*], Dora Alicia García-García[1], Francisco Castillo-Reyes[1], Víctor Oziel Villanueva-Blanco[2]

[1]*Campo Experimental Saltillo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias (INIFAP). Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515, Hacienda de Buenavista. C. P. 25315. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.*
[2] *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. C. Calzada Antonio Narro No. 1923, Colonia Buenavista Saltillo, C.P. 25315 Coahuila de Zaragoza, México*

Artículo recibido el 12 de agosto y aceptado el 13 de septiembre de 2024

Impact of fire on the biological diversity of vegetation and physical and chemical properties of the soil.

Abstract

This study focuses on the impact of forest fires in arid and semi-arid areas of Mexico, where xerophytic shrub land prevails. The presence of fire induces significant alterations in vegetation and soil properties, conditioning sustainability in the short and medium term. Although fires are less frequent in semi-arid and arid zones compared to other ecosystems, they can cause considerable damage. The main objective of this study was to describe the vegetation and soil in six experimental areas, three affected by a fire in 1972 and three as control sites. Data on plant diversity, soil properties, and morphological adaptations were collected. Fifteen species were recorded, with *Quercus pringlei* being the most abundant. Shannon and Simpson indices revealed variations in diversity, indicating moderate diversity in fire-affected areas and high diversity in areas unaffected by fires. Dominance analysis showed high relative dominance in burned areas, with decreasing values in unaffected areas, suggesting a more equitable distribution. Similarity analyses revealed some differences in species composition. Correlation analysis revealed results suggesting the existence of similar patterns or interrelationships between the measured variables in the two types of sites, with more pronounced findings in the unaffected sites. This study provides valuable information about vegetation response to fires in semi-arid areas, emphasizing the importance of understanding these impacts for the conservation and proper management of such ecosystems.

Key words: biological diversity, fires, physical and chemical properties, soils, arid zones.

Resumen

Este estudio se enfoca en el impacto de los incendios forestales en áreas áridas y semiáridas de México, donde el matorral xerófilo prevalece. La presencia de fuego induce alteraciones significativas en la vegetación y propiedades del suelo, condicionando la sostenibilidad a corto y mediano plazo. A pesar de que en zonas semiáridas y áridas la presencia de incendios es menos frecuente que en otros ecosistemas, pueden causar daños considerables. El presente estudio tuvo como objetivo principal describir la vegetación en seis áreas experimentales, tres afectadas por un incendio en 1972 y tres como testigos. Se recopilaron datos sobre la diversidad vegetal y propiedades del suelo. Se registraron 14 especies, con *Quercus pringlei* Seemen ex Loes como la más abundante. Los índices de Shannon y Simpson revelaron variaciones en la diversidad, indicando una diversidad moderada en áreas afectadas y alta diversidad en áreas no afectadas por incendios. El análisis de dominancia mostró una alta dominancia relativa en áreas incendiadas, con valores decrecientes en áreas no afectadas, sugiriendo una distribución más equitativa. Los análisis de similitud revelaron cierta diferencia en la composición de especies. La correlación reveló resultados que sugieren la existencia de patrones similares o interrelaciones entre las variables registradas en los dos sitios evaluados, destacando de manera más

*Autor de correspondencia
Email: castillo.david@inifap.gob.mx
ISSN 2594-0384 (Electrónica)

pronunciada en los sitios no afectados. Este estudio proporciona información valiosa sobre la respuesta de la vegetación a incendios en áreas semiáridas, resaltando la importancia de comprender estos impactos para la conservación y manejo adecuado de dichos ecosistemas.

Palabras claves: diversidad biológica, incendios, propiedades físicas y químicas, suelos, zonas áridas.

Introducción

Con más del 50% de su territorio caracterizado por áreas áridas y semiáridas, México alberga diversas comunidades arbustivas, conocidas comúnmente como matorral xerófilo, que se entremezclan con zonas de pastizales y pequeños parches de vegetación arbórea (Rzedowski, 2006). La presencia del fuego en estos ecosistemas induce alteraciones físicas y químicas notables, como la reducción de la cobertura vegetal y pérdida de la biodiversidad, el desarrollo de hidrofobicidad en el suelo y la pérdida de permeabilidad (Cydzik y Hogue, 2009). Los efectos en las propiedades del suelo están condicionados por la intensidad y duración del fuego (Añó *et al.*, 2022), y su impacto, puede modificar las propiedades físicas, químicas y biológicas (CONAFOR, 2010). Por ejemplo, la materia orgánica es especialmente vulnerable, pudiendo experimentar desde una leve volatilización de componentes menores hasta la carbonización o la oxidación completa (Certini, 2005). La sostenibilidad y recuperación de este ecosistema dependen de los procesos y funciones que tienen lugar a corto o mediano plazo (Wüthrich *et al.*, 2002). Aunque los incendios son menos frecuentes en las zonas áridas y semiáridas en comparación con otros ecosistemas, su ocurrencia puede causar daños considerables (González-Medrano, 2012). Los incendios forestales son eventos frecuentes en el entorno natural, aunque su ocurrencia suele ser impredecible (Zaitsev *et al*., 2016). Los ecosistemas áridos y semiáridos son particularmente susceptibles a este tipo de alteraciones, como es el caso en el área de estudio, ya que conllevan la pérdida de la cobertura vegetal, la disminución de nutrientes y de materia orgánica en el suelo, lo que afecta negativamente su funcionalidad y la capacidad de proporcionar servicios ecosistémicos. Esto también resulta en la disminución de comunidades de organismos en el suelo y subsuelo (Guida *et al*., 2014). La influencia del fuego en el ecosistema está estrechamente relacionada con la intensidad del incendio (Vallejo *et al*., 2012), siendo más pronunciado el impacto en áreas vulnerables con baja calidad de sitio, como las zonas áridas y semiáridas (Hedo *et al*., 2014). El presente estudio tuvo como objetivo describir la vegetación en seis áreas experimentales, de las cuales tres fueron impactadas por un incendio forestal en el año 1972.

