



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO



· Teoría y Praxis 33 · 2024 ·

· ISSN 1870 1582 · DOI 10.22403/UQROOMX/TyP33/10 ·



Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo
DESARROLLO SUSTENTABLE
DIVISION ACADÉMICA

Caracterización de incendios forestales en el estado de Veracruz, México (2022-2024)

Characterization of Wildfires in the State of Veracruz, Mexico (2022-2024)

Ana Cecilia Travieso Bello^{1*}
Víctor Soto²

¹Programa de Geografía, Facultad de Economía, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México

²Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México

*Autora de correspondencia: atravieso@uv.mx

Editor encargado: Dr. Oscar Frausto Martínez

Recibido: 15 de agosto de 2024 - Aceptado: 30 de septiembre de 2024

Resumen

El manejo integral del fuego requiere como insumo esencial una caracterización de la frecuencia de los incendios forestales, así como de sus causas y afectaciones. Este trabajo analiza los incendios forestales en las primeras 24 semanas de los años 2022, 2023 y 2024, en el estado de Veracruz, con énfasis en la cuenca del río La Antigua. Los registros de los incendios, sus causas y afectaciones se obtuvieron del Concentrado Nacional de Incendios Forestales. Los datos de temperatura y precipitación corresponden a siete estaciones meteorológicas automáticas y se compararon con las normales obtenidas de las estaciones climatológicas convencionales (1981 a 2010). Se encontró un incremento en la superficie afectada por incendios forestales en el Estado de Veracruz y en la cuenca estudiada. Las principales causas son antropogénicas, dominando las actividades agrícolas, desconocidas e intencionales. Se registraron afectaciones en siete áreas naturales protegidas, así como en distintos tipos de vegetación, tanto en ecosistemas adaptados al fuego como sensibles al fuego. El bosque mesófilo de montaña es el ecosistema que potencialmente podría sufrir mayores daños por este fenómeno. En la cuenca del río La Antigua se encontraron afectaciones en nueve municipios y en ocho tipos de vegetación. El mayor número de incendios se registró en los municipios de mayor altitud, sin embargo, la superficie afectada varía ampliamente por municipio y por año. Además, se observó un incremento de la temperatura y el déficit pluvial, en comparación con las normales; esto podría estar propiciando incendios forestales más severos. Por tanto, se requieren políticas públicas que integren las perspectivas social, económica y ecológica para el manejo del fuego en áreas forestales.

Palabras clave: Afectaciones, Tipos de vegetación, Temperatura, Precipitación, Cuenca del río La Antigua

Abstract

Integrated fire management requires as an essential input a characterization of the frequency of wildfires, as well as their causes and effects. This work analyzes wildfires in the first 24 weeks of the years 2022, 2023 and 2024, in the state of Veracruz, with emphasis on the La Antigua river basin. The records of the wildfires, their causes and affectations were obtained from the National Forest Fire Concentrate. Temperature and precipitation data correspond to seven automatic weather stations and were compared with the normal data obtained from conventional weather stations (1981-2010). An increase in the area affected by wildfires was found in the State of Veracruz and in the basin studied. The main causes are anthropogenic, dominated by agricultural activities, unknown and intentional. Seven Natural Protected Areas were affected, as well as different types of vegetation, both fire-adapted and fire-sensitive ecosystems. Tropical montane cloud forest is the ecosystem that could potentially suffer the greatest damage from this phenomenon. In the La Antigua river basin, eight

types of vegetation were affected in nine municipalities. The highest number of wildfires was recorded in the municipalities at higher altitudes; however, the area affected varies widely by municipality and by year. In addition, there was an increase in temperature and rainfall deficit, compared to normal, which could be leading to more severe wildfires. Therefore, public policies that integrate social, economic and ecological perspectives are required for fire management in forest areas.

Keywords: Wildfire damage, Vegetation types, Temperature, Precipitation, La Antigua River Basin

Introducción

Los incendios son un factor de perturbación natural en algunos ecosistemas, formando parte de su dinámica. Se ha reportado que la exclusión del fuego puede modificar la estructura y la composición de especies de los bosques de coníferas, degradando su potencial de resiliencia a perturbaciones futuras relacionadas con los incendios, los insectos y la sequía (Bryant et al., 2019).

Por otra parte, los incendios se consideran la tercera causa en la pérdida y degradación de grandes superficies forestales (Gutiérrez et al., 2015). Estos pueden ocasionar el deterioro ambiental de los ecosistemas, según las condiciones en las que se presente (Jardel et al., 2009).

La ocurrencia de incendios forestales se relaciona con variables climáticas, ambientales, topográficas y socioeconómicas (Rojas et al., 2022). En México, los factores que contribuyen a su origen y propagación son la acumulación y disponibilidad de combustibles, los cambios de uso del suelo, el empleo inadecuado del fuego, la poca cultura de prevención, la limitada capacidad de respuesta para la atención de los incendios forestales dañinos, así como la escasa información técnica y científica para la toma de decisiones (Conafor, 2020).

Las actividades humanas han introducido el fuego en todos los paisajes de los Estados Unidos de América (EUA), modificando la frecuencia, estacionalidad, superficie quemada y costos asociados, con pérdidas importantes en las viviendas. Esta situación se combina con condiciones más cálidas y secas, incrementando la vulnerabilidad de las comunidades a los incendios provocados por el hombre (Mietkiewicz et al., 2020).

En varios países del continente americano se ha documentado una relación positiva entre la disminución de la precipitación (sequía) y la ocurrencia de incendios (Cerano-Paredes et al., 2015; Cerano-Paredes et al., 2016; Cerano-Paredes et al., 2021; Sánchez et al., 2022; Samamé, 2023). El incremento de la temperatura puede reducir el intervalo de tiempo entre los incendios, lo que limita la capacidad de regeneración del ecosistema y reduce su resiliencia (Turner et al., 2019). Esto podría modificar de manera significativa la dinámica de los ecosistemas y su valor económico.

Por ejemplo, en el oeste de EUA el cambio climático ha incrementado la intensidad de los incendios y se ha registrado baja disponibilidad de semillas de especies de coníferas dominantes de baja altitud. Esto reduce la probabilidad de regeneración después de los incendios y las oportunidades para que las plántulas se establezcan (Davis et al., 2019). Otro caso en EUA es la reducción del valor económico de las tierras dedicadas a la producción de madera, en aproximadamente un 10 %, debido al aumento de los grandes incendios forestales y a la sequía de las dos últimas décadas (Wang y Lewis, 2024).

