

Revisión de causas, consecuencias y medidas de respuesta frente a los incendios forestales: un enfoque en el estado de Jalisco

Review of causes, consequences and response measures against forest fires: a focus on the state of Jalisco

Recepción del artículo: 19/07/2023 • Aceptación para publicación: 04/12/2023 • Publicación: 05/01/2024

<https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi21.327>

Andres Ignacio Bassaber-Zuñiga
Marcela Mariel Maldonado Villegas*
Samuel Curiel-Guevara
Minerva Lizeth Rojas-Arias
Juan Salvador Valdez-Rosas

Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Zapopan, Jalisco, México.

*Autor para correspondencia: marcela.maldonado@academicos.udg.mx

Resumen

La presente revisión recopila y analiza información relevante y actualizada en torno a las causas, consecuencias y estrategias de respuesta (preventivas, de monitoreo y posteriores) en incendios forestales, dando especial atención al caso de Jalisco y su área natural protegida Bosque la Primavera. Se exponen causas variadas, así como la influencia del cambio climático en el incremento de probabilidad de este fenómeno. Se destacan impactos ambientales (aire, suelo, flora y fauna), y por su parte, las diversas estrategias para enfrentar los incendios forestales, tanto a nivel nacional como internacional. Estas estrategias incluyen iniciativas públicas, como son las políticas de manejo de fuego, propuestas científicas como el uso de tecnología para la detección temprana de incendios y la importancia de la educación ambiental y conexión con comunidades. En agregado, se nombran los programas más relevantes en relación con la gestión del fuego en México y Jalisco, haciendo un análisis entre estos y las tendencias de medidas de respuesta ante incendios forestales. La gestión de incendios forestales es un desafío mundial. En Jalisco se combinan métodos tradicionales, tecnológicos y gubernamentales; no obstante, es crucial una mayor investigación para mejorar las acciones y la gestión entorno a bosques y el fuego.

Palabras clave: Combustión forestal, ecología del fuego, gestión del fuego, cambio climático, mitigación.

Abstract

The present literary analysis compiles and examines relevant and up-to-date information about the causes, consequences, and response strategies (preventive, monitoring, and post-incident) in forest fires, with special attention to the case of Jalisco and its protected natural area "Bosque la Primavera." Various causes are presented, as well as the influence of climate change on the increased likelihood of this phenomenon. Environmental impacts (air, soil, flora, and fauna) are highlighted, along with the diverse strategies to address forest fires, both at the national and international levels. These strategies include public initiatives, such as fire management policies, scientific proposals like the use of technology for early fire detection, and the importance of environmental education and community involvement. Additionally, the most relevant programs related to fire management in Mexico and Jalisco are mentioned, conducting an analysis comparing these with trends in response measures to forest fires. Wildfire management is a global challenge. In Jalisco, traditional, technological, and governmental methods are combined; nevertheless, further research is crucial to enhance actions and management related to forests and fire.

Keywords: Forest combustion, fire ecology, fire management, climate change, mitigation.

Introducción

Los incendios forestales son eventos devastadores que acontecen a escala global y generan un impacto considerable en los ecosistemas y su diversidad biológica, además de afectar de manera significativa a las comunidades humanas y ser fenómenos de rápida propagación y difícil control resultando en el consumo de grandes extensiones de vegetación (Albornoz, 2016), afectando tanto elementos bióticos (plantas, animales y microorganismos) como elementos abióticos del ecosistema (clima, aire, suelo, agua, luz solar y minerales). A lo largo de la historia, las actividades antropogénicas han provocado un deterioro acelerado de los ecosistemas a nivel global, generando una creciente preocupación por las condiciones actuales del planeta, y en este caso particular, de los ecosistemas forestales (Clemente, M. Espinoza, P., 2022).

En Jalisco, el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP), conocida localmente como “Bosque La Primavera”, es una de las áreas protegidas más importantes del país, debido a su cercanía con la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) y su inherente función como “el principal pulmón natural” para esta gran ciudad (Semarnat, 2000). En el Bosque La Primavera los incendios forestales representan el principal factor de perturbación ecológica, generando consecuencias ambientales severas y manifestándose de manera visualmente impactante (Huerta, 2014). Las consecuencias derivan de un incremento exponencial en las emisiones de gases de efecto invernadero y afectación a los reservorios de carbono, pérdida de superficie arbolada, afectación al hábitat de las especies de flora y fauna y alteración de las funciones y servicios ecosistémicos