Materiales y métodos

Área de investigación

La presente investigación se realizó en el "Cañón de Molano" en el municipio de Saltillo, Coahuila, se seleccionaron seis parcelas experimentales de 400 m², tres de estas áreas fueron afectadas por un incendio en 1972, mientras que las tres restantes se tomaron como sitios testigo, sin historial de incendios registrados (Figura 1), el área de estudio se encuentra dentro de una cuenca utilizada como un sistema silvopastoril, ubicada dentro del Área Natural Protegida Sierra de Zapalinamé que fue oficialmente designada en 1996 por el gobierno de Coahuila (Periódico Oficial, 1996). Esta área se ubica al norte de la Sierra Madre Oriental y se extiende como una estribación de la Gran Sierra Plegada, en la región de transición entre las provincias florísticas de la Sierra Madre Oriental y la Altiplanicie (Velásquez *et al*., 2017).

El clima presente es clasificado como templado subhúmedo (Cw), con una temperatura media anual que oscila entre los 10°C y 18°C, y en algunas áreas de 18°C a 22°C, con una precipitación anual de 400 mm SMA (2022). Los suelos pertenecen al tipo Litosol. La vegetación en el área incluye comunidades vegetales con características propias de zonas áridas y semiáridas, específicamente del tipo de vegetación matorral desértico rosetófilo (Rzedowski, 2006), donde destacan especímenes en forma de roseta como los géneros *Dasylirion*, *Nolina*, *Yucca* y otras especies.

Recopilación y análisis de datos

En las seis áreas designadas como parcelas de 400 m² cada una, se recolectaron datos dasométricos y ecológicos que abarcaron vegetación herbácea, arbustiva y arbórea. Se utilizaron los índices de Simpson, Shannon, Dominancia y la Matriz de Whittaker para medir la diversidad de la comunidad. Para tal fin, se obtuvieron los siguientes parámetros en campo: la evaluación de frecuencia,

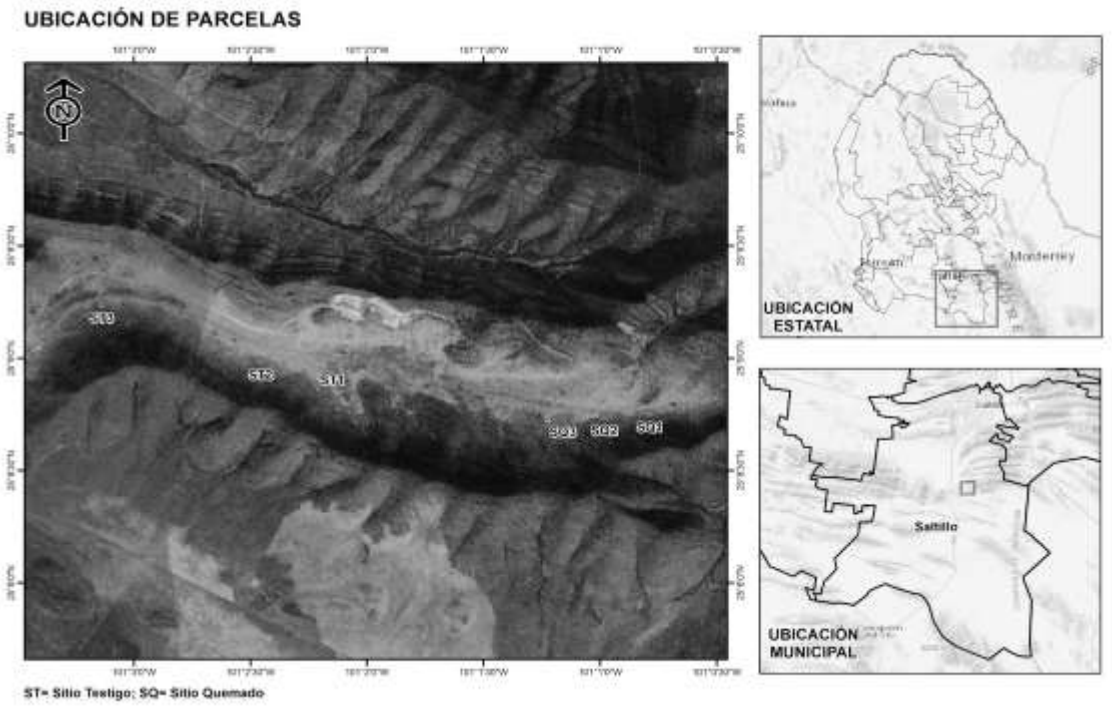


Figura 1. Ubicación de las áreas de estudio.