El incremento de los incendios forestales tiene impactos ecológicos y socioeconómicos, entre los cuales destacan pérdidas de la cobertura arbórea, contaminación del aire por aumento de las emisiones de dióxido de carbono, erosión del suelo, alteraciones en el microclima, cambios en el ciclo hidrológico, migración de especies de fauna silvestre, invasión de especies exóticas y disminución de la productividad de la tierra (Samamé, 2023).

Actualmente, en México, los incendios forestales aportan 19 % de las emisiones de dióxido de carbono a nivel nacional, lo que supera significativamente al aporte de la deforestación (Corona-Núñez et al., 2020). Por tanto, tienen una contribución importante al cambio climático.

Se espera en la próxima década un incremento en el nivel medio de emisiones anuales directas de carbono de los incendios forestales, con valores más críticos en el escenario extremo RPC 8.5 del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (Ponomarev et al., 2021).

Los efectos del cambio climático global y regional, unido a los cambios de uso del suelo, podrían considerarse la mayor amenaza para la resiliencia de los ecosistemas, ya que alteran los patrones naturales de ocurrencia de los incendios forestales, incrementando su frecuencia e intensidad. En consecuencia, transforman la mayoría de los ecosistemas, disminuyen su biodiversidad y comprometen su capacidad productiva (Del Campo y Bernal-Toro, 2010; Hartung et al., 2021).

El manejo integral del fuego es fundamental para la conservación y protección de los ecosistemas, y para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero ocasionadas por los incendios forestales. Dicho manejo requiere como

insumo una caracterización de la frecuencia de los incendios forestales, así como de sus causas y afectaciones. Esta información generalmente se obtiene mediante registros en campo y análisis satelital (Galván y Magaña, 2020, Neger y Manzo-Delgado, 2021). Sin embargo, el análisis satelital no permite diferenciar los incendios forestales de las quemadas agropecuarias (Thompson y Morrison, 2020). Esto es relevante debido a que las quemadas agropecuarias se realizan en terrenos dedicados a actividades agrícolas o pecuarias, mientras que los incendios forestales ocurren en áreas de vegetación natural, seminatural y en terrenos forestales.

El estado de Veracruz registra 18 tipos de vegetación, por tanto, cuenta con una alta diversidad de comunidades vegetales (Gómez-Pompa, 1978). Esto contrasta con la cobertura de vegetación natural más baja del país (18 %) y la dominancia de las actividades agropecuarias (77 %) en el territorio (Semarnat, 2019). Además, se encuentra expuesto de manera recurrente a los incendios forestales (Gobierno de México, 2024) y destaca a nivel nacional por el porcentaje de municipios con alto grado de vulnerabilidad al cambio climático (González et al., 2021). Sin embargo, no se han realizado estudios detallados de los incendios forestales a nivel estatal; solo se cuenta con algunas investigaciones a nivel local, principalmente en el sur de la entidad (Cerano-Paredes et al., 2021; Neger, 2021; Neger y Manzano-Delgado, 2021; Neger et al., 2023).

Con base en lo antes expuesto, este trabajo tiene por objetivo caracterizar los incendios forestales y sus posibles causas en el estado de Veracruz, con énfasis en la cuenca del río La Antigua. El periodo analizado (2022-2024) corresponde a la disponibilidad de información en el Concentrado Nacional de Incendios Forestales (CNIF). La cuenca del río La Antigua destaca por el uso agrícola y como fuente principal de abastecimiento de agua a las ciudades de Xalapa y Coatepec (Pereyra et al., 2011). Actualmente registra los municipios con mayor número de incendios en la entidad (Gobierno de México, 2024). Además, los escenarios de cambio climático muestran la disminución de la precipitación (Monterroso et al., 2007) y el incremento de la evapotranspiración real (Pereyra et al., 2011) en dicha cuenca. Por tanto, bajo estos escenarios podrían incrementarse la frecuencia e intensidad de los incendios forestales.

Metodología

El trabajo se realizó en el estado de Veracruz, con énfasis en la cuenca del río La Antigua, debido al alto número de incendios registrados en la misma. La vegetación natural de esta cuenca incluye bosque de coníferas, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña, manglares, selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia, que en conjunto cubren 49.54 % del territorio. La agricultura y los pastizales

para la actividad pecuaria corresponden al 28.13 % y 17.29 %, respectivamente. Los principales cultivos son café, maíz, caña, limón, mango y papa. La temperatura media anual de la cuenca oscila entre 4.9 a 27.3 °C, los valores mayores se registran de abril a junio. La precipitación media anual es de 1 522 mm y los valores más altos ocurren de junio a septiembre (Ávila-García et al., 2023).

Se obtuvieron los datos correspondientes a las primeras 24 semanas de los años 2022, 2023 y 2024 del CNIF del Gobierno de México (2024). Cabe mencionar que el CNIF no cuenta con datos disponibles previos al año 2022, por tanto, el trabajo se limitó al periodo 2022-2024. Se analizaron las primeras 24 semanas, que corresponde a la época de sequías, porque la mayoría de los incendios en México y en Veracruz se registran en esta época del año (Cerano-Paredes et al., 2021).

