

Normatividad del uso del fuego forestal y agropecuario en México: de la supresión al manejo integral del fuego

Regulation of the use of forest and agricultural fires in Mexico: from suppression to integrated fire management

Jesús Eduardo Sáenz-Ceja,* & María Liliana Ávalos-Rodríguez,** Andrea Solórzano-Díaz,***
Erika Garduño-Mendoza⁺ y Manuel E. Mendoza⁺⁺ #

Recibido: 20/08/2024. Aceptado: 24/01/2025. Publicado: 12/03/2025.

Resumen. El uso del fuego forestal y agropecuario está regulado por la normatividad ambiental, principalmente bajo un enfoque restrictivo para prevenir incendios forestales. En este estudio se realizó una revisión sistemática de la normatividad federal y estatal que regula el uso del fuego forestal y agropecuario en México. En primer lugar, se identificaron leyes, códigos y normas asociadas; se determinó si incluyen los principios de derecho ambiental y conceptos asociados al manejo integral del fuego. Se identificaron niveles de restricción al uso del fuego en los estados, así como las sanciones por hacer uso negligente del fuego, y se evalua-

ron cambios en número de incendios y superficie quemada respecto a la promulgación de la ley estatal asociada. Los resultados sugieren que la normatividad federal incorpora principios de derecho ambiental y conceptos del manejo del fuego, transitando desde el enfoque restrictivo al de manejo integral del fuego. En contraste, la mayoría de los estados conservan una normatividad restrictiva: cinco entidades tienen vedas permanentes de uso del fuego, 40% contempla vedas temporales, mientras que en el resto se permite su uso con restricciones menores. No hubo diferencias significativas entre las sanciones por realizar quemas o por provocar in-

* Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Col. Exhacienda San José de la Huerta, 58190, Morelia, Michoacán, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4518-5411>. Email: jsaenz@cieco.unam.mx. Autor de correspondencia.

** Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Col. Exhacienda San José de la Huerta, 58190, Morelia, Michoacán, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8580-5873>. Email: lrodriguez@ciga.unam.mx

*** Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Avenida Francisco J. Múgica s/n, Ciudad Universitaria, 58030, Morelia, Michoacán, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9617-9743>. Email: 0835002f@umich.mx

⁺ Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Col. Exhacienda San José de la Huerta, 58190, Morelia, Michoacán, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0830-5159>. Email: egarduno@cieco.unam.mx

⁺⁺ Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Col. Exhacienda San José de la Huerta, 58190, Morelia, Michoacán, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1310-9702>. Email: mmendoza@igeofisica.unam.mx

Centre for Natural Hazard Research, Department of Earth Sciences, Simon Fraser University, V5A 1S6, Burnaby, British Columbia, Canadá.

& Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Col. Exhacienda San José de la Huerta, 58190, Morelia, Michoacán, México.

incendios forestales. Además, luego de la promulgación de la respectiva ley, el número de incendios disminuyó en el 30% de los estados, mientras que en el 22% la superficie quemada se incrementó. La discrepancia entre la normatividad federal y estatal podría obstaculizar el proceso de transición hacia el manejo integral del fuego.

Palabras clave: derecho ambiental, ecología del fuego, legislación, quema agropecuaria, veda,

Abstract. The use of fire in forests and agriculture is regulated by environmental legislation, mainly under a restrictive approach to forest fire prevention. This study conducted a systematic review of the federal and state normativity that regulates the use of fire in forests and agriculture in Mexico. First, we identified laws, codes and related standards and determined whether they incorporate the principles of environmental law and concepts associated with integrated fire management. We identified the extent of fire restrictions in

INTRODUCCIÓN

La normatividad ambiental es el conjunto de regulaciones que establece las obligaciones, responsabilidades, limitaciones, sanciones e incentivos para individuos, corporaciones y entidades gubernamentales para la preservación ambiental (McManus, 2009). La normatividad ambiental tiene su origen en principios de derecho ambiental que buscan garantizar el derecho a un ambiente sano y preservar las funciones y procesos ambientales (Carrillo-González *et al.*, 2017). Entre ellos se encuentran el preventivo (evitar o disminuir un riesgo ambiental de manera anticipada), precautorio (cautela en caso de conocimiento parcial de las consecuencias ambientales de una actividad o fenómeno), contaminador pagador (obligación de reparar o compensar el daño ambiental), responsabilidad ambiental (las decisiones y acciones deben adoptarse al nivel más próximo al problema ambiental) y participación ciudadana (derecho y deber de la ciudadanía a influir en la formulación, implementación y evaluación de políticas ambientales) (García-López, 2018; Silva-Hernández, 2019).

Los incendios forestales se consideran causantes de degradación ambiental, pérdida de vidas humanas, bienes materiales, recursos maderables, muerte de fauna y emisión de gases de efecto invernadero (Gill *et al.*, 2013). La percepción negativa

the states and the penalties for negligent use of fire. We also assessed changes in the number of fires and areas burned since the relevant state legislation was enacted. The results suggest that federal legislation incorporates environmental law principles and integrated fire management concepts, moving from a restrictive approach to integrated fire management. In contrast, most states maintain restrictive regulations: five states have permanent bans on the use of fire, 40% of states have temporary bans, while the rest allow its use with minor restrictions. There were no significant differences in penalties for burning or causing wildfires. In addition, the number of wildfires decreased in 30% of the states, while the area burned increased in 22% of the states after the law was enacted. The discrepancy between federal and state regulations may hinder the transition to integrated fire management.

Keywords: environmental law, fire ecology, legislation, agricultural burning, closure.

sobre los incendios forestales ha derivado en la formulación e implementación de leyes y políticas públicas encaminadas a la supresión (actividades de prevención, detección, combate y control) de los incendios forestales, así como a la prohibición o restricción del uso del fuego en actividades forestales y agropecuarias a nivel mundial (Tietze *et al.*, 2023).

Durante la mayor parte del siglo XX se implementó una política muy efectiva de supresión de incendios forestales en Norteamérica (Sáenz-Ceja y Mendoza, 2024). Por ejemplo, los Estados Unidos de América y Canadá, a través de la Ley Weeks (1911) y la Ley Forestal Canadiense (1912) respectivamente, establecieron sanciones económicas y criminales por hacer uso negligente del fuego, así como presupuestos muy altos para el combate del fuego, destinados principalmente al entrenamiento y equipamiento de combatientes forestales (Busenberg, 2004; Copes-Gerbitz *et al.*, 2022). En consecuencia, el uso ancestral del fuego por comunidades indígenas en actividades forestales y agropecuarias fue restringido (Marlon *et al.*, 2012), mientras que la supresión del fuego fue ampliamente implementada en áreas protegidas y tierras federales (Pyne, 1997).

En México, el fuego ha sido utilizado desde la época prehispánica, siendo las quemas agropecuarias la práctica más común (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2011). La supresión de incendios forestales fue

establecida desde 1926 en la Primera Ley Forestal y ratificada en la Segunda (1943), Tercera (1947) y Cuarta (1960) Ley Forestal, sin embargo, solo se puso en práctica de manera sistemática hasta 1961 con el *Plan Nacional de Combate de Incendios Forestales* (Rodríguez-Trejo y Pyne, 1999; Martínez-Torres y Pérez-Salicrup, 2019). Además, la supresión del fuego estuvo relacionado con la creación de las primeras áreas protegidas y la formación masiva de los ejidos, tierras de propiedad social, donde el uso del fuego fue inhibido para proteger los recursos forestales y las áreas de pastoreo de ganado (Heyerdahl y Alvarado, 2003).

El año de 1998 marcó un parteaguas en la historia de manejo del fuego en México, debido a que se registró una alta incidencia de incendios forestales a lo largo de todo el país, lo cual aumentó la percepción negativa sobre el fuego (Rodríguez-Trejo y Pyne, 1999). Ello generó una fuerte respuesta institucional encaminada a la creación de leyes, políticas públicas e instituciones gubernamentales a nivel federal, estatal y municipal dedicadas a la prevención y el combate de incendios forestales (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2011). Además, se impusieron fuertes restricciones para el uso del fuego forestal y agropecuario, en perjuicio del uso ancestral del fuego realizado por comunidades rurales e indígenas (Martínez-Torres y Pérez-Salicrup, 2019).

Sin embargo, la exclusión prolongada del fuego en los bosques de Canadá, Estados Unidos y, en menor medida, en México, generó la acumulación sostenida de material combustible, que derivó en la incidencia de incendios forestales de alta magnitud (Kaufmann *et al.*, 2003; Sáenz-Ceja y Mendoza, 2024). Los efectos de la ausencia del fuego fueron muy severos en bosques adaptados a fuegos frecuentes, pero de baja severidad e intensidad, como los bosques de coníferas, donde la regeneración arbórea fue nula (Rother y Veblen, 2016; Sáenz-Ceja y Mendoza, 2024)

Las consecuencias de la supresión del fuego derivaron en el reconocimiento de su papel dentro de la estructura, funcionamiento y regeneración de ecosistemas forestales, los cuales son influidos por la severidad, intensidad, frecuencia, duración, estacionalidad, extensión y distribución espacial de los fuegos, atributos que en su conjunto confor-

man el régimen del fuego bajo el cual los bosques evolucionaron (Sáenz-Ceja y Pérez-Salicrup, 2019). Además, dentro de la variabilidad del régimen del fuego, se reconoció que existen ecosistemas adaptados al fuego, como los bosques de coníferas; sensibles al fuego, como los bosques tropicales, y donde el fuego es muy poco frecuente, por ejemplo, los humedales (Pausas y Keeley, 2009).