dominancia, densidad, así mismo, se realizó la identificación taxonómica de la composición florística en la zona bajo estudio. Para la determinación de las características físicas y químicas del suelo, se obtuvo una muestra de suelo de 1 kg en cada parcela para su análisis correspondiente. Se determinó el % de materia orgánica, K extraíble (ppm), pH, % arena, % arcilla, % limo, clase textural, N-NO3 (ppm), y los macro y micro elementos P (ppm), Fe (ppm), Cu (ppm), Zn (ppm), Mn (ppm), Ca (me/L), Mg (me/L), Na (me/L), K (me/L), CaCO3 (me/L), HCO3 (me/L), Cloruros (me/L) y Sulfatos (me/L). El análisis del suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos del Campo Experimental Río Bravo, del Centro de Investigación Regional Noreste del INIFAP.

Diversidad biológica de la comunidad

Para evaluar la diversidad biológica en el área de estudio se utilizaron los siguientes índices:

Índice de diversidad de Shannon, el cual se calculó con la siguiente ecuación:

$$H = -\Sigma_(I = 1)\text{^}S\ pi \cdot In(pi) \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde: *H* es el Índice de Shannon, *S* es el número total de especies en la comunidad y *pi* es la proporción de individuos de la especie *i* en comparación con el total de individuos.

El índice de Shannon se incrementa con la cantidad de especies y alcanza valores más elevados cuando las proporciones entre las diversas especies son más equitativas (Corral *et al.,* 2002).

Índice de Simpson.

Refleja tanto la riqueza de especies como la uniformidad en la distribución de individuos entre especies (Castillo, 2023). Ofrece una medida numérica de la probabilidad de seleccionar aleatoriamente dos organismos de especies diferentes en una muestra que representa una comunidad específica. La relación inversa entre el índice de Simpson y la diversidad implica que a medida que el índice disminuye, la diversidad tiende a aumentar (Krebs, 1985).

$$D = (\sum_(i = 1)\text{^}S\ ni \cdot (ni - 1))/(N \cdot (N - 1))$$

Ecuación 2

Dónde: *S* es el número total de especies en la muestra, *ni* es el número de individuos de la especie *i* y *N* es el número total de individuos en la muestra.

Índice de dominancia.

Las plantas en estas áreas desarrollan adaptaciones morfológicas y fisiológicas para enfrentar la escasez de agua, las cuales podrían ser beneficiosas durante incendios debido a las altas temperaturas. Estas adaptaciones incluyen corteza gruesa, hojas carnosas no inflamables y hojas inflamables que

reducen la intensidad del fuego (González-Medrano, 2012) y se obtuvo con la siguiente ecuación.

$$D = \Sigma_(i = 1)\text{^}S\ (pi/P)^2$$ Ecuación 3

Dónde: *pi* es la abundancia relativa de la especie *i*, *P* es la abundancia total de todas las especies en el área y *S* es el número total de especies.

Resultados y discusión

Se registraron catorce especies en la zona evaluada (Tabla 1), destacando *Quercus pringlei* Seemen ex Loes con 326 individuos, seguido por *Pinus cembroides* Zucc. con 39 y *Nolina cespitifera* Trel. con 14, dado a que el impacto del post fuego estas especies experimentan beneficios con la ocurrencia de incendios forestales superficiales, su capacidad de rebrote se ve estimulada como respuesta a los efectos generados por el incremento de la temperatura del suelo causado por el fuego (Figura 2). Este fenómeno resalta la adaptación de estas especies a las condiciones post incendio, permitiéndoles aprovechar las oportunidades de regeneración que surgen a raíz del aumento térmico en el suelo menciona Zavala (2000). En las tablas 2 y 3 se muestra la abundancia de las especies en sitios incendiados (SQ) y sitios testigo (ST).

En cuanto a los resultados obtenidos del Índice de Shannon, se observa que la diversidad de las especies varía entre las áreas afectadas por incendios y las no afectadas ya que los resultados indicaron lo siguiente: para los sitios afectados (SQ1, SQ2 y SQ3), los valores obtenidos del índice fueron 0.4351, 0.8028 y 1.018 respectivamente,

Tabla 1. Abundancia de especies vegetales por tipo de sitios en Cañón de Molano, municipio de Saltillo, Coahuila.

Especies	SQ1	SQ2	SQ3	ST1	ST2	ST3	Individuos Número
Berberis trifoliolata Moric.	0	1	0	0	0	0	1
Celtis pallida Torr.	0	1	0	0	0	0	1
Dasylirion cedrosanum Trel.	4	0	0	0	0	0	4
Ferocactus pilosus (Galeotti) Werderm	0	1	0	0	0	0	1
Mammillaria heyderi Muehlenpf.	0	0	1	0	0	0	1
Mimosa biuncifera Benth	0	0	0	0	2	8	10
Nolina cespitifera Trel.	0	4	0	0	10	0	14
Opuntia engelmannii Salm-Dyck ex Engelm	0	0	0	1	2	3	6
Opuntia kleiniae DC.	2	0	0	0	0	4	6
Pinus cembroides Zucc.	0	4	10	7	9	9	39
Purshia plicata (D. Don) Hendrickson	1	1	6	2	1	0	11
Quercus pringlei Seemen ex Loes	129	70	48	37	42	0	326
Rhus virens Lindh. ex A. Gray	0	4	0	5	1	1	11
Yucca carnerosana (Trel.) McKelvey	7	0	6	1	6	3	23

SQ: Sitio incendiado, ST: Sitio testigo (sin incendio).