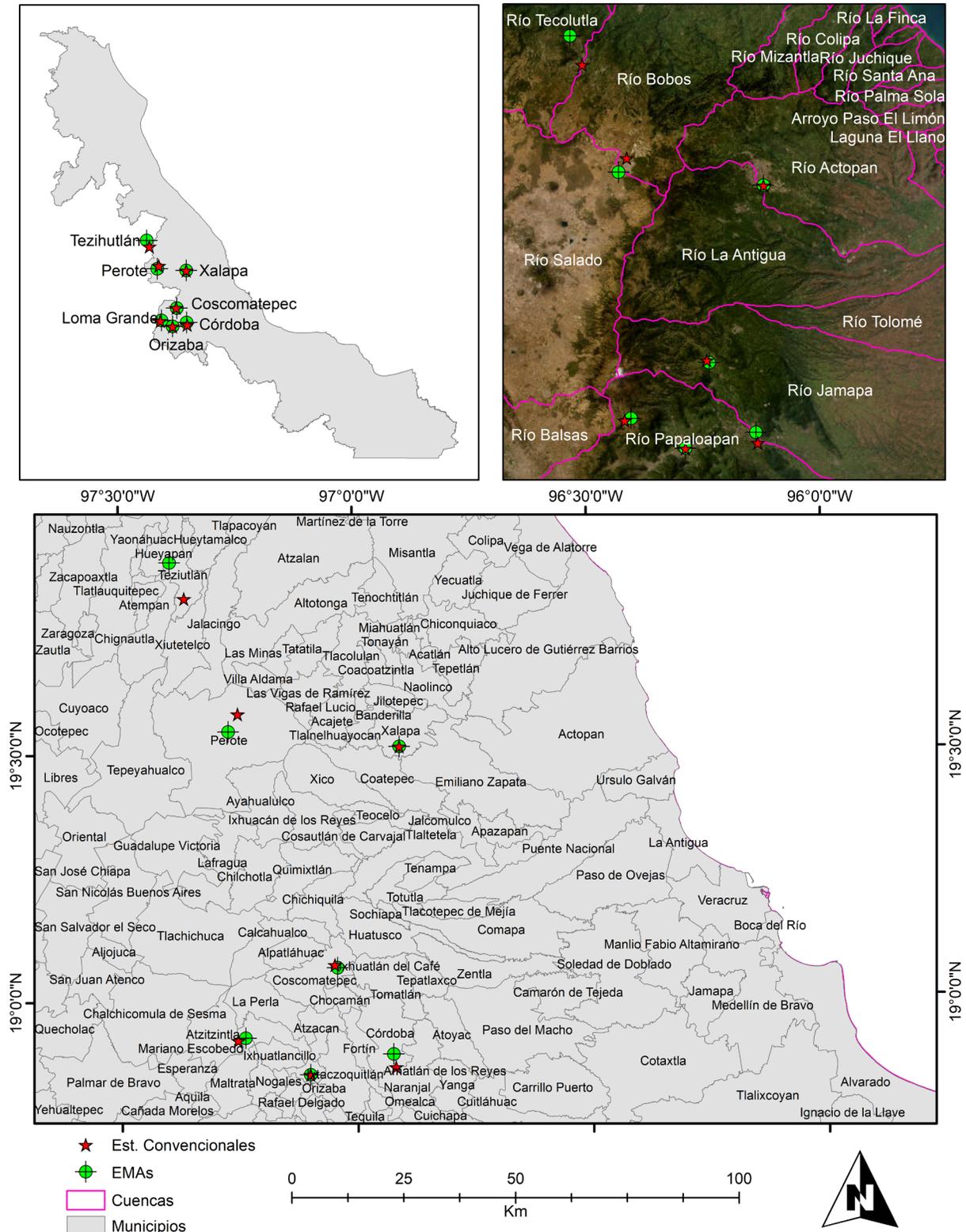
Se analizaron las variables siguientes: número de incendios forestales, afectaciones en superficie, tipos de vegetación, áreas naturales protegidas (solamente las de competencia federal) y municipios, así como las posibles causas de los incendios forestales.

Se eligieron las estaciones meteorológicas automáticas (EMA), propiedad del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), más cercanas al área de estudio (**Tabla 1, Figura 1**), para obtener datos de temperatura y precipitación durante el periodo de 2022 al primer semestre del 2024, con registros cada 10 minutos. La ventaja de los datos de las EMA radica en que a través de la página oficial del SMN https://smn.conagua.gob.mx/es/?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=102 se pueden obtener datos en tiempo real. Sin embargo, existen periodos de intermitencia en las comunicaciones, que en ocasiones impiden contar con series de datos completas. Debido a lo anterior, algunas de las estaciones empleadas fueron útiles para ciertos periodos dentro del rango temporal de interés (**Tabla 1**).

Tabla 1. Estaciones meteorológicas automáticas utilizadas y datos disponibles por mes y por año

EMA	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)	Meses con información por año		
				2022	2023	2024
Teziutlán	-97.39066	19.88800	1562	12	12	4
Perote	-97.26838	19.54516	2406	12	12	4
Xalapa	-96.90364	19.51250	1367	3	0	0
Coscomatepec	-97.03689	19.07128	1491	6	0	0
Loma Grande	-97.23694	18.92527	2707	1	12	4
Córdoba	-96.92310	18.89006	835	12	12	4
Orizaba	-97.09905	18.85169	1231	8	0	0

Figura 1. Distribución de las estaciones climáticas convencionales y las EMA



Con los registros diarios de cada EMA, se promedió la temperatura de cada mes y se sumó la precipitación diaria registrada para obtener la precipitación total acumulada mensual. Estos datos se compararon con las normales climatológicas del lugar, que se obtuvieron de los registros de 30 años de temperatura y precipitación de las estaciones climatológicas convencionales (ECC), propiedad del SMN y disponibles en el portal oficial <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>. Se seleccionaron las ECC más cercanas a las EMA y con condiciones de altitud lo más semejante posible, para un análisis comparativo más preciso (Tabla 2, Figura 1). Debido a que la información de las ECC no está actualizada, se utilizaron las normales climatológicas 1981-2010 (SMN, 2024).

Tabla 2. Estaciones climáticas convencionales para la comparación con las EMA

Estación	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)	EMA para comparar
Teziutlán	-97.36000	19.81527	1964	Teziutlán
Perote	-97.24777	19.58083	2392	Perote
Xalapa	-96.90388	19.51194	1360	Xalapa
Coscomatepec	-97.04610	19.07170	1530	Coscomatepec
Paso Carretas	-97.25250	18.92027	2887	Loma Grande
San Miguelito	-96.91805	18.86388	781	Córdoba
Orizaba	-97.10000	18.85000	1237	Orizaba

A partir de los datos de las EMA y de las ECC se elaboraron climogramas para comparar las condiciones ambientales que imperaron en el periodo 2022-2024 con los valores normales (1981 a 2010). Además, se calculó la desviación mensual de la temperatura y la precipitación, por estación y año de análisis.

Resultados

Incendios forestales en el Estado de Veracruz (2022-2024)

El número de incendios forestales en el estado de Veracruz, correspondiente a las primeras 24 semanas del año, disminuyó en el periodo 2022-2024. Lo mismo ocurrió con el número de municipios afectados, que corresponde cada año al menos al 14 % del total. En contraste, la superficie incendiada en este periodo casi se cuatuplicó, afectando diversos tipos de bosques, selvas y matorrales, así como siete áreas naturales protegidas (Tabla 3).