La política de supresión de incendios forestales fue descontinuada a nivel nacional en Estados Unidos (1974) y Canadá (1979); sin embargo, se mantuvo a escalas locales (Stephens y Ruth, 2005; Larson *et al.*, 2013). En su lugar, se adoptó el concepto de manejo integral del fuego, que incluye un conjunto de principios, criterios e intervenciones (régimen del fuego, tipo de vegetación, manejo de combustibles, uso tradicional del fuego, quemas controladas, áreas de riesgo, restauración, prevención, entre otros), para usar el fuego en actividades forestales y agropecuarias, reintroducción del fuego en lugares donde ha estado ausente e imitar su papel en sitios donde no se puede utilizar, como en áreas protegidas o periurbanas, mediante métodos silvícolas (Myers, 2006; CONANP, 2012; Jardel-Peláez *et al.*, 2014).

En el caso de México, el proceso de transición hacia el manejo integral del fuego tuvo sus inicios hasta 2007 con la publicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007, que regulaba su uso en terrenos forestales y agropecuarios, así como con la implementación de quemas controladas dentro de áreas protegidas (CONANP, 2011). Sin embargo, todavía persiste una percepción muy negativa sobre los incendios forestales y el uso del fuego en actividades forestales y agropecuarias entre la opinión pública y en la normatividad ambiental en México (Neger *et al.*, 2024).

A la fecha no se cuenta con una evaluación sistemática sobre el estado que guarda la normatividad tanto a nivel federal como estatal en México con respecto al manejo del fuego forestal y agropecuario. Por tal motivo, los objetivos de este estudio fueron: 1) identificar las leyes federales y estatales que regulan el manejo del fuego forestal y agropecuario en México; 2) identificar si la normatividad federal y estatal mantiene un enfoque restrictivo sobre

uso del fuego o si ha adoptado el manejo integral del fuego como política pública; 3) distinguir si la normatividad considera los principios ambientales y los conceptos del manejo integral del fuego; 4) evaluar diferencias entre estados con respecto a las sanciones económicas por hacer uso negligente del fuego, y 5) evaluar el efecto de la implementación de la normatividad asociada al manejo del fuego sobre el número histórico de incendios y superficie quemada a nivel estatal.

METODOLOGÍA

Adquisición de normatividad federal y estatal

Este estudio siguió el esquema búsqueda-evaluación-síntesis-análisis (SALSA, por sus siglas en inglés) (Grant y Booth, 2009) (Figura 1). La primera fase consistió en obtener la versión vigente (al 31 de diciembre de 2023) de las leyes, normas y códigos estatales y federales que regulan el uso del fuego forestal y agropecuario, desde las plataformas digitales de los 32 Congresos estatales y de la Cámara de Diputados del Congreso de la Unión. Durante la fase de evaluación se clasificó la normatividad obtenida de acuerdo con su escala geográfica de aplicación (federal, estatal) y se registró si la respectiva ley, norma o código correspondía a una ley forestal, ambiental, o específica para el manejo del fuego forestal y agropecuario. Además, se documentó el

año de promulgación, la última fecha de reforma y si abrogaba una normativa anterior.

Durante las fases de síntesis y análisis se documentó el siguiente contenido dentro de la normatividad: principios de derecho ambiental, conceptos de manejo del fuego, sanciones económicas y restricciones de uso del fuego, para luego ser analizados como sigue:

Análisis de principios de derecho ambiental y de conceptos de ecología del fuego

Se registró si dentro del contenido para cada normativa se hacía alusión a los siguientes principios de derecho ambiental: preventivo, precautorio, contaminador pagador, responsabilidad ambiental y participación ciudadana.

Además, se documentó si dentro del contenido se consideraban los siguientes conceptos del manejo integral del fuego: tipo de vegetación, régimen de fuego, conocimiento tradicional del fuego, manejo de combustibles, quemas controladas (prescritas o experimentales), calendario de quemas, restauración de áreas quemadas, veda para cambio de uso de suelo, transición hacia prácticas alternativas de residuos agropecuarios y forestales, estímulos fiscales para prevención de incendios, zonificación de áreas de riesgo de incendios y restricción de uso del fuego en áreas urbanas y periurbanas, de acuerdo a los lineamientos propuestos por Myers (2006), CONANP (2012) y Jardel-Peláez *et al.*, (2014).

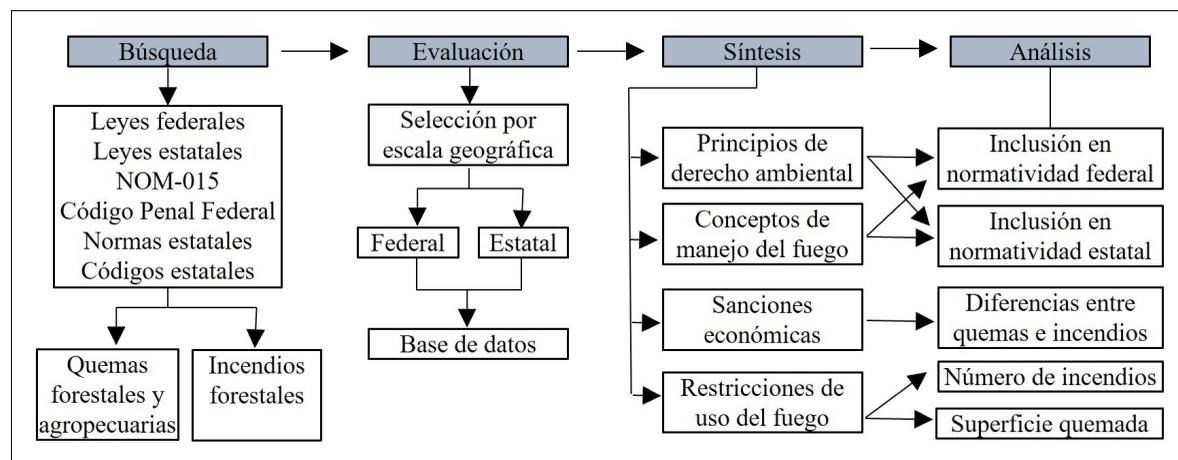


Figura 1. Diagrama metodológico que muestra las actividades desarrolladas en este estudio.

Análisis de sanciones al uso del fuego

En el caso de los estados, se identificaron aquellos que cuentan con: a) vedas permanentes de uso del fuego forestal y agropecuario, es decir, donde el uso del fuego está completamente prohibido; b) el uso del fuego es permitido con restricciones, pero existe la posibilidad de establecer vedas temporales de uso del fuego (días, semanas, meses) cuando las condiciones de número de incendios y superficie quemada lo ameritan, y c) donde el uso del fuego es permitido con restricciones menores, entre ellas, la obligación de establecer brechas cortafuego y el aviso previo a la quema ante la autoridad municipal.

Posteriormente se identificaron los montos de las sanciones económicas asociadas por hacer uso negligente del fuego forestal y agropecuario en cada estado, y se evaluó si el monto mínimo y máximo de las sanciones por realizar quemas forestales y agropecuarias de forma negligente eran significativamente diferentes con respecto a provocar incendios forestales, mediante una prueba de Wilcoxon (función *wilcox.test*, paquete *stats*) con un nivel de confianza del 95% en el lenguaje de programación R (R Core Team, 2022). Además, se evaluó si el monto de la sanción mínima y máxima por realizar quemas agropecuarias de manera negligente o provocar incendios forestales difería entre los estados con uso del fuego prohibido, con posibilidad de vedas temporales y con restricciones menores, mediante una prueba de Kruskal-Wallis (*kruskal.test*, paquete *stats*), con un nivel de confianza del 95%.

Efectos de las restricciones al uso del fuego sobre el número de incendios y área quemada

Por último, se evaluó si el número de incendios y la superficie quemada entre los años 1980-2023 fue significativamente distinto antes y después de la promulgación de las respectivas leyes estatales que regulan el uso del fuego forestal y agropecuario. Los datos de número de incendios y superficie quemada fueron obtenidos del Sistema Nacional de Información Forestal (CONAFOR, 2024a) y se transformaron con el logaritmo natural para disminuir la variabilidad y hacerlos comparables entre estados. Luego se aplicó una prueba de t (función

t.test, paquete *stats*) para evaluar diferencias significativas antes y después del año de promulgación, con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS

Normatividad federal

La normatividad que establece las bases para el manejo del fuego forestal y agropecuario se encuentra asentada en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente (LGEEPA), la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA), el Código Penal Federal (CPF) y la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAT/AGRICULTURA-2023 (NOM-015). Dicha normatividad tiene sus fundamentos en el principio de jerarquía normativa hacia la Constitución Política de los Estados Unidos respecto a los artículos 1, 4, 25, 27, 73, 115 y 124, así como la vinculación indirecta y supletoria con otras leyes mexicanas.

La LGDFS, en su capítulo II (artículos 117-121), establece las bases para el manejo del fuego forestal y agropecuario. Esta ley, promulgada en 2018, a diferencia de su respectiva versión abrogada de 2003, incorpora los siguientes principios: precautorio, preventivo y de responsabilidad ambiental. La LGDFS establece las atribuciones de las distintas autoridades e instituciones a nivel federal, estatal y municipal, indica las obligaciones de los propietarios como primeros responsables del uso del fuego, entre las que destacan: manejo de combustibles, prevenir y atender los casos de incendios forestales, apoyar en las tareas de contención de incendios y permitir el acceso a brigadistas dentro de sus predios. Por su parte, faculta a los estados para regular el uso del fuego en actividades forestales y agropecuarias dentro de sus territorios, mientras que a los municipios les confiere la facultad para regular el uso del fuego dentro de sus territorios y la obligación de participar en el combate de incendios forestales.