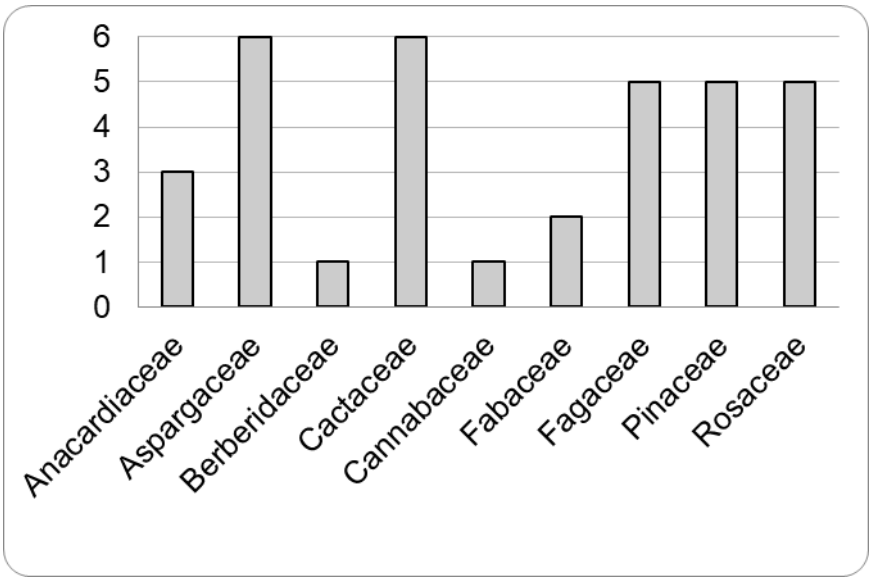


Figura 2. Número de especies de plantas por familia en el área de estudio.

Tabla 2. Abundancia de especies vegetales en sitios incendiados (SQ) en el Cañón de Molano, municipio de Saltillo, Coahuila.

Especies	Número de individuos
Berberis trifoliolata Moric.	1
Celtis pallida Torr.	1
Dasylirion cedrosanum Trel.	4
Ferocactus pilosus (Galeotti) Werderm	1
Mammillaria heyderi Muehlenpf.	1
Nolina cespitifera Trel.	4
Opuntia kleiniae DC.	2
Pinus cembroides Zucc.	14
Purshia plicata (D. Don) Hendrickson	8
Quercus pringlei Seemen ex Loes	247
Rhus virens Lindh. ex A. Gray	4
Yucca carnerosana (Trel.) McKelvey	13

Tabla 3. Abundancia de especies vegetales en sitios testigos (ST) en Cañón de Molano, municipio de Saltillo, Coahuila.

Especies	Número de individuos
Mimosa biuncifera Benth.	10
Nolina cespitifera Trel.	10
Opuntia engelmannii Salm-Dyck ex Engelm.	6
Opuntia kleiniae DC.	4
Pinus cembroides Zucc.	25
Purshia plicata (D. Don) Hendrickson	3
Quercus pringlei Seemen ex Loes	79
Rhus virens Lindh. ex A. Gray	7
Yucca carnerosana (Trel.) McKelvey	10

obteniendo un valor promedio de 0.75 lo que indica una diversidad moderada en el área afectada por el incendio (Figuras 3a y 3b). En los sitios testigos los valores obtenidos fueron ST1 (1.014), ST2 (1.368), ST3 (1.598), con un valor promedio de 1.32 (Figuras 3a y 3b). Valores superiores fueron reportados por Graciano *et al.* (2018), para un área de matorral afectada por un incendio al noreste de México, reportando un valor de 2.02.

Alanís-Rodríguez *et al*. (2008), señalan que los ecosistemas impactados por incendios forestales manifiestan una mayor diversidad en especies arbóreas y una mayor heterogeneidad en comparación con otros ecosistemas, ya que presentan valores más elevados para el mismo índice. Este hecho indica que la presencia de incendios forestales puede tener un impacto significativo en la estructura y composición de los ecosistemas, favoreciendo una mayor variedad de especies y generando una mayor variabilidad. Los resultados aquí encontrados sugieren que los sitios afectados presentan tendencia a la recuperación ya que en ambas condiciones evaluadas se presenta la dominancia de *Q. pringlei* y *P. cembroides* coincidiendo con lo reportado por Pausas y Fernández (2012), quienes señalan que inmediato después de un incendio en los ecosistemas semiáridos pierden diversidad de especies, sin embargo, con el transcurrir del tiempo comienzan a recuperarse, tal y como lo reportado en este estudio.