Tabla 3. Incendios forestales y sus afectaciones en el estado de Veracruz (2022-2024)

Variables	Años		
	2022	2023	2024
Número de incendios	246	167	164
Número de municipios afectados	43	38	30
Superficie afectada (hectáreas)	2209.81	1388.86	8369.43
Tipo de vegetación afectada	BE, BEP, BO, BP, BPE, BMM, SAP, SBC, SBP, SBSC, SMC, SMP, T	BC, BE, BEP, BO, BP, BPE, BMM, MDR, SAP, SBC, SBP	BE, BEP, BO, BP, BPE, BMM, MC, MDR, SAP, SBC
Áreas naturales protegidas afectadas	Cañón del Río Blanco, Cofre de Perote, Los Tuxtles, Metlac – Río Blanco, Pico de Orizaba	Cañón del Río Blanco, Cofre de Perote, Los Tuxtles, Pico de Orizaba, San Felipe II	Cañón del Río Blanco, Cofre de Perote, Los Tuxtles, Metlac – Río Blanco, Pico de Orizaba, San Pedro en el Monte

Fuente: datos del Gobierno de México (2024)

SBC: selva baja caducifolia, BP: bosque de pino, BEP: bosque de encino-pino, BPE: bosque de pino-encino, BO: bosque de oyamel, MDR: matorral desértico rosetófilo, BMM: bosque mesófilo de montaña, MC: matorral crasicaule, SAP: selva alta perennifolia, SMC: selva mediana caducifolia, SMP: selva mediana perennifolia, SBP: selva baja perennifolia, SBSC: selva baja subcaducifolia, BC: bosque cultivado, T: tular

Los municipios del estado de Veracruz con 10 o más incendios forestales en al menos 1 año, durante el periodo 2022-2024, fueron Perote, Ayahualulco, Huayacocotla, Maltrata, Mecayapan, Sotepan y Las Vigas de Ramírez, de los cuales tres pertenecen a la cuenca del río La Antigua (Tabla 4).

Las posibles causas de los incendios forestales son diversas, dominaron en el periodo de estudio las actividades agrícolas, causas desconocidas e incendios intencionales. En menor medida, se atribuyeron a los fumadores, las fogatas, las actividades pecuarias y otras actividades productivas. Se observó en el periodo de estudio un incremento importante de los incendios intencionales (Tabla 4).

Incendios forestales en la cuenca del río La Antigua (2022-2024)

En particular, en la cuenca del río La Antigua se observó un aumento en la frecuencia relativa de incendios forestales: se registraron 37.80 % del total en 2022 y 57.32 %, en 2024, que han afectado a ocho tipos de vegetación y nueve

Tabla 4. Posibles causas de los incendios forestales en el estado de Veracruz (2022-2024)

Posible causa de incendio	Número de incendios y porcentaje (%)		
	2022	2023	2024
Actividades agrícolas	67 (27.24)	40 (23.95)	33 (20.12)
Desconocidas	59 (23.98)	27 (16.17)	35 (21.34)
Intencional	22 (8.94)	32 (19.16)	45 (27.44)
Fumadores	36 (14.63)	8 (4.79)	20 (12.20)
Fogatas	27 (10.98)	21 (12.57)	6 (3.66)
Actividades pecuarias	9 (3.67)	14 (8.38)	5 (3.05)
Otras actividades productivas	13 (5.28)	8 (4.79)	10 (6.10)
Otras causas	13 (5.28)	17 (10.18)	10 (6.10)

Fuente: datos del Gobierno de México (2024)

municipios. Estos municipios se distribuyen en distintas partes de la cuenca, en un rango de altitud de 460 a 2591 m s. n. m.. El mayor número de incendios se registró en los municipios de mayor altitud; sin embargo, la superficie afectada varía ampliamente por municipio y por año (Tabla 5).

Las causas más frecuentes de los incendios forestales en la cuenca del río La Antigua son las actividades agrícolas, las causas desconocidas y las intencionales, coincidiendo con las mayores superficies afectadas. En contraste, las actividades pecuarias son menos frecuentes, pero afectan grandes superficies (Tabla 6).

La Figura 2 muestra los climogramas de las siete EMA (letras “a” a “g”) analizadas para los 3 años de estudio, así como las normales climatológicas. Se observan diferencias entre las variables térmicas y pluviales de los años 2022 a 2024, con respecto a los valores normales.

La temperatura media muestra valores más altos en todas las estaciones con respecto a la normal 1981-2010 (línea verde). Esta situación es más evidente durante los meses del verano, donde se aprecian registros aún más altos que en

Tabla 5. Incendios forestales y sus afectaciones en los municipios de la cuenca del río La Antigua (2022-2024)

Municipio y altitud	Número de incendios Superficie afectada (hectáreas)			Tipo de vegetación afectada		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Apazapan 460 m s. n. m.	2 94.32 ha	1 4.95 ha	2 27.66 ha	SBC	SBC	SBC
Emiliano Zapata 827 m s. n. m.	1 7.22 ha	1 19.22 ha	0 0	SBC	BE	---
Ixhuacán de los Reyes 916 m s. n. m.	4 373.69 h	3 86.9 ha	3 460.75 ha	BP, BEP, BMM	BP	BP
Acajete 2019 m s. n. m.	7 135.97 ha	3 3.61 ha	3 36.93 ha	BP, BE, BPE, BEP	BMM, BE, BPE	BPE, BEP, BMM
Xico 2 106 m s. n. m.	1 90.41 ha	0 0	3 151.84 ha	BP	---	BP, BEP
Calchualco 2146 m s. n. m.	1 32.26 ha	1 54.15 ha	3 248.91 ha	BP	BP	BP, BPE
Las Vigas de Ramírez 2438 m s. n. m.	4 1.77 ha	5 4.10 ha	10 5.49 ha	BP	BP	BP, BPE
Ayahualulco 2546 m s. n. m.	14 41.99 ha	12 99.80 ha	13 85.35 ha	BP, MDR, BPE, BEP, BO	BP, MDR, BPE	BP, MDR, BPE
Perote 2591 m s. n. m.	59 112.60 ha	57 275.94 ha	57 647.33 ha	BP, BPE, BEP, MDR	BP, BO, MDR	BP, BO, BPE, BEP
Total de incendios de la cuenca y porcentaje en relación con el total del estado	93 37.80 %	83 49.70 %	94 57.32 %			

Fuente: datos del Gobierno de México (2024)

SBC: selva baja caducifolia, BP: bosque de pino, BE: bosque de encino, BEP: bosque de encino-pino, BPE: bosque de pino-encino, BO: bosque de oyamel, MDR: matorral desértico rosetófilo, BMM: bosque mesófilo de montaña

Tabla 6. Posibles causas de los incendios forestales y superficie afectada en la cuenca del río La Antigua (2022-2024)

Posible causa de incendio	Número de incendios y porcentaje (%) Superficie afectada en hectáreas		
	2022	2023	2024
Actividades agrícolas	36 (38.71) 219.99 ha	24 (28.92) 123.42 ha	22 (23.40) 167.24 ha
Desconocidas	20 (21.51) 480.46 ha	12 (14.46) 260.93 ha	15 (15.96) 356.69 ha
Intencional	4 (4.30) 46.53 ha	22 (26.51) 52.68 ha	37 (39.36) 542.49 ha
Fogatas	17 (18.28) 24.45 ha	14 (16.87) 10.88 ha	2 (2.13) 23.00 ha
Fumadores	9 (9.68) 9.86 ha	1 (1.20) 0.70 ha	7 (7.45) 3.64 ha
Actividades pecuarias	3 (3.23) 100.87 ha	5 (6.02) 23.62 ha	3 (3.19) 460.75 ha
Otras actividades productivas	1 (1.08) 3.67 ha	1 (1.20) 0.24 ha	5 (5.32) 88.62 ha
Otras causas	3 (3.23) 4.38 ha	3 (3.61) 56.98 ha	3 (3.18) 21.83 ha