La LGDFS reconoce conceptos como el régimen de fuego, los tipos de vegetación adaptados, sensibles e independientes del fuego y el papel ecológico del fuego dentro de los ecosistemas forestales y su

uso como herramienta de manejo forestal. Además, establece el manejo de combustibles en sitios donde no se puede utilizar el fuego, como áreas protegidas o zonas con alta propensión al fuego, las quemadas prescritas para disminuir las cargas de combustibles, así como la transición hacia prácticas agropecuarias y forestales como alternativa al uso del fuego.

La LGEEPA, que sienta las bases para la preservación ambiental, incorpora el principio precautorio al establecer la necesidad de transitar hacia prácticas alternativas de residuos agropecuarios en el artículo 101. Por su parte, la LFRA integra los principios de responsabilidad ambiental y contaminador pagador, al establecer los mecanismos y las obligaciones derivadas de los daños ocasionados al ambiente. Además, el CPF, en su artículo 420bis, aplica el principio de contaminador pagador al establecer las sanciones por hacer uso negligente del fuego, con multas que rondan entre 300-3000 unidades de medida de actualización (UMA) (equivalentes a \$32 500-\$325 000 pesos mexicanos y \$6200-\$62 000 dólares americanos al tipo de cambio de febrero de 2025), sustituibles por penas entre 2 y 10 años de prisión por hacer una quema negligente o provocar incendios forestales de manera intencional.

Por su parte, la NOM-015 también integra los principios de precaución, responsabilidad ambiental y participación ciudadana, pues precisa acciones

preventivas que requieren la participación de las personas vinculadas a una quema, o bien, cuando se requiere la participación social para atender una emergencia por una quema fuera de control. Esta Norma incorpora los conceptos de régimen de fuego, ecosistemas adaptados, sensibles e independientes del fuego, la zonificación de las áreas propensas a incendios forestales, el manejo de combustibles, las quemadas prescritas y experimentales, calendario de quemadas y la posibilidad de emitir declaratorias de veda de uso del fuego en áreas potencialmente propensas a incendios forestales.

Normatividad estatal

Las bases para la prevención, detección, combate y control de incendios forestales se encuentran plasmadas mayoritariamente en el formato de leyes enfocadas en el sector forestal o ambiental (Material suplementario, Tabla 1). Además, seis estados tienen leyes específicas en cuanto al uso del fuego y combate de incendios forestales: Campeche, Oaxaca, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco y Yucatán. En el caso del Estado de México, la regulación del uso del fuego se encuentra en el Código de Biodiversidad, mientras que, en Guanajuato, además de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable, se cuenta con la Norma Técnica Ambiental NTA-IEE-005/2007.

Tabla 1. Principios de derecho ambiental y conceptos asociados al manejo del fuego en la normatividad que regula el uso del fuego forestal y agropecuario en México.

Consideraciones	Normatividad federal	Número de estados
Principios de derecho ambiental		
Preventivo	x	24
Precautorio	x	22
Contaminador pagador	x	17
Responsabilidad ambiental	x	27
Participación ciudadana	x	20
Conceptos asociados al manejo del fuego		
Tipo de vegetación	x	0
Régimen de fuego	x	1
Conocimiento tradicional del fuego	-	4
Manejo de combustibles forestales	x	8

Tabla 1. Continúa.

Consideraciones	Normatividad federal	Número de estados
Quemas controladas	x	17
Calendario de quemas	x	10
Restauración de áreas quemadas	-	22
Veda de cambio de uso de suelo	-	2
Transición a alternativas de manejo de residuos agropecuarios	x	10
Zonificación de áreas de riesgo	x	14
Estímulos fiscales para predios no quemados	-	4
Restricción de quemas en zonas urbanas y periurbanas	x	7

Nota: la letra x refiere a que el principio de derecho ambiental o el concepto de manejo del fuego está presente en la normatividad federal y guion intermedio significa que no está presente.

En el 25% de los estados, la normatividad que regula el uso del fuego fue promulgada entre 2000 y 2005, por ejemplo, en Sonora, Michoacán, Jalisco y Tabasco. Además, en 53% de los estados dichas normas fueron promulgadas entre 2006 y 2011. Los estados con normatividad sobre manejo del fuego promulgada entre 2012 y 2016 fueron San Luis Potosí, Chiapas, Campeche y Quintana Roo, mientras que los estados con normatividad más reciente (2016 en adelante) fueron Chihuahua, Sinaloa y Oaxaca (Figura 2a).

Con respecto a los principios de derecho ambiental (Tabla 1), en el 75% de los estados se incluye el principio preventivo, entendido como la asignación de facultades a la Federación, estados y municipios para coordinarse en la atención de incendios forestales (Figura 2b). Por su parte, el principio precautorio se documentó en 22 estados, pero se limita a establecer convenios institucionales para generar acciones, programas o medidas para evitar la incidencia de incendios u otorgar recursos financieros para prevenirlos (Figura 2c). El principio de contaminador pagador se registró en 17 estados, el cual se ejerce mediante actividades de remediación o compensación ambiental (Figura 2d).

Además, la responsabilidad ambiental se documentó en 84% de los estados, la cual está enfocada en la reparación del daño por parte de propietarios o los causantes de los incendios forestales, pero

no asignan responsabilidades para funcionarios públicos que puedan autorizar quemas forestales o agropecuarias (Figura 2e). Por último, el principio de participación ciudadana se encontró en 20 estados, sin precisar los mecanismos de incidencia o participación de la ciudadanía (Figura 2f).

Dentro de las consideraciones sobre el manejo integral del fuego (Tabla 1), en ningún estado se hace alusión al manejo del fuego forestal de acuerdo con el tipo de vegetación (Figura 3a). Solo un estado menciona el concepto de régimen del fuego (San Luis Potosí), pero no como un factor a considerar en el manejo del fuego forestal, agropecuario o para la atención de incendios forestales (Figura 3b). El conocimiento tradicional del fuego se reconoce en cuatro estados (Campeche, Guanajuato, Oaxaca y Yucatán), pero de forma negativa, estableciendo medidas para su posible sustitución o eliminación (Figura 3c).

En 25% de los estados se establece el manejo de combustibles forestales como una alternativa para reducir el riesgo de incendios (Figura 3d), mientras que en 17 estados se permiten quemas controladas preventivas, entre los cuales solo en tres estados existe la posibilidad de realizar quemas experimentales (Aguascalientes, Hidalgo y Nuevo León) (Figura 3e). Además, en diez estados se contemplan calendarios para realizar quemas forestales y agropecuarias, como Campeche, Durango y Yucatán (Figura 3f).

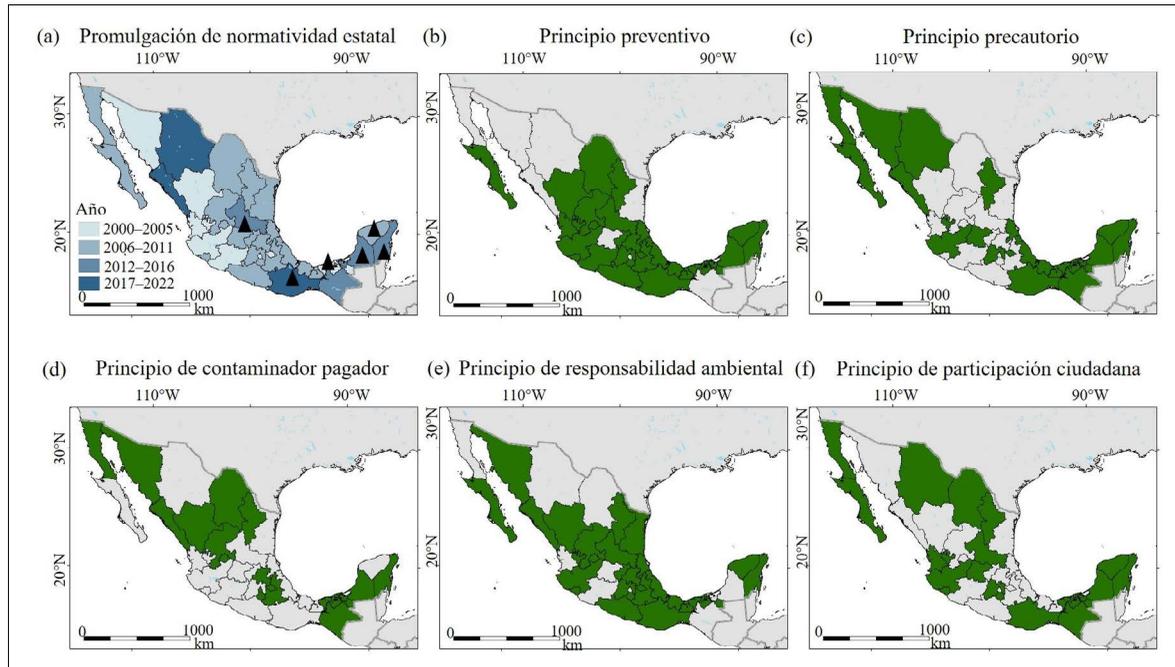


Figura 2. (a) Año de promulgación de las leyes estatales que regulan el uso del fuego forestal y agropecuario en México; estados con triángulos indican aquéllos con leyes específicas sobre uso del fuego. Estados en color verde indican que la normatividad asociada al uso del fuego forestal y agropecuario incluye los principios de derecho ambiental: (b) preventivo, (c) precautorio, (d) contaminador pagador, (e) responsabilidad ambiental y (f) participación ciudadana.