Los valores del Índice de Simpson obtenidos para los sitios afectados fueron 0.1828 0.3304 y 0.5086 para SQ1, SQ2 y SQ3 respectivamente. Las áreas testigo obtuvieron los siguientes valores 0.4842, 0.6264 y 0.7704 para ST1, ST2 y ST3; con los siguientes valores promedio: para los sitios afectados (SQ), el valor promedio fue de 0.340 y para los testigos (ST), fue de 0.6270 (Figuras 4a y 4b), como sugieren los resultados las áreas testigos cuentan con mayor diversidad de especies en comparación con lo reportado para los sitios afectados (SQ).

En las áreas afectadas, se observa una mayor dominancia en tres especies que fueron las más abundantes, *Quercus pringlei* Seemen ex Loes con 326 individuos, *Pinus cembroides* Zucc. con 39 y *Nolina cespitifera* Trel. con 14, lo cual coincide con varios estudios realizados al respecto y mencionan algunas adaptaciones de especies de zonas áridas y semiáridas como *N. cespitifera* y *Y. carnerosana* para recuperarse tras el paso de fuego, ya sea por algunos caracteres (corteza gruesa, hojas inflamables que reducen la intensidad del fuego, capacidad de rebrote, etc.), o por las condiciones creadas por el fuego para su repoblación, como *Q. pringlei* y *P. cembroides* quienes además también capacidad de rebrote (Rodríguez –Trejo *et al*., 2019; Velázquez-Pérez, 2013; Zavala, 2000; Rodríguez-Trejo, 1996). Así mismo, se estimaron los coeficientes de correlación para validar los índices

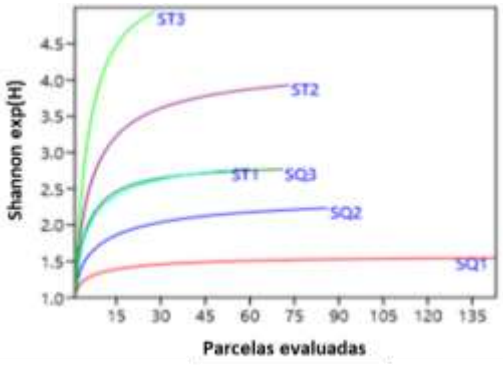


Figura 3a. Índice de riqueza de Shannon en las parcelas evaluadas

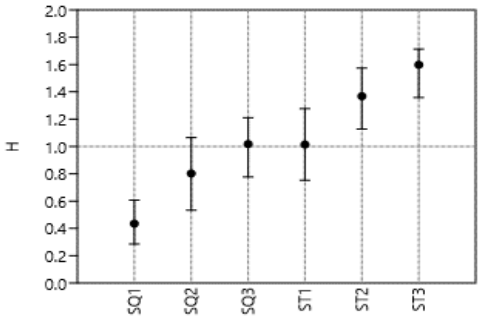


Figura 3b. Índice de riqueza de Shannon en las parcelas evaluadas.
SQ: Sitio incendiado, ST: Sitio testigo (sin incendio).

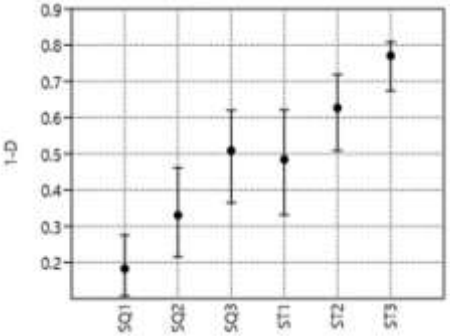


Figura 4a. Índice de riqueza de Simpson en las parcelas evaluadas.
SQ: Sitio incendiado, ST: Sitio testigo (sin incendio).

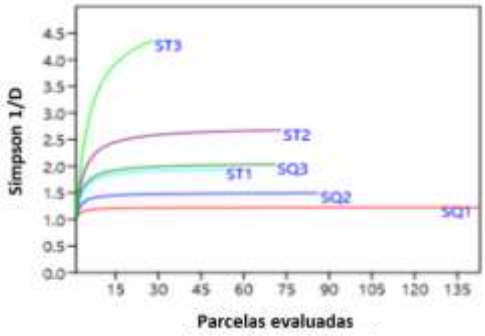


Figura 4b. Índice de riqueza de Simpson en las parcelas evaluadas.

de biodiversidad, obteniendo los siguientes valores por parcela que se muestran en la figura 5, los cuales confirman que los sitios afectados tienen tendencia a la recuperación y los sitios testigos se

encuentran en condiciones estables.

En cuanto a los resultados de la caracterización del suelo se encontró una textura franco arenosa y franco en ambas condiciones (Tabla 4), esto concuerda con lo reportado por algunos estudios realizados que no han encontrado cambios significativos en la textura de suelos sometidos a incendios forestales (Ruiz del Castillo, 1988; Mataix-Solera, 1997; Cervera, 2019). Así mismo, de acuerdo con los análisis realizados, se evidencia una leve reducción en el contenido de materia orgánica en las áreas impactadas por el fuego; Bodí *et al.* (2012), mencionan que el contenido de materia orgánica suele decrecer tras un incendio de alta intensidad si el fuego ha afectado directamente a los horizontes más superficiales de éste, pero en cambio en incendios de baja intensidad, el contenido de materia orgánica del suelo se puede ver incrementado por el aporte de material vegetal semiparalizado. El pH del suelo se mantuvo alcalino en ambas situaciones, esto sugiere la influencia del tiempo transcurrido desde la ocurrencia del incendio (Tabla 5). Según señala Lombao *et al*. (2015), las alteraciones en las propiedades fisicoquímicas del suelo y el pH, generan impactos indirectos en las comunidades microbianas. Comúnmente, inmediatamente después de un incendio, se observa un aumento en el valor de pH, principalmente debido a la presencia de cenizas y bases intercambiables que neutralizan el suelo,