Fuente: datos del Gobierno de México (2024)

el resto de los meses (**Figura 2**). Lo anterior revela que la temporada de calor es marcadamente mayor que la normal, en comparación con el resto de las estaciones del año. Por su parte, la precipitación total indica un gran déficit pluvial respecto de los valores normales (columna azul), con la excepción de algunos meses: junio del 2024 en Loma Grande, julio y agosto del 2022 en Orizaba, junio del 2024 en Perote. La temporada de estiaje ha sido claramente mayor, incluso se registraron valores cercanos a cero en acumulación de lluvia (**Figura 2**). La desviación mensual de la precipitación total y de la temperatura media por estación y año de análisis (**Figuras 3 y 4**) muestran el comportamiento de ambas variables respecto de sus valores normales (líneas continuas). Se observa la combinación de temperaturas elevadas con una menor cantidad de lluvia, lo cual indica que la temporada de sequía de los años 2022 al 2024 ha sido severa.

Discusión

La mayoría de los incendios forestales registrados se originaron por actividades antropogénicas, lo que coincide con lo observado a nivel nacional, durante el periodo

1998 a 2019 (Conafor, 2020). Además, Galván y Magaña (2020) encontraron que esta es la causa principal en el sur del país, donde se ubica el estado de Veracruz. Dominan los incendios atribuidos a las actividades agrícolas y los intencionales, coincidiendo con los datos oficiales reportados y la percepción de las autoridades locales, en la sierra de Los Tuxtlas, Veracruz (Neger, 2021).

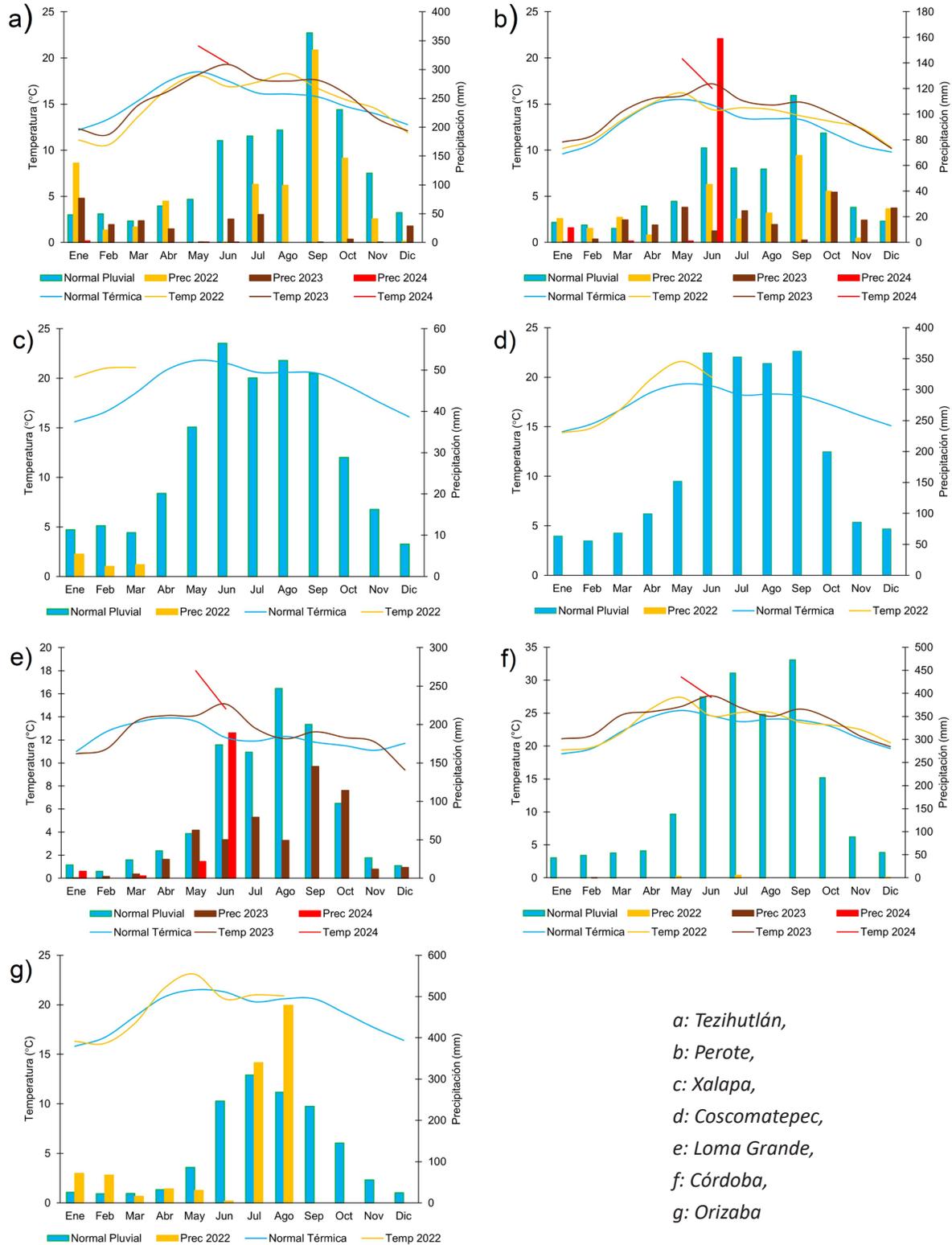
Se registró un incremento de la superficie afectada por incendios en el periodo 2022 a 2024. Sin embargo, se debe considerar que en México tanto el número de incendios, como la superficie afectada están subestimados (Corona-Núñez et al., 2020); en el caso de la cuenca del río La Antigua, las intensas olas de calor que se presentaron en los meses de abril a junio del 2024 y la escasa precipitación registrada, en comparación con las normales (**Figura 1, Tabla 5**), podrían estar propiciando incendios forestales más severos, en cuanto a superficie afectada. Esto ha sido documentado por varios autores (Cerano-Paredes et al., 2015; Cerano-Paredes et al., 2016; Cerano-Paredes et al., 2021), quienes encontraron una relación positiva entre la disminución de la precipitación (sequía) y la ocurrencia de incendios en Jalisco, Puebla y el Cofre de Perote.