Por su parte, en 70% de los estados se establece la obligatoriedad de la restauración de las áreas incendiadas con plazos determinados, los cuales varían entre 1-4 años, siendo dos años el más frecuente (17 estados) (Figura 3g). Solo Michoacán y Morelos establecen vedas de cambio de uso de suelo para sitios incendiados, ambos con vedas de 20 años (Figura 3h). En un tercio de los estados se plantea la transición a prácticas alternativas al uso del fuego (Figura 3i).

Adicionalmente, en Coahuila, Morelos, Querétaro y San Luis Potosí se otorgan estímulos fiscales para propietarios que acrediten que sus predios no se han quemado en un número determinado de años, que oscila entre 3-15 años (Figura 3j). En 44% de los estados se incorpora la necesidad de la zonificación de las áreas más propensas a experimentar incendios forestales, con el objeto de limitar o prohibir el uso del fuego en dichas áreas (Figura 3k). En siete estados, como Aguascalientes, Estado de México y Morelos, las quemaduras agropecuarias

están restringidas en áreas urbanas y periurbanas (Figura 3l).

En cinco estados existen vedas vigentes de uso del fuego forestal y agropecuario (Figura 4a). En Sinaloa y Guanajuato está prohibido cualquier tipo de quema, mientras que, en Jalisco, las quemaduras están prohibidas en la zona metropolitana de Guadalajara. En Coahuila y Nuevo León, a pesar de que sus leyes permiten el uso del fuego forestal y agropecuario, vedas de uso del fuego permanecen vigentes desde 2006 y 2023, respectivamente. En 40% de los estados se contempla la posibilidad de decretar vedas temporales cuando las condiciones de número de incendios o superficie quemada lo ameritan, como en Baja California, Chihuahua, Estado de México, Chiapas y Quintana Roo. En el resto de los estados, se permite el uso del fuego forestal y agropecuario con restricciones menores, siempre y cuando se realice atendiendo las medidas pertinentes.

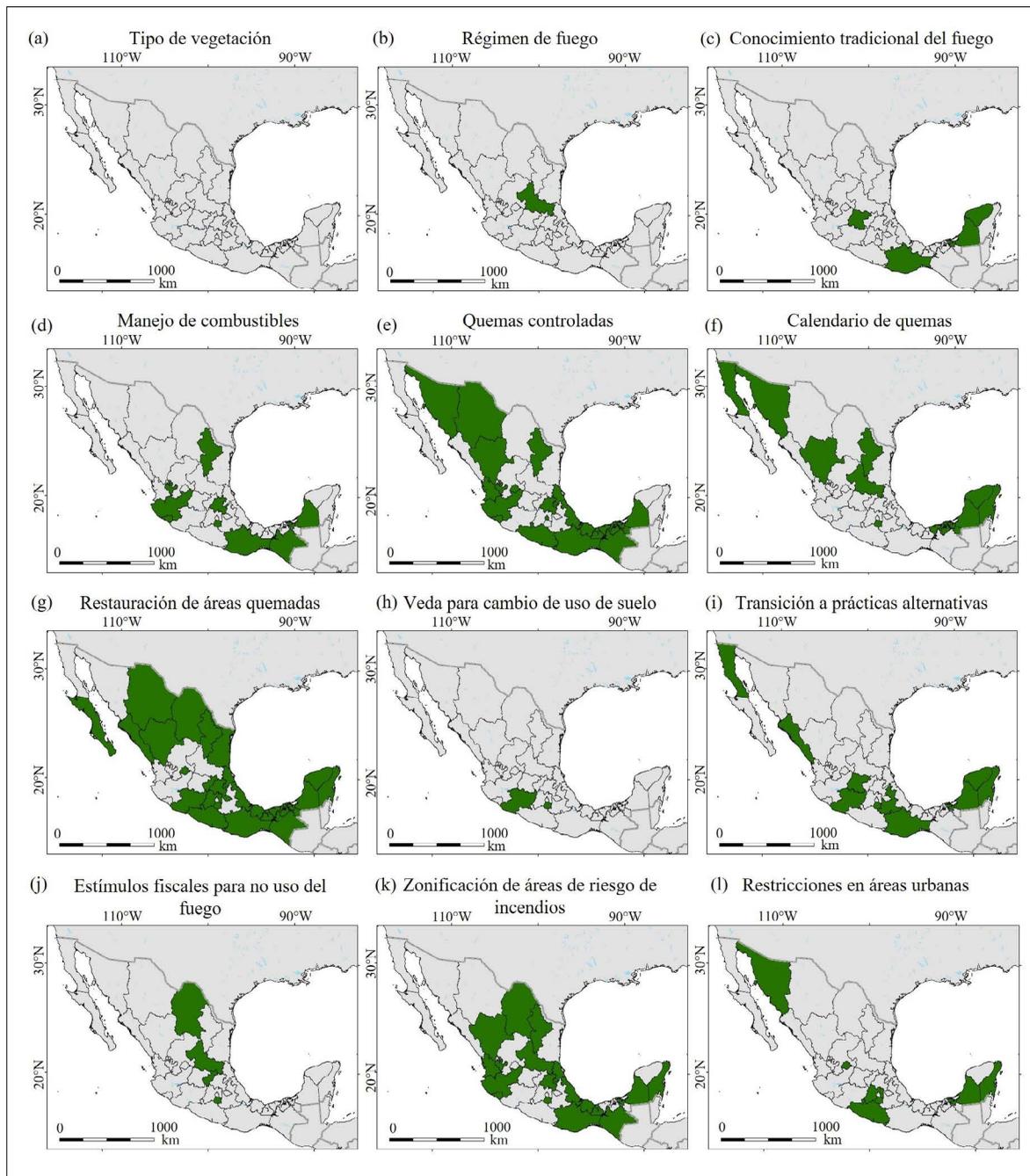


Figura 3. Estados en color verde indican que la normatividad asociada al uso del fuego forestal y agropecuario incluye los conceptos de manejo del fuego: (a) tipo de vegetación, (b) régimen de fuego, (c) conocimiento tradicional del fuego, (d) manejo de combustibles, (f) calendario de quemas, (g) restauración de áreas quemadas, (h) veda para cambio de uso de suelo, (i) transición a prácticas alternativas, (j) estímulos fiscales para no uso del fuego, (k) zonificación de áreas de riesgo de incendios y (l) restricciones en áreas urbanas.

Sanciones por el uso del fuego

Las normatividades estatales conservan un marcado enfoque restrictivo, imponen fuertes sanciones económicas para quienes realicen quemas forestales y agropecuarias de manera negligente, así como a los propietarios que obstaculicen o decidan no participar en el combate de incendios forestales, o a las personas que los provocan de manera intencional. El monto mínimo de las sanciones por realizar quemas de manera negligente se encuentra entre 20 y 2000 UMA (equivalente a \$2170-\$217 000 pesos mexicanos y \$413-\$41 380 dólares americanos al tipo de cambio de febrero de 2025), mientras que las máximas entre 500 y 70 000 UMA (equivalente

a \$54 250-\$7 595 000 pesos mexicanos y \$6200-\$1 448 300 dólares americanos). Por su parte, el monto mínimo por provocar incendios forestales ocupa un rango entre 20 y 4000 UMA (equivalente a \$2170-\$434 000 pesos mexicanos y \$413-\$82 760 dólares americanos) y el máximo entre 200 y 70 000 UMA (equivalente a \$21 700-\$7 595 000 pesos mexicanos y \$4138-\$1448.30 dólares americanos). Considerando las sanciones mínimas por realizar quemas agropecuarias de manera negligente, los estados con las mayores sanciones son Michoacán, San Luis Potosí, Guerrero y Morelos (Figura 4b), mientras que aquellos con mayores sanciones por provocar incendios