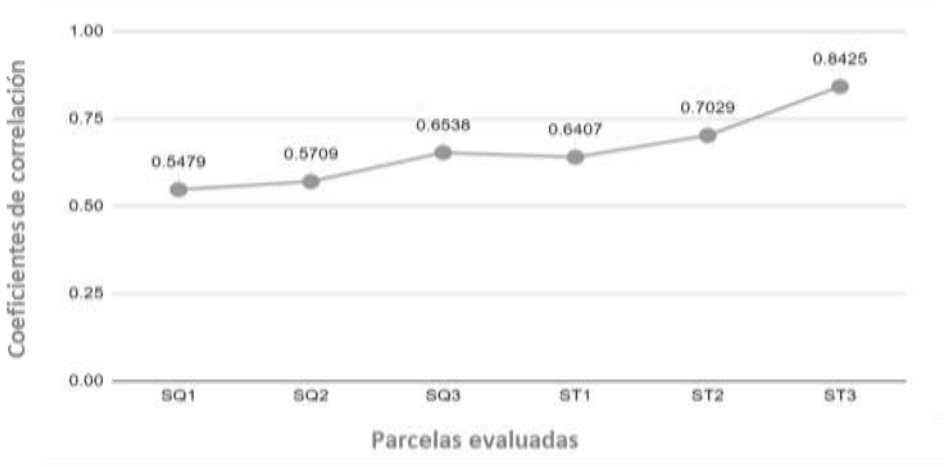


Figura 5. Coeficientes de correlación por sitio evaluado.
SQ: Sitio incendiado, ST: Sitio testigo (sin incendio).

Tabla 4. Propiedades físicas del suelo en el Cañón de Molano, municipio de Saltillo, Coahuila.

Nombre del Sitio	Clase textural	% Arena	% Arcilla	% Limo
SQ1	Franco arenoso	62.76	11.06	26.18
SQ2	Franco	52.76	13.06	34.18
SQ3	Franco	46.76	16.06	37.18
ST1	Franco	48.76	12.06	39.18
ST2	Franco arenoso	56.76	7.06	36.18
ST3	Franco arenoso	56.76	7.06	36.18

Tabla 5. Propiedades químicas del suelo en el Cañón de Molano, municipio de Saltillo, Coahuila.

Sitio	% de materia orgánica	K extraíble (ppm)	N-NO3 (ppm)	P (ppm)	pH
SQ1	4.84	78	0.92	0.33	7.59
SQ2	5.23	373	2.75	1.99	7.44
SQ3	4.37	175	ND	0.88	7.58
ST1	3.78	595	1.28	6.55	7.61
ST2	6.69	251	0.73	5.17	7.75
ST3	9.41	330	1.10	3.79	7.61

provenientes de la materia orgánica quemada (Alva y Manosalva, 2019). Los niveles de Potasio (K), Nitrógeno (N), y Fósforo (P), mostraron disminuciones en las áreas afectadas en comparación con las áreas testigo (Tabla 6).

En la tabla 6 se muestran los resultados de los micro y macro nutrientes en el suelo bajo los dos escenarios evaluados. Según los resultados muestran una ligera disminución de los micro y macro nutrientes en zonas por la acción el fuego, debido posiblemente al efecto del tiempo transcurrido desde el inicio del siniestro (1972), y al momento de realizar la evaluación de la presente investigación.

Estudios llevados a cabo por Vázquez y Fancelli (2006), evidencian una relación entre los microelementos y ciertas características químicas del suelo que afectan tanto el contenido como la movilidad en el perfil del suelo. Según las afirmaciones de Pulido (2014), la disponibilidad de macronutrientes en el suelo está sujeta a diversos factores físicos, químicos y biológicos, tales como la presencia de agua, el espesor del suelo, el tipo de materia orgánica y la existencia de organismos vivos. Asimismo, para el resto de los elementos evaluados, se registraron valores similares entre las áreas, aunque ligeramente más bajos en las zonas afectadas por el incendio. Según Cervera (2019), en situaciones de incendios de alta intensidad, se observa una disminución en el contenido de materia orgánica del suelo, señalando que los horizontes superficiales son los más afectados por el fuego. Serna (2017), indica que, aunque no se observan cambios significativos en los valores de pH, se registra un ligero descenso en los niveles de pH. Según Foster y Motzkin (2003), el proceso de recuperación natural se lleva a cabo de manera integral cuando existen especies de importancia estructural, y este proceso se ve influido por las características particulares del suelo en términos de tipo y calidad. La regeneración natural demanda periodos extensos para su completa efectividad. Cabe resaltar la relevancia de la introducción de material vegetal y la modificación del relieve, ya que estas prácticas tienen el potencial de acelerar significativamente el proceso de retención de agua en el suelo, especialmente en zonas semiáridas.