El incremento de la temperatura y el déficit pluvial posiblemente se combinó con una mayor disponibilidad de combustibles, el uso inadecuado del fuego en diversas actividades productivas, así como la limitada capacidad de respuesta para la atención de los incendios forestales (Conafor, 2020).

Los municipios de mayor altitud, ubicados en las partes altas de la cuenca del río La Antigua, registraron pérdidas en la superficie en distintos tipos de bosques de coníferas y en el matorral desértico rosetófilo. Estos tipos de vegetación están adaptadas al fuego, exceptuando al bosque de oyamel. En los ecosistemas adaptados, el fuego tiene un papel esencial en la dinámica poblacional de la mayoría de sus especies, así como en el mantenimiento de sus procesos ecológicos (Del Campo y Bernal-Toro, 2010; Rodríguez, 2014; Conafor, 2024). Sin embargo, también influye la severidad del incendio forestal, pues cuando esta es moderada se favorece la composición, estructura y diversidad de la vegetación de los bosques templados (Cadena-Zamudio et al., 2022).

En contraste, los municipios de menor altitud registraron pérdida principalmente de la superficie de selva baja caducifolia, mientras que los que se encuentran en la zona de transición, registraron pérdidas de bosque mesófilo de montaña y de bosques de coníferas. En estas altitudes, el impacto del fuego es mayor, debido a que el bosque mesófilo de montaña y los distintos tipos de selva son sensibles al fuego. Esto significa que la mayoría de sus especies no cuentan con mecanismos que le permitan responder positivamente al fuego o recuperarse de este (Del Campo y Bernal-Toro, 2010; Conafor, 2024). Los incendios en ecosistemas sensibles pueden modificar la estructura del

Figura 2. Climogramas de las EMA utilizadas en el análisis



a: Tezihutlán,
 b: Perote,
 c: Xalapa,
 d: Coscomatepec,
 e: Loma Grande,
 f: Córdoba,
 g: Orizaba

Figura 3. Desviación mensual de la precipitación por estación y año de análisis

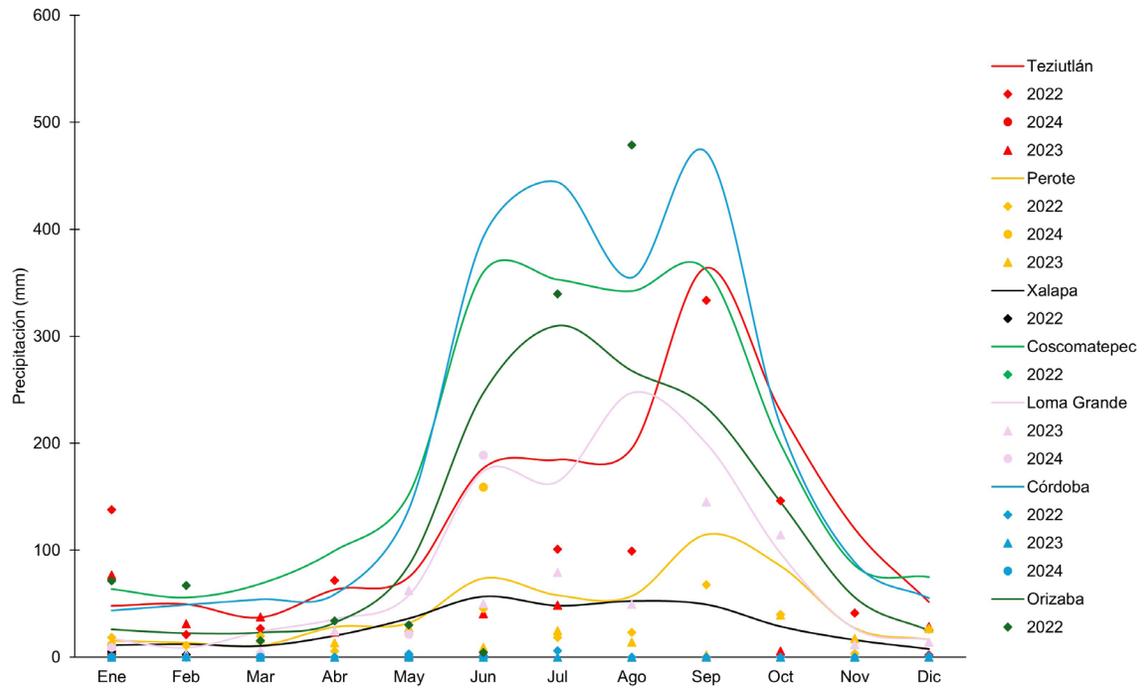
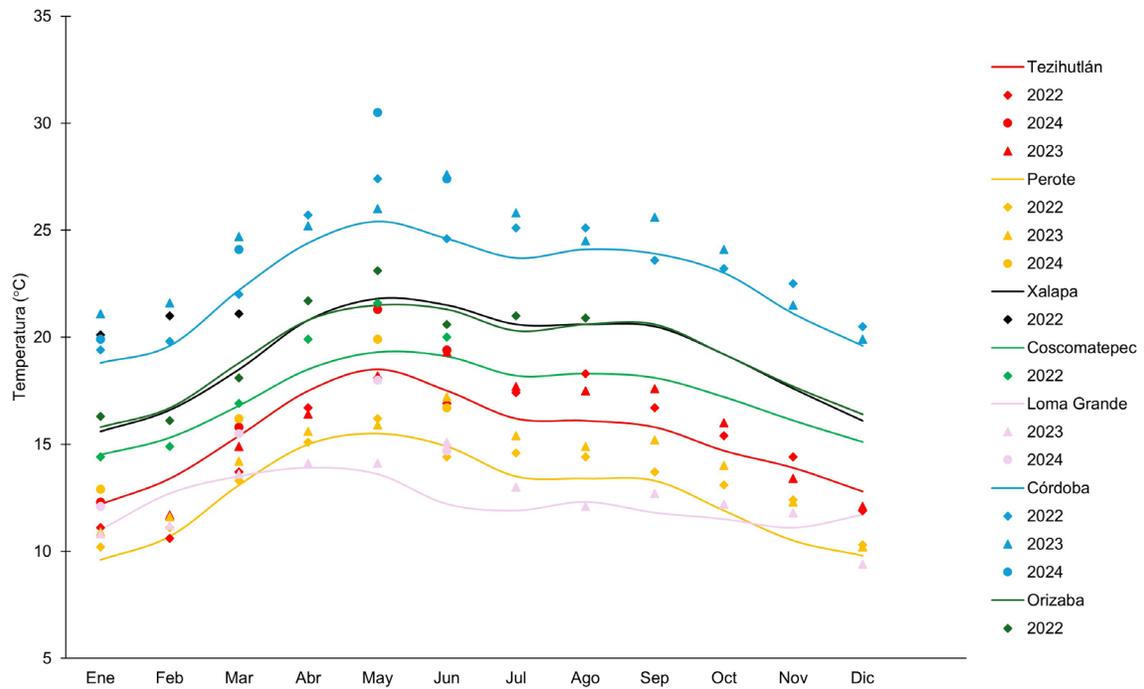