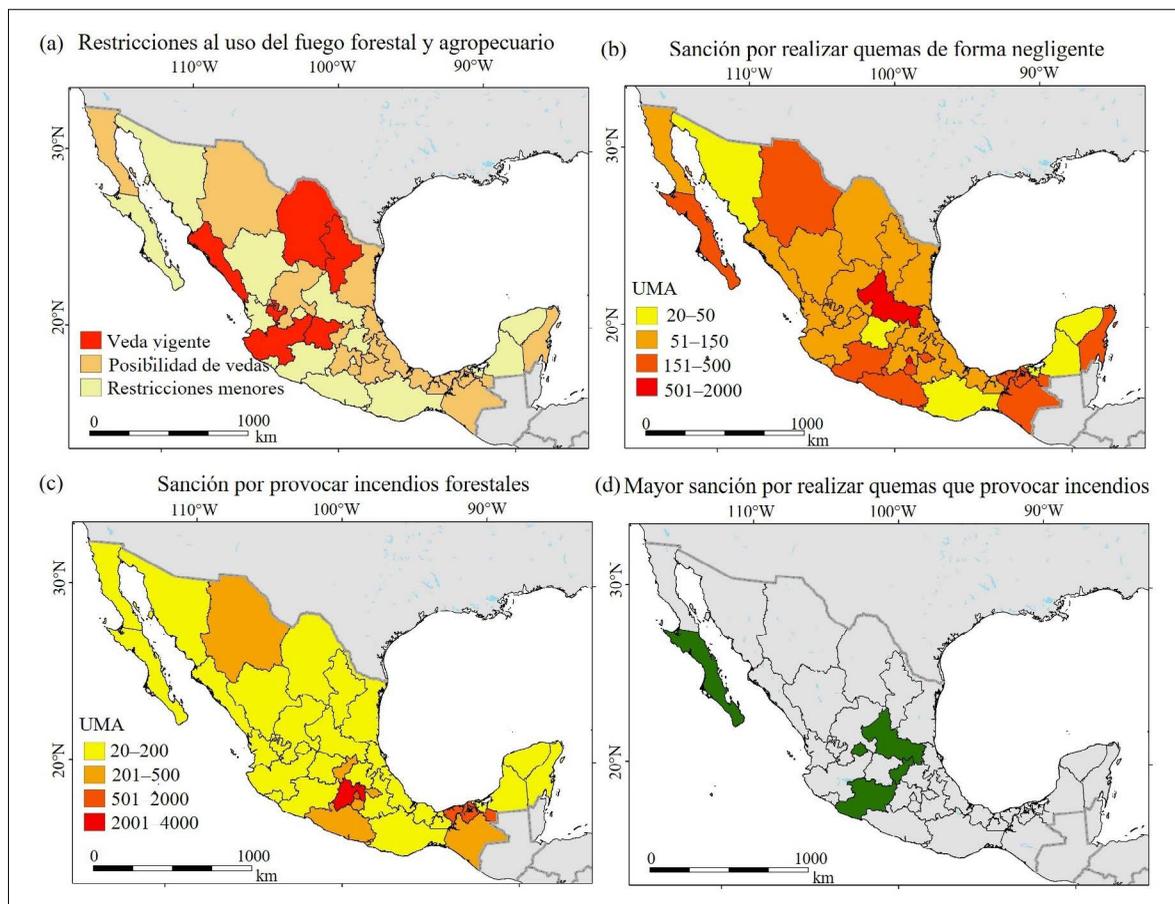


Figura 4. (a) Restricciones al uso del fuego forestal y agropecuario, considerando estados con vedas vigentes del uso del fuego, donde existe la posibilidad de establecer vedas temporales, o permitido con restricciones menores. Sanciones económicas en unidades de medida de actualización (UMA) por (b) realizar quemas agropecuarias y forestales de manera negligente o no autorizada y por (c) provocar incendios forestales de manera intencional. (d) Estados en color verde indican sanciones mayores por realizar quemas agropecuarias que por provocar incendios forestales.

forestales son Ciudad de México, Estado de México y Tabasco (Figura 4c).

No se encontraron diferencias significativas entre los montos de las sanciones mínimas ($V = 29$, $P > 0.05$) y máximas ($V = 29$, $P > 0.05$) por realizar quemas de manera negligente y provocar incendios forestales. Tampoco hubo diferencias significativas entre los estados con vedas permanentes, aquellos con posibilidad de vedas temporales y los que contemplan restricciones menores tanto para las sanciones mínimas ($X^2=1.324$, $P > 0.05$) y máximas ($X^2=0.553$, $P > 0.05$) por quemas de manera negligente, así como para las sanciones mínimas ($X^2=2.014$, $P > 0.05$) y máximas ($X^2=1.602$, $P > 0.05$) por provocar incendios forestales.

Sin embargo, en Aguascalientes, Baja California Sur, Michoacán, Querétaro y San Luis Potosí es más penado realizar quemas de forma negligente que provocar incendios forestales de manera intencional (Figura 4d). Al contrario, esto último recibe mayor sanción con respecto a las quemas agropecuarias en el Estado de México, Morelos, Querétaro, Tabasco, Tlaxcala y Yucatán.

Efectos sobre el número de incendios y área quemada

El número de incendios fue significativamente menor con respecto a lo reportado previo a la designación de las leyes estatales que regulan el manejo del fuego en los estados de Coahuila ($F = 4.559$, $P < 0.05$), el cual tiene una veda permanente (Figura 5a); en Baja California ($F = 14.70$, $P < 0.05$), Chihuahua ($F = 6.526$, $P < 0.05$), Querétaro ($F = 11.888$, $P < 0.05$) y Quintana Roo ($F = 9.085$), donde existe la posibilidad de vedas temporales (Figura 5b) y en Baja California Sur ($F = 5.435$, $P < 0.05$), Ciudad de México ($F = 13.916$, $P < 0.05$), Oaxaca ($F = 6.168$, $P < 0.05$), , $P < 0.05$), y Yucatán ($F = 3.847$, $P < 0.05$), donde existen restricciones menores al uso del fuego (Figura 5c). Por su parte, en Colima ($F = 8.367$, $P < 0.05$), Guerrero ($F = 11.132$, $P < 0.05$) y Tabasco ($F = 7.092$, $P < 0.05$), el número de incendios se estabilizó luego de experimentar un crecimiento previo a la promulgación de las respectivas leyes.

En contraste, la superficie incendiada fue significativamente mayor en los estados de Jalisco

($F = 10.466$, $P < 0.05$), con veda permanente (Figura 5a), Chiapas ($F = 4.278$, $P < 0.05$), Estado de México ($F = 4.729$, $P < 0.05$) y Morelos ($F = 11.373$, $P < 0.05$), con posibilidad de vedas temporales (Figura 5b), y en Colima ($F = 4.885$, $P < 0.05$), Guerrero ($F = 5.404$, $P < 0.05$) y Nayarit ($F = 14.493$, $P < 0.05$), con restricciones menores (Figura 5c). En los estados de Baja California Sur ($F = 5.878$, $P < 0.05$) y Yucatán ($F = 8.524$, $P < 0.05$), la superficie quemada sí fue menor luego de la promulgación de las respectivas leyes estatales.

DISCUSIÓN

Normatividad federal

La normatividad que rige el manejo del fuego forestal y agropecuario a nivel federal incorpora los principios de derecho ambiental y la mayoría de los conceptos del manejo integral del fuego, lo cual sugiere que la normatividad federal se encuentra en un proceso de transición de supresión al manejo integral del fuego. Si bien en el CPF se establecen penas y sanciones para quienes realicen un manejo negligente del fuego (principio de contaminador pagador), así como restricciones para el uso del fuego bajo condiciones no idóneas en la NOM-015 (principio precautorio), tanto la LGDFS y la NOM-015 contienen elementos que suponen un cambio de paradigma desde la exclusión del fuego a su uso como herramienta de manejo forestal (Gutiérrez-Navarro *et al.*, 2017).

Uno de los cambios más significativos se manifiesta en la apertura hacia las quemas controladas (principio preventivo), entendidas como una estrategia para reducir la densidad arbórea y cargas de combustibles, y a su vez, el riesgo de incendios forestales (Kauffmann *et al.*, 2003). Por ejemplo, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) han promovido el uso de quemas controladas, al menos desde 2006, como herramienta de manejo forestal (Raygoza *et al.*, 2006; Pérez-Salicrup *et al.*, 2018). En las quemas controladas, la coordinación entre los diferentes grupos de interés (propietarios privados, ejidos, comunidades, asociaciones civiles, academia, gobierno) ha