Tabla 6. Propiedades de los micro y maco nutrientes del suelo en el Cañón de Molano, municipio de Saltillo, Coahuila.

Nombre del Sitio	Fierro (ppm)	Cobre (ppm)	Zinc (ppm)	Manganeso (ppm)	Calcio (me/L)	Magnesio (me/L)	Sodio (me/L)	Potasio (me/L)	Cloruros (me/L)	Sulfatos (me/L)
SQ1	1.909	1.030	0.586	3.795	2.13	0.86	5.22	0.00	1.40	5.20
SQ2	0.993	0.376	0.659	4.077	2.47	1.31	2.98	0.00	1.20	4.55
SQ3	0.659	1.108	0.450	3.895	2.13	0.76	2.36	0.00	0.40	3.65
ST1	0.409	0.559	0.502	2.989	2.39	1.01	4.71	0.13	1.60	5.44
ST2	2.576	0.455	0.889	5.527	2.39	0.69	4.03	0.08	1.40	5.00
ST3	1.576	0.533	2.542	4.681	3.09	1.10	6.62	0.10	2.60	7.11

SQ= sitios incendiados, ST (sitios testigo), ppm= partes por millón, me/L= miliequivalente por litro

Conclusiones

En zonas áridas y semiáridas de México, los incendios forestales causan alteraciones notables en la vegetación y en las características del suelo. Los resultados de este estudio sugieren impactos variables en la diversidad de especies, con signos de recuperación post-incendio con tendencia a la recuperación en las áreas afectadas, las no afectadas mantienen una diversidad considerable. La composición del suelo indicó reducción de materia orgánica y disminución de nutrientes en zonas impactadas por el fuego, con diferencias bajas, ello debido a la influencia del tiempo transcurrido desde la presencia del incendio y confirmando así la tendencia a la recuperación del área. Este tipo de estudio destaca la importancia de comprender los efectos de los incendios para la conservación de los ecosistemas áridos y semiáridos.

Referencias

Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O.A., Jiménez-Pérez, J., Pando-Moreno, M., Treviño-Garza, E.J., Aranda-Ramos, R., Canizales-Velázquez, P.A. 2010. Efecto de la severidad del fuego sobre la regeneración asexual de especies leñosas de un ecosistema mixto (*Pinus-Quercus*) en el Parque Ecológico Chipinque, México. *Interciencia*, 35(9), 690-695. https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/690-c-ALANIS-6.pdf

Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Espinoza-Vizcarra, D., Jurado-Ybarra, E., Aguirre-Calderón, O. A., González-Tagle, M.A. 2008. Evaluación del estrato arbóreo en un área restaurada post-incendio en el Parque Ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14(2), 113-118. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182008000200006

Alva, D. M., Manosalva, H.I. 2019. Efecto del fuego en las propiedades químicas del suelo en el cañón de Sangal,

Cajamarca. Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte. 90 p.

Añó, V.C., Sánchez., J., Carbó**,** V.E. 2022. Efectos de los incendios en los suelos forestales de la Comunidad Valenciana. Revisión bibliográfica. *Cuaternario y Geomorfología*, *36*. DOI: https://doi.org/10.17735/cyg.v36i1-2.92407

Basáñez, A.J., Alanís, J. L., Badillo, E. 2008. Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del ejido" El Remolino", Papantla, Veracruz. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 12(2), 3-22. https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=83712202

Bodí, M.B., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., Doerr, S.H. 2012. Efectos de los incendios forestales en la vegetación y el suelo en la cuenca mediterránea: revisión bibliográfica. Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles, (58). https://doi.org/10.21138/bage.2058

Castillo-Reyes, G.S. 2023. Análisis del arbolado y áreas verdes de la zona urbana del cantón Manta (Bachelor 's thesis, Jipijapa-Unesum). https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/4817/1/Castillo%20Reyes%20Gloria%20Stefany.pdf

Certini, G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143, 1-10. https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-004-1788-8

Cervera-Beasse, J.N. 2019. Evolución del incendio forestal de Carcaixent: dos años después (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/115381/memoria_53248234.pdf;jsessionid=CDCAEF4AD2BAFABDE13702E6FB6EDEDF?sequence=1

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2010. Incendios forestales. Guía práctica para comunicadores 59 p.

http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/236Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20comunicadores%20%20Incendios%20Forestales.pdf?_amp=true

Corral, R.J., Aguirre, C.O.A., Jiménez, P.J., Návar-Chaidez, J. de J. 2002. Muestreo de diversidad y observaciones ecológicas del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña El Cielo, Tamaulipas, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8(2), 125-131. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62980206

Cydzik, K., Hogue, T.S. 2009. Modeling post fire response and recovery using the hydrologic engineering center hydrologic modeling system (HEC-HMS) 1. JAWRA *Journal of the American Water Resources Association*, 45(3), 702-714. https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2009.00317.x

Foster, D.R., Motzkin, G. 2003. Interpreting and conserving the open land habitats of coastal New England: insights from landscape history. *Forest Ecology and Management*, 185(1-2), 127-150. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00251-2

González-Medrano, F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 173 p.

https://agua.org.mx/wpcontent/uploads/2012/11/las_zonas_aridas_y_semiaridas_de_mexico_y_su_vegetacion.pdf

Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, Ó.A., Rubio-Camacho, E.A., González-Tagle, M.A. 2018. Estructura y diversidad postincendio en un área del matorral espinoso tamaulipeco. Polibotánica, (45), 89-100. https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.7

Guida, R.J., Abella, S.R., Smith Jr., W.J., Stephen, H., Roberts, C.L. 2014. Climatic change and desert vegetation distribution: assessing thirty years of change in Southern Nevada's Mojave Desert. The Professional Geographer, 66(2), 311-322. https://doi.org/10.1080/00330124.2013.787007

Hedo, J., Rubio, E., Dadi, T., López-Serrano, F.R., Alfaro-Sánchez, R., Moya, D., Heras, J.D.L. 2014. Is remote sensing a good method to define forest fire resilience? A particular case in the South-eastern of the Iberian Peninsula. In: A dvAnces in Forest Fire research. http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0884-6_63

Krebs, C.J. 1985. Ecología: estudio de la distribución y la abundancia/por Charles J. Krebs (No. 574.5 K7y 1985.). Harla. México. 1995.2. ed.

Lombao, A., Barreiro, A., Carballas, T., Fontúrbel, M.T., Martín, A., Vega, J.A., Díaz R.M. 2015. Changes in soil properties after a wildfire in Fragas do Eume Natural Park (Galicia, NW Spain). *Catena*, *135*, 409-418. https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.08.007

Mataix-Solera, J. 1997. Modificaciones físico-químicas en suelos afectados por un incendio forestal. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.

Periódico Oficial. 1996. Decreto del Área Natural Protegida, con Carácter de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, un Área de la Serranía conocida como Zapalinamé. Coahuila, México; Periódico Oficial del Gobierno del estado de Coahuila. Saltillo, Tomo CIII: pp. 69-75.

Pausas, J., Fernandez, M.S. 2012. Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: From fuel-limited to drought-driven fire regime. Climatic Change. 110. 215-226. https://doi.org/10.1007/s10584-011-0060-6.

Pulido, F.M. 2014. Indicadores de calidad del suelo en áreas de pastoreo. Universidad de Extremadura, España. 284 p. https://dehesa.unex.es:8443/bitstream/10662/1621/1/TDUEX_2014_Pulido_Fernandez.pdf

Ruiz del Castillo, J. 1988. Observaciones sobre la evolución de montes incendiados en la provincia de Valencia. Documentos del seminario sobre métodos y equipos para la prevención de incendios forestales. ICONA, pp: 147-156.

Rodríguez-Trejo, D.A. 1996. Incendios forestales. México, D. F. Mundi Prensa- Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, México.

Rodríguez-Trejo, D.A., Pausas, J.G., Miranda-Moreno, A.G. (2019). Plant response to fire in a Mexican arid shrub land. Fire Ecology, 15, 11. https://doi.org/10.1186/s42408-019-0029-9

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 p.

https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxPort.pdf

Serna, V. A. 2017. Efectos en el suelo del incendio forestal de Carcaixent del 2016 (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València) 40 p.

https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/85714/memoria?sequence=1&isAllowed=y

Secretaria de Medio Ambiente (SMA). 2022. Programa Estatal de Cambio Climático de Coahuila de Zaragoza 2022-2031.

https://sma.gob.mx/wp-content/uploads/2022/09/Coahuila-PECC.pdf

Vallejo, V.R., Arianoutsou, M., Moreira, F. 2012. Fire Ecology and Post-Fire Restoration Approaches in Southern European Forest Types. In: Moreira, F., Arianoutsou, M., Corona, P., De las Heras, J. (eds) Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests. *Managing Forest Ecosystems*, Vol. 24. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2208-8_5

Vázquez, M., Fancelli, A. 2006. Micronutrientes en la fisiología de las plantas. *Editora Vázquez*, M. Micronutrientes en la Agricultura. Diagnóstico y fertilización en la Argentina. La experiencia brasilera, 11-22.

Velázquez-Pérez, A.H. 2013. Efecto de Incendios en la

Composición y Estructura de la Vegetación en Sierra la Purísima, Cuatro Ciénegas, Coahuila. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.84 pp. http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1077/T19817%20VELAZQUEZ%20PEREZ%2c%20ADIN%20HELBER%20%2062707.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Velásquez, V.A., Esquivel, A.G., Sánchez, C.I., Castillo, Q.D., Cano, P.A., Gutiérrez, L.R. 2017. Comportamiento hidrológico de una pequeña cuenca de uso silvopastoril en el sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *8*(43), 143-164. https://www.redalyc.org/journal/634/63454577007/html/

Wüthrich, C., Schaub, D., Weber, M., Marxer, P., Conedera, M. 2002. Soil respiration and soil microbial biomass after fire in a sweet chestnut forest in southern Switzerland. *Catena*, 48(3), 201-215. https://doi.org/10.1016/S0341-8162(01)00191-6

Zaitsev, A.S., Gongalsky, K.B., Malmström, A., Persson, T., Bengtsson, J. 2016. Why are forest fires generally neglected in soil fauna research? A mini-review. *Applied Soil Ecology*, 98, 261-271. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.012

Zavala-Chávez, F. 2000. El fuego y la presencia de encinos. Ciencia ergo-sum, *Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 7(3). https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/7245