Figura 4. Desviación mensual de la temperatura por estación y año de análisis



ecosistema y la abundancia relativa de las especies a largo plazo, así como limitar el tamaño del ecosistema (The Nature Conservancy, 2004). En particular, el bosque mesófilo de montaña es el tipo de vegetación con mayor riqueza florística por unidad de área, 34.8 % de las plantas vasculares que presenta son endémicas (Villaseñor, 2010) y ocupa menos de 1 % del territorio nacional (Rosas et al., 2019). Por tanto, podría ser el ecosistema más impactado por este fenómeno.

Los incendios forestales han afectado a siete áreas naturales protegidas; sin embargo, estos datos podrían estar subestimados. Esto se debe a que, durante la temporada de alta incidencia de este fenómeno, la disponibilidad de recursos humanos es escasa y el acceso a algunos terrenos es limitado, lo que dificulta la delimitación de las zonas afectadas (Neger et al., 2023). Además, los registros del CNIF no consideran los espacios naturales protegidos de competencia estatal.

Conclusiones

Los incendios forestales en el Estado de Veracruz, durante el periodo 2022-2024, disminuyeron en número, pero aumentaron en superficie. Los municipios con mayor incidencia de incendios se ubican en la cuenca del río La Antigua. Si se considera que por lo general se subestima el área afectada por incendios forestales, el impacto real podría ser mayor.

Se registraron pérdidas de cobertura de diversos tipos de vegetación, con afectaciones en varias áreas naturales protegidas. Específicamente en las altitudes bajas e intermedias de la cuenca del río La Antigua, se contabilizaron afectaciones en ecosistemas sensibles al fuego, como son la selva baja caducifolia y el bosque mesófilo de montaña. Este último podría ser el ecosistema más vulnerable a este fenómeno, debido a su escasa cobertura a nivel nacional, unido a su alta biodiversidad y endemismo. En contraste, los municipios de la cuenca con mayor altitud tuvieron afectaciones en distintos tipos de bosques de coníferas y en el matorral desértico rosetófilo, que son ecosistemas adaptados al fuego (con excepción del bosque de oyamel), donde este tiene una función importante en la dinámica poblacional de las especies y en los procesos ecológicos.

La causa de los incendios forestales es multifactorial, se combinan factores ambientales, socioeconómicos y culturales, entre los cuales destacan el incremento de la temperatura y el déficit hídrico, el manejo inadecuado del fuego en las actividades agropecuarias y los incendios intencionales. Esta última causa se incrementó durante el periodo estudiado. Por otra parte, a futuro los efectos del cambio climático podrían aumentar la frecuencia y la intensidad de los incendios, dificultando su control.

El manejo del fuego plantea grandes retos, ya que implica la sensibilización y capacitación de la población,

el manejo ordenado del fuego agropecuario, el diseño de estrategias dirigidas a disminuir la alteración de los regímenes de fuego de los ecosistemas forestales, así como a la protección y conservación de los ecosistemas forestales y a la adaptación al cambio climático. Por tanto, se requieren políticas públicas integrales, que consideren las perspectivas social, económica y ecológica para mejorar la capacidad de respuesta ante este fenómeno.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Red de Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos (REDESClim) del CONAHCYT, la cual generó espacios de discusión académica, que propiciaron la investigación colaborativa y retroalimentaron este trabajo.

Referencias

- Ávila-García, D., Hernández, L. E., Cicchini, F., Alvarado, J., Fernández-Montes de Oca, A. I. y López, S. M. (2023). *Planes de acción para el manejo integral de cuencas cuenca de río La Antigua*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza y Banco Mundial. https://fincn.org/uploads/publication/file/pdf/Pamic_antigua.pdf
- Bryant, T., Waring, K., Sánchez, A. y Bradford, JB. (2019). A framework for quantifying resilience to forest disturbance. *Frontiers in Forest and Global Change*, 2(56), 1-14. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00056>
- Cadena-Zamudio, D. A., Flores-Garnica, J. G., Lomelí-Zavala, M. E. y Flores-Rodríguez, A. G. (2022). Does the severity of a forest fire modify the composition, diversity and structure of temperate forests in Jalisco? *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 28(1), 3-20. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2020.12.076>
- Cerano-Paredes, J., Villanueva-Díaz, J., Cervantes-Martínez, R., Fulé, P., Yocom, L., Esquivel-Arriaga, G., et al. (2015). Historia de incendios en un bosque de pino de la sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Bosque (Valdivia)*, 36(1), 41-52. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000100005>
- Cerano-Paredes, J., Villanueva-Díaz, J., Vázquez-Selem, L., Cervantes-Martínez, R., Esquivel-Arriaga, G., Guerra-de la Cruz, V., et al. (2016). Régimen histórico de incendios y su relación con el clima en un bosque de *Pinus hartwegii* al norte del estado de Puebla, México. *Bosque (Valdivia)*, 37(2), 389-399. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002016000200017>
- Cerano-Paredes, J., Iniguez, J. M., Villanueva-Díaz, J., Vázquez-Selem, L., Cervantes-Martínez, R., Esquivel-Arriaga, G., et al. (2021). Effects of climate on historical fire regimes (1451–2013) in *Pinus hartwegii* forests of Cofre de Perote National Park, Veracruz, Mexico. *Dendrochronologia* 65, 125784 <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2020.125784>
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). (2020). *Programa de Manejo del Fuego 2020-2024*. Conafor. <https://idefor.cnf.gob.mx/documents/829/download>.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). (2024). *Clasificación de los ecosistemas según su relación con el fuego*. Sistema