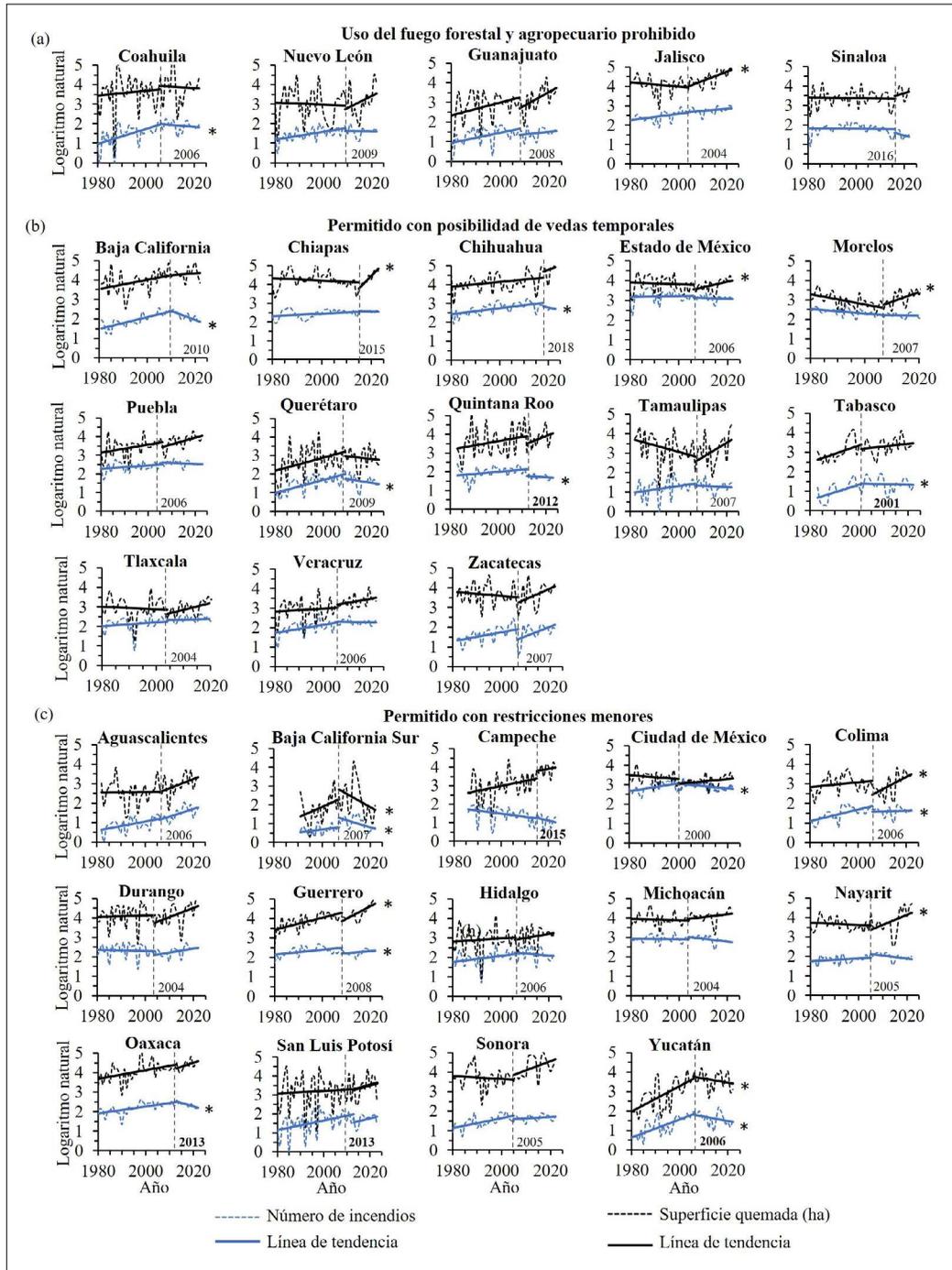


Figura 5. Número de incendios y superficie quemada en los estados de México entre 1980–2023, considerando (a) estados donde el uso del fuego está prohibido, (b) estados donde está permitido con posibilidad de vedas temporales, y (c) estados donde está permitido con restricciones menores. Las líneas continuas indican las tendencias en ambas variables antes y después de la promulgación de la ley que regula el uso del fuego forestal y agropecuario en cada estado. Los asteriscos indican diferencias significativas en el número de incendios o superficie quemada antes y después de la promulgación de la ley. Años con letras rellenas indican leyes específicas de manejo del fuego.

sido clave para su ejecución (Pérez-Salicrup *et al.*, 2018), lo cual tiene sus bases en las disposiciones de la LGDFS, LFRA y la NOM-015 (principios de responsabilidad ambiental y participación ciudadana).

Sin embargo, una de las debilidades más fuertes de la normatividad federal, particularmente la NOM-015, es su desconocimiento entre los usuarios del fuego y las autoridades que lo regulan, lo cual puede hacerla inviable y poco eficiente (Gutiérrez-Navarro *et al.*, 2017; Neger *et al.*, 2024). Además, la participación ciudadana se limita a reuniones de productores previas a las quemas, pero no a la planeación participativa del manejo del fuego a nivel comunitario. La NOM-015 tampoco toma en cuenta la variedad de usos productivos del fuego, aunado al papel que juega en su cosmovisión e identidad (Martínez-Torres y Pérez-Salicrup, 2019; Ponce-Calderón *et al.*, 2020). El uso tradicional del fuego implica un conocimiento empírico que, de perderse, afectaría los estilos de vida de las comunidades campesinas y supondría una menor capacidad para prevenir, manejar y controlar incendios forestales (Mathews, 2003; Ponce-Calderón *et al.*, 2024).

De hecho, según lo dispuesto en la LGDFS, los campesinos se convierten de facto en combatientes de incendios forestales (Martínez-Torres y Pérez-Salicrup, 2019), cuyo papel es tal que el 53% del esfuerzo (días-persona) dedicado a sofocar incendios forestales en 2024 fue realizado por ellos (CONAFOR, 2024b). La omisión del conocimiento tradicional del fuego en la normatividad federal se hace evidente en el instrumento de política ambiental asociado, es decir, en el Programa de Manejo del Fuego 2020-2024 (CONAFOR, 2021), lo cual dificulta que las comunidades indígenas y rurales puedan utilizar el fuego como una herramienta que facilita las actividades agropecuarias y forestales (Martínez-Torres *et al.*, 2016; Ponce-Calderón *et al.*, 2020).

Normatividad estatal

La normatividad estatal conserva un marcado enfoque restrictivo, pues incentiva el combate y supresión de incendios forestales e impone fuertes sanciones económicas. Esto ocurre posiblemente debido a que, entre la opinión pública local, todavía

existe una percepción muy negativa sobre el uso del fuego forestal y agropecuario (Cruz-Núñez y Bulnes-Aquino, 2019). Este fenómeno se refleja principalmente en los estados con vedas del uso del fuego forestal y agropecuario, principalmente por la incidencia de incendios de alta magnitud, un arraigado uso tradicional del fuego, o ambos.

En el primer caso, destacan Coahuila y Nuevo León, donde las áreas cercanas a las ciudades de Saltillo y Monterrey han experimentado incendios forestales recurrentes durante los últimos 20 años (Encina-Domínguez *et al.*, 2019). Si bien la aparición de dichos incendios está relacionada con vandalismo y descuido de fogatas, la exclusión del fuego desde mediados del siglo XX en bosques adaptados a fuegos frecuentes de baja severidad contribuye a que los incendios forestales contemporáneos sean de alta severidad, intensidad y extensión (González-Tagle *et al.*, 2008; Yocom *et al.*, 2014). En el caso particular de Coahuila, durante el año 2011 se incendiaron aproximadamente 320 000 hectáreas de matorral desértico en la porción norte del estado (Neger *et al.*, 2022). Estos sucesos han generado una percepción muy negativa con respecto a los incendios forestales, lo cual se ve reflejado en la continuidad de las vedas de uso del fuego.

En el segundo caso, Jalisco, Guanajuato y Sinaloa son estados donde el uso del fuego en actividades agropecuarias está fuertemente arraigado, pero al mismo tiempo, es considerado como principal origen de incendios forestales. Por ejemplo, en Jalisco, la constante incidencia de incendios en áreas como el Bosque de la Primavera, en la zona metropolitana de Guadalajara, está estrechamente relacionada con el uso del fuego en el cultivo de la caña de azúcar (Huerta-Martínez y Ibarra-Montoya, 2014). Por su parte, en el estado de Guanajuato, reconocido por su vocación agrícola, la quema de residuos agrícolas es muy arraigada, pero también relacionada con la ocurrencia de incendios en las pocas áreas forestales remanentes del estado, las cuales ya presentan un alto estado de degradación (Farfán-Gutiérrez *et al.*, 2020).

El enfoque restrictivo del uso del fuego se observa fuertemente en estados donde realizar quemas agropecuarias es más penado que el provocar

incendios forestales, por ejemplo, en Michoacán. Este estado fue cuarto lugar nacional en número de incendios forestales en 2023 (CONAFOR, 2023), de los cuales solo 18% de ellos se atribuyó a actividades agropecuarias, mientras que el origen del 51% correspondió a cambio de uso de suelo, principalmente para el establecimiento de huertas de aguacate (CEPCM, 2024). En este caso, el cambio de uso de suelo sí está directamente relacionado con la recurrencia de incendios forestales (Olivares-Martínez *et al.*, 2023), pero mayores sanciones por provocar incendios forestales no están reflejadas en la normatividad estatal.

Además, las medidas restrictivas al uso del fuego no necesariamente han disminuido el número de incendios o la superficie quemada. Sólo en un tercio de los estados, el número de incendios forestales disminuyó, entre los cuales destaca Coahuila, con una veda permanente. Sin embargo, en estados con vedas permanentes, como Nuevo León, Guanajuato, Sinaloa y Jalisco, las dos variables evaluadas se mantuvieron estables o incluso incrementaron. Estos datos sólo confirman la baja efectividad de las políticas de supresión y combate del fuego (Martínez-Torres y Pérez-Salicrup, 2019).

Implicaciones para el uso del fuego forestal y agropecuario

El papel de las instituciones encargadas de aplicar la normatividad federal y estatal es fundamental para una adecuada gestión del uso del fuego. La CONAFOR y la CONANP han tomado el liderazgo en cuanto a la adopción del manejo integral del fuego como política pública con apoyo de instituciones académicas y asociaciones civiles, aunque de manera unilateral con respecto a los estados (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2011). La discrepancia entre la normatividad federal y estatal con respecto al uso del fuego claramente dificulta el proceso de transición hacia el manejo integral del fuego, aunado a los cambios gubernamentales trienales y sexenales, donde la toma de decisiones y la ejecución de los programas responden a intereses partidarios o a determinados grupos de interés.

Uno de los grandes obstáculos para dicha transición es la imposición de sanciones por el uso del fuego (Martínez-Torres y Pérez-Salicrup,

2019). Si bien es cierto que muchas comunidades indígenas y rurales emplean el fuego de manera negligente, también hay aquellas que lo usan de manera apropiada (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2011). Sin embargo, la imposición de sanciones por el uso del fuego induce a que las quemadas se realicen de forma clandestina y, además, está generando la pérdida del conocimiento y técnicas ancestrales de uso del fuego, por temor a las penas y sanciones (Mathews, 2003; Ponce-Calderón *et al.*, 2020).

Adicionalmente, la exclusión del fuego podría generar efectos negativos a largo plazo. En al menos cinco estados, el número de incendios forestales permaneció estable, pero incrementó la superficie quemada, lo cual sugiere que son incendios forestales de alta magnitud, producto de la acumulación prolongada de combustibles debido a la supresión del fuego (Kaufmann *et al.*, 2003). El riesgo es que, después de este tipo de incendios, la regeneración forestal sea limitada o nula (Rother y Veblen, 2016), lo cual ya se ha registrado en bosques de coníferas del norte de México (Arévalo *et al.*, 2017). Por tanto, el manejo del fuego debe realizarse según el régimen del fuego al cual los bosques están adaptados (Sáenz-Ceja y Pérez-Salicrup, 2019). Para ello, es necesario reforzar la investigación sobre ecología y geografía del fuego, así como de los peligros asociados, y aplicar los conocimientos obtenidos dentro de la legislación ambiental y en la elaboración de las políticas públicas de manejo del fuego.

Para lograr lo anterior, es crucial adecuar la normatividad federal y estatal sobre el fuego forestal y agropecuario. Lamentablemente, el tema del manejo del fuego solo es importante durante la temporada anual de incendios forestales, cuando incluso proliferan iniciativas de ley, tanto a nivel federal, estatal y municipal, para prohibir el uso del fuego, como una medida, muchas veces, improvisada, ante el alto número de incendios forestales, sin considerar, por ejemplo, las diferencias conceptuales entre “quemada” e “incendio”, los usos del fuego por comunidades indígenas y rurales, así como las consecuencias ecológicas y sociales de la supresión del fuego. Además, es necesario atender rezagos históricos en cuanto a la capacitación a brigadistas y usuarios del fuego, la supervisión insuficiente para

las quemas agropecuarias y la resistencia cultural para adoptar técnicas alternativas al uso del fuego en sitios o ecosistemas vulnerables al fuego.

CONCLUSIONES

El análisis espacio-temporal aquí presentado permite reconocer que la normatividad federal y estatal sobre el manejo del fuego forestal y agropecuario discrepan en cuanto a los principios de derecho ambiental y los conceptos de manejo del fuego. Mientras la normatividad federal ha adoptado el manejo integral del fuego, la normatividad estatal conserva un enfoque restrictivo. La falta de sintonía entre las normatividades es un obstáculo para la gestión del fuego a diferentes escalas geográficas, lo cual puede tener consecuencias negativas para los usuarios del fuego y la preservación ambiental. Por tanto, es necesaria la adecuación de la normatividad, considerando los regímenes del fuego, la variedad de ecosistemas forestales y de usos productivos del fuego en comunidades rurales, así como generar redes de participación ciudadana desde el proceso legislativo hasta la implementación de las políticas públicas, entre los actores gubernamentales, sociales, productivos y académicos. Además, la aplicación de la normatividad es esencial para lograr un adecuado manejo integral del fuego.

REFERENCIAS

- Arévalo, J. R., Estrada, E., Encina, J. A., Villarreal, J. A., Escobedo, J. R., Morales, Y., Cantú, I., González-Rodríguez, H. y Uvalle, J. (2017). Fire response of the endangered *Pinus culmicola* stands after 18 years in Cerro El Potosí, northeast Mexico. *Forest Systems*, 26(3), e015. <https://doi.org/10.5424/fs/2017263-11566>
- Busenberg, G. (2004). Wildfire management in the United States: The evolution of a policy failure. *Review of Policy Research*, 21(2), 145–156. <https://doi.org/10.1111/j.1541-1338.2004.00066.x>
- Carrillo-González, R., Ruiz-Olivares, A. y González-Chávez, M. C. A. (2017). Aspectos legales de suelos contaminados con elementos potencialmente tóxicos en México y la pertinencia de la fitorremediación. *Agro Productividad*, 10(4), 68-72. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1005>
- CEPCM (2024). Programa especial de temporada de sequía, estiaje e incendios forestales. Coordinación Estatal de Protección Civil Michoacán. <https://pcivil.michoacan.gob.mx/wp-content/uploads/2024/02/Programa-Especifico-de-Temporada-Incendios-Forestales-2024.pdf>
- CONAFOR (2021). Programa de manejo del fuego 2020-2024. Zapopan, México: Comisión Nacional Forestal. <https://idefor.cnf.gob.mx/documents/829/download>
- CONAFOR (2023). Cierre estadístico 2023. Comisión Nacional Forestal. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/879026/Cierre_de_la_Temporada_2023.pdf
- CONAFOR (2024a). Sistema Nacional de Información Forestal. Comisión Nacional Forestal. <https://snif.cnf.gob.mx/incendios/>
- CONAFOR (2024b). Cierre estadístico 2024. Comisión Nacional Forestal. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/965295/Cierre_de_la_Temporada_2024.pdf
- CONANP. (2011). Estrategia y lineamientos de manejo del fuego en áreas naturales protegidas. Tlalpan, México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. https://www.conanp.gob.mx/pdf_publicaciones/EMFAPFINAL1.pdf
- CONANP (2012). Guía para la elaboración de programas de manejo del fuego en áreas naturales protegidas y sitios de interés (guía ligera). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. <https://simec.conanp.gob.mx/Publicaciones2020/Publicaciones%20CONANP/Parte%202/Guias/2014%20Guia%20Elaboracion%20Programas%20de%20Manejo%20del%20Fuego.pdf>
- Copes-Gerbitz, K., Daniels, L. D. y Hagerman, S. M. (2022). The contribution of indigenous stewardship to an historical mixed-severity fire regime in British Columbia, Canada. *Ecological Applications*, 33(1), e2736. <https://doi.org/10.1002/eap.2736>
- Cruz-Núñez, X. y Bulnes-Aquino, E. (2019). Emission impact of wildfires: El Tepozteco 2016. *Atmósfera*, 32(2), 86-93. <https://doi.org/10.20937/ATM.2019.32.02.01>
- Encina-Domínguez, J. A., Villarreal-Quintanilla, J. A., Estrada-Castillón, E. y Rueda-Moreno, O. (2019). Current situation of the vegetation in the Sierra de Zapalinamé, Coahuila, Mexico. *Botanical Sciences*, 97(4), 630-648. <https://doi.org/10.17129/botsci.2213>
- Farfán-Gutiérrez, M., Flamenco-Sandoval, A., Rodríguez-Padilla, C. R., Rodrigues de Sousa-Santos, L., González-Gutiérrez, I. y Gao, Y. (2020). Cartografía

- de la probabilidad de ocurrencia a incendios forestales para el estado de Guanajuato: Una aproximación antrópica de sus fuentes de ignición. *Acta Universitaria*, 30, e2953. <https://doi.org/10.15174.au.2020.2953>
- García-López, T. (2018). Instrumentos económicos para la protección ambiental en el derecho ambiental mexicano. *Sociedad y Ambiente*, 6(17), 247-266. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i17.1836>
- Gill, A. M., S. L. Stephens, y G. J. Cary. (2013). The worldwide “wildfire” problem. *Ecological Applications*, 23(2), 438-454. <https://doi.org/10.1890/10-2213.1>
- González-Tagle, M. A., Schwendenmann, L., Jiménez-Pérez, J. y Schulz, R. (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. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.04.021>
- Grant, M. J. y Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 26(2), 91-108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Gutiérrez-Navarro, A., García-Barrios, L. E., Parra-Vázquez, M. y Rosset, P. (2017). De la supresión al manejo del fuego en la Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas: perspectivas campesinas. *Región y Sociedad*, 29(70), 31-70. <https://doi.org/10.22198/rys.2017.70.a329>
- Heyerdahl, E. K. y Alvarado, E. (2003). Influence of climate and land use on historical Surface fires in pine-oak forests, Sierra Madre Occidental, Mexico. En T. T. Veblen, W. L. Baker, G. Montenegro, y T. W. Swetnam (Eds.), *Fire and climatic change in temperate ecosystems of the western Americas* (pp. 196-217). New York: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/b97443>
- Huerta-Martínez, F. M. y Ibarra-Montoya, J. L. (2014). Incendios en el Bosque La Primavera (Jalisco, México): Un acercamiento a sus posibles causas y consecuencias. *Ciencia UAT*, 9(1), 23-32. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v9i1.304>
- Jardel-Peláez, E. J., Pérez-Salicrup, D., Alvarado, E. y Morfín-Ríos, J. E. (2014). Principios y criterios para el manejo del fuego en ecosistemas forestales: guía de campo. Zapopan: Comisión Nacional Forestal. <http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=727>
- Kaufmann, M. R., Huckaby, L. S., Fornwalt, P. J., Stoker, J. M. y Romme, W. H. (2003). Using tree recruitment patterns and fire history to guide restoration of an unlogged ponderosa pine/Douglas-fir landscape in the southern Rocky Mountains after a century of fire suppression. *Forestry*, 76(2), 231-241. <https://doi.org/10.1093/forestry/76.2.231>
- Larson, A. J., Belote, R. T., Cansler, C. A., Parks, S. A. y Dietz, M. S. (2013). Latent resilience in ponderosa pine forest: Effects of resumed frequent fire. *Ecological Applications*, 23(6), 1243-1249. <https://doi.org/10.1890/13-0066.1>
- Marlon, J. R., Bartlein, P. J., Gavin, D. G., Long, C. J., Anderson, R. S., Briles, C. E., Brown, K. J., et al. (2012). Long-term perspective on wildfires in the western USA. *PNAS*, 109(9): 535-543. <https://doi.org/10.1073/pnas.1112839109>
- Martínez-Torres, H. L., Castillo, A., Ramírez, M. I. y Pérez-Salicrup, D. R. (2016). The importance of the traditional fire knowledge system in a subtropical montane socio-ecosystem in a protected natural area. *International Journal of Wildland Fire*, 25, 911-921. <https://doi.org/10.1071/WF15181>
- Martínez-Torres, H. L., & Pérez-Salicrup, D. R. (2019). El papel del campesinado ante la regulación de los incendios forestales en México: Consecuencias inesperadas. *Perspectivas Rurales*, 16(31), 71-89. <https://doi.org/10.15359/prne.16-31.5>
- Mathews, A. S. (2003). Suppressing fire and memory: Environmental degradation and political restoration in the Sierra Juárez of Oaxaca, 1887-2001. *Environmental History*, 8(1), 77-108. <https://doi.org/10.2307/3985973>
- McManus, P. (2009). Environmental Regulation. En R. Kitchin, R. y N. Thrift (Eds.), *International Encyclopedia of Human Geography* (pp. 546-552): Oxford: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-008044910-4.00154-1>
- Myers, R. L. (2006). Living with fire: sustaining ecosystems and livelihoods through integrated fire management. Talahassee: The Nature Conservancy. <https://www.cbd.int/doc/pa/tools/Living%20with%20Fire.pdf>
- Neger, C., León-Cruz, J. F., Galicia-Sarmiento, L. y Manzo-Delgado, L. L. (2022). Dinámica espaciotemporal, causas y efectos de los megaincendios forestales en México. *Madera y Bosques*, 28(2), e2822453. <https://doi.org/10.21829/myb.2022.2822453>
- Neger, C., Ponce-Calderón, L. P., Manzo-Delgado, L. L. y López-Madrid, M. A. (2024). Integrated fire management in a tropical biosphere reserve: Achievements and challenges. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 106, 104447. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104447>
- Olivares-Martínez, L. D., Gómez-Tagle, A. y Pérez-Salicrup, D. R. (2023). Regional drivers behind the burning of remnant forests in Michoacán Avocado Belt, central Mexico. *Fire*, 6(3), 81. <https://doi.org/10.3390/fire6030081>
- Pausas, J. G. y Keeley, J. E. (2009). A burning story: The