- Nacional de Información Forestal. <https://snif.cnf.gob.mx/incendios/>
- Corona-Núñez, R. O., Li, F. y Campo, J. E. (2020). Fires Represent an Important Source of Carbon Emissions in Mexico. *Advanced Earth and Space Science*, 34(12), 1-16. <https://doi.org/10.1029/2020GB006815>
- Davis, K. T., Dobrowski, S. Z., Higuera, P. E., Holden, Z. A., Veblen, T. T., Rother, M. T., et al. (2019). Wildfires and climate change push low-elevation forests across a critical climate threshold for tree regeneration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(13), 6193-6198. <https://doi.org/10.1073/pnas.1815107116>
- Del Campo Parra-Lara, A. y Bernal-Toro, F. H. (2010). Incendios de cobertura vegetal y biodiversidad: una mirada a los impactos y efectos ecológicos potenciales sobre la diversidad vegetal. *El Hombre y la Máquina*, 35, 67-81. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47817140008>
- Galván, L. y Magaña, V. (2020). Forest fires in Mexico: An approach to estimate fire probabilities. *International Journal of Wildland Fire*, 29(9), 753-763. <https://doi.org/10.1071/WF19057>
- Gobierno de México. (2024). *Concentrado Nacional de Incendios Forestales*. https://monitor_incendios.cnf.gob.mx/incendios_anp
- Gómez-Pompa, A. (1978). *Ecología de la Vegetación del Estado de Veracruz*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.
- González Terrazas, D. I., Vermonden Thibodeau, A. y Gress Carrasco F. (2021). Municipios Vulnerables al Cambio Climático con base en los resultados del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. <https://www.cmec.org.mx/sectores/medioambiente/nacional/CC/Municipios%20Vulnerables%20al%20CC.pdf>
- Gutiérrez, G., Orozco, M. E., Ordóñez, J. A. y Camacho, J. M. (2015). Régimen y distribución de los incendios forestales en el Estado de México (2000 a 2011). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(29), 92-107. <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/issue/view/17>
- Hartung, M., Carreño-Rocabado, G., Peña-Claros, M. y Van der Sander, M. T. (2021). Tropical dry forest resilience to fire depends on fire frequency and climate. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4, 1-18. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.755104>
- Jardel-Peláez, E., Alvarado-Celestino, E., Morfín-Ríos, J., Castillo-Navarro, F. y Flores-Garnica, J. (2009). Regímenes de incendios en ecosistemas forestales de México. En J. Flores-Garnica (Ed.), *Impacto ambiental de incendios forestales* (pp. 73-100). Mundi-Prensa, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Colegio de Postgraduados.
- Mietkiewicz, N., Balch J. K., Schoennagel, T., Leyk, S., Denis, L. A. y Bradley, B. A. (2020). In the line of fire: Consequences of human-ignited wildfires to homes in the U.S. (1992–2015). *Fire*, 3, 50. <https://doi.org/10.3390/fire3030050>
- Monterroso-Rivas, A. I., Conde-Álvarez, A. C., Gómez-Díaz, J. D. y López-García, J. (2007). Vulnerabilidad y riesgo en agricultura por cambio climático en la Región Centro del estado de Veracruz, México. *Zonas Áridas*, 11(1), 47-60. <http://www.lamolina.edu.pe/zonasaridas/za11/pdfs/ZA11%2000%20art03.pdf>
- Neger, C. (2021). Causas antrópicas de los incendios forestales en la sierra de los Tuxtlas, México. México. En E. Serna (Ed.), *Ciencia transdisciplinaria para el desarrollo y la supervivencia de la humanidad*. (pp. 376-393). Instituto Antioqueño de Investigación. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.5139646>
- Neger, C. y Manzo-Delgado, L. L. (2021). La evaluación de la gestión del riesgo de los incendios forestales en áreas naturales protegidas tropicales: el caso de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (México). *Cuadernos Geográficos*, 60(3), 95-128. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i3.16236>
- Neger, C., García-López, P., Manzo-Delgado, L. L. y Espinoza-Rodríguez, J. M. (2023). Monitoreo de incendios forestales a escala local: estudio de caso del ejido Mecayapan, México. *Bosque (Valdivia)*, 44(3), 519-533. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-92002023000300519>
- Pereyra, D., Cruz, D. G. y Pérez Sesma, J. A. A. (2011). La evapotranspiración Real (ETR) en la cuenca del río La Antigua, Veracruz: estado actual y ante escenarios de cambio climático. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, (75), 37-50. <https://doi.org/10.14350/rig.29785>
- Ponomarev, E., Yakimov, N., Ponomareva, T., Yakubailik, O. y Conard, S.G. (2021). Current Trend of Carbon Emissions from Wildfires in Siberia. *Atmosphere*, 12(5), 559. <https://doi.org/10.3390/fire3030050>
- Rodríguez, D. A. (2014). *Incendios de vegetación: su ecología, manejo e historia*. Colegio de Postgraduados.
- Rosas-Rangel, D. M., Mendoza, M. E., Gómez-Tagle, A. y Tobón-Marín, C. (2019). Avances y desafíos en el conocimiento de los bosques mesófilos de montaña de México. *Madera y Bosques*, 25(1), e2511759. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511759>
- Rojas, L. I., Romo, J. L., Rodríguez, D. A. y Villanueva-Morales, A. (2022). Susceptibilidad a incendios en el campo forestal experimental Las Cruces, Texococo, México: Una priorización basada en el enfoque multicriterio. *Sociedad y Ambiente*, (25), 1-35. <https://doi.org/10.31840/sya.vi25.2484>
- Samamé, J. A. (2023). Los incendios forestales y su repercusión en el ecosistema peruano. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 273-288. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.610>
- Sánchez, S., Grilli, M., Karlin, M., Fachinetti, R. y Ravelo, A. (2022). Determinación de regímenes de incendios y sequías usando información satelital y meteorológica para Córdoba, Argentina. *AgriScientia*, 39(1), 1-13. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v39.n1.33798>
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2019). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*, Edición 2018. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). (17 de abril de 2024). *Normales Climatológicas por Estado*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=ver>
- The Nature Conservancy (2004). *El Fuego, los Ecosistemas y la Gente. Una evaluación preliminar del fuego como un tema global de conservación*. The Nature Conservancy. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/FireLandscapes/LANDFIRE/Documents/EI%20Fuego%20los%20Ecosistemas%20y%20la%20Gente.pdf>
- Thompson, D. K. y Morrison, K. (2020). A classification scheme to determine wildfires from the satellite record in the cool

- grasslands of southern Canada: considerations for fire occurrence modelling and warning criteria. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(12), 3439-3454. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-3439-2020v>
- Turner, M. G., Braziunas, K. H., Hansen, W. D. y Harvey, B. J. (2019). Short-interval severe fire erodes the resilience of subalpine lodgepole pine forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 116 (23), 11319-11328. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1902841116
- Villaseñor, J. L. (2010). *El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares. Catálogo florístico-taxonómico*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Wang, Y. y Lewis, D. J. (2024). Wildfires and climate change have lowered the economic value of western U.S. forests by altering risk explication. *Journal of Environmental Economics and Management*, 123, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2023.102894>