- role of fire in the history of life. *Bioscience*, 59(7), 593-601. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.7.10>
- Pérez-Salicrup, D. R., Ortíz-Mendoza, R., Garduño-Mendoza, E., Martínez-Torres, H. L., Ocegüera-Salazar, K. A., Quintero-Gradilla, S., Castillo-Navarro, F., Alvarado-Celestino, E. y González-Cabán, A. (2018). Coordinación institucional para la realización de quemas prescritas y quemas controladas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(49). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i49.169>
- Ponce-Calderón, L. P., Álvarez-Gordillo, G. C., Vera-Cortés, G., Rodríguez-Fernández, I., Rodríguez-Trejo, D. A. y Villanueva-Díaz, J. (2020). El nacimiento de los "Sin fuego": Caso Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas, México. *Nova Scientia*, 12(25), 00003. <https://doi.org/10.21640/ns.v12i25.2414>
- Ponce-Calderón, L. P., Ruíz-Utrilla, G. A., Ramírez-Loaiza, V. y Neger, C. (2024). Culturización del fuego para construir, habitar y cuidar: reflexiones para abordar el manejo intercultural del fuego. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 35, 83-100. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.35.2024.5965>
- Pyne, S. J. (1997). *World fire: the culture of fire on Earth*. University of Washington Press. <https://www.jstor.org/stable/j.ctvd7w7dq>
- R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Raygoza-Martínez, A., Gaytán-Martínez, R., Rodríguez-Chávez, O. G. y Nolasco-Morales, A. (2006). Reporte de la quema prescrita realizada en la Reserva Pozas Azules, Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. Comunidad de Aprendizaje de Manejo del Fuego. <https://www.camafu.org.mx/wp-content/uploads/2018/02/Reporte-de-la-quemaCC6oct06.pdf>
- Rodríguez-Trejo, D. A. y Pyne, S. (1999). Mexico: Mexican fires of 1998. *International Forest Fire News*, 20, 61-63. https://gfmco.org/online/iffn/country/mx/mx_3.html
- Rodríguez-Trejo, D. A., Martínez-Hernández, P. A., Ortiz-Contla, H., Chavarria-Sánchez, M. R. y Hernández-Santiago, F. (2011). The present status of fire ecology, traditional use of fire, and fire management in Mexico and Central America. *Fire Ecology*, 7(1), 40-56. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0701040>
- Rother, M. T. y Veblen, T. T. (2016). Limited conifer regeneration following wildfires in dry ponderosa pine forests of the Colorado front range. *Ecosphere*, 7(12), e01594. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1594>
- Sáenz-Ceja, J. E. y Pérez-Salicrup, D. R. (2019). The role of fire in the regeneration of conifer forests. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 25(1), 123-139. <https://doi.org/10.5154/rchscfa.2018.05.054>
- Sáenz-Ceja, J. E. y Mendoza, M. E. (2024). Temporal and spatial patterns of fire regime disruption in conifer forests of western North America. *Physical Geography*, 45(4), 439-471. <https://doi.org/10.1080/02723646.2024.2331292>
- Silva-Hernández, F. (2019). Principio de prevención y precautorio en materia ambiental. *Revista Jurídica Derecho*, 8(11), 93-106. http://www.scielo.org/bo/pdf/rjd/v8n11/v8n11_a06.pdf
- Stephens, S. L. y Ruth, L. W. (2005). Federal forest-fire policy in the United States. *Ecological Applications*, 15(2), 532-542. <https://doi.org/10.1890/04-0545>
- Tietze, N., Gerhold, L., y Ibsch, P. L. (2023). Policy narratives in forest management. *Environmental Research Letters*, 18, 114023. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acf6d2>
- Yocom, L. L., Fulé, P. Z., Falk, D. A., García-Domínguez, C., Cornejo-Oviedo, E., Brown, P. M., Villanueva-Díaz, J., Cerano, J. y Cortés-Montaño, C. (2014). Fine-scale factors influence fire regimes in mixed-conifer forests on three high mountains in Mexico. *International Journal of Wildland Fire*, 23, 959-968. <https://doi.org/10.1071/WF13214>

MATERIAL SUPLEMENTARIO

Tabla 1. Leyes que regulan el manejo del fuego forestal y agropecuario por estado y a nivel nacional en México

Territorio	Normatividad	Artículos	Año de promulgación	Última modificación
Federal	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	117–121	2018	2022
	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	100	1988	2023
	Ley Federal de Responsabilidad Ambiental	-	2013	2021
	NOM-015-SEMARNAT/AGRICULTURA-2023	-	2024	-
	Código Penal Federal	420bis	1931	2023
Aguascalientes	Ley de Fomento para el Desarrollo Forestal Sustentable	53–65	2006	2019
	Ley de Protección Ambiental	148	2000	2023
Baja California	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	45–49	2010	2018
	Ley de Protección al Ambiente	11–113ter	2001	2023
Baja California Sur	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	83–93	2007	2019
Campeche	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	33–37	2009	2020
	Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	147	1994	2022
	Ley de Uso del Fuego en Terrenos Agropecuarios	1–42	2015	-
Coahuila	Ley Forestal	56–69	2006	2019
Colima	Ley para el Desarrollo Forestal Sustentable	51–59	2006	2018
Chiapas	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	66–77	2022	-
	Ley Ambiental	169	2015	2020
Chihuahua	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	45–54	2018	2021
Ciudad de México	Ley Ambiental de Protección a la Tierra	-	2000	2023
Durango	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	48–54	2004	2019
Guanajuato	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	26–28	2020	2021
	Norma Técnica Ambiental NTA-IEE-005/2007	-	2008	-

Tabla 1. Continúa.

Territorio	Normatividad	Artículos	Año de promulgación	Última modificación
Guerrero	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	114–128	2008	2021
	Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	164	2009	2019
Hidalgo	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	92–95	2006	2023
	Ley para la Protección al Ambiente	146	2015	2023
Jalisco	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	49–53	2004	2023
	Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	94–95	1989	2023
México	Código para la Biodiversidad	3.54–3.65	2006	2021
Michoacán	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	112–121	2004	2022
Morelos	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	76–93	2007	2021
	Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	212	1999	2022
Nayarit	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	60–64	2005	2022
Nuevo León	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	78–87	2009	2022
Oaxaca	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	64–69	2013	2021
	Ley para el Uso y Manejo del Fuego en las Actividades Agropecuarias y Silviculturales	1–41	2021	-
Puebla	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	92–94	2006	2021
	Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable	102	2002	2022
Querétaro	Ley Forestal Sustentable	64–68	2009	2021
Quintana Roo	Ley Forestal	104–109	2007	2013
Quintana Roo	Ley de Quemados y Prevención de Incendios Forestales	1–48	2012	2014
San Luis Potosí	Ley para la Prevención y Manejo Integral e Institucional de Incendios Forestales	1–48	2013	2022
Sinaloa	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	56–64	2016	-
	Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable	152bis	2013	2022

Tabla 1. Continúa.

Territorio	Normatividad	Artículos	Año de promulgación	Última modificación
Sonora	Ley de Fomento para el Desarrollo Forestal Sustentable	48–55	2005	2017
	Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	126bis–126ter	2008	2021
Tabasco	Ley Forestal	38–39	2006	2017
Tabasco	Ley para la Prevención y Combate de Incendios Agropecuarios	1–48	2001	-
Tamaulipas	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	68–77	2007	2021
	Código para el Desarrollo Sustentable	92	2008	2023
Tlaxcala	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	72–76	2004	-
Veracruz	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	47–51	2006	2020
Yucatán	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	29–31	2017	2018
Yucatán	Ley de Prevención y Combate de Incendios Agropecuarios y Forestales	1–58	2006	2019
Zacatecas	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable	89–92	2007	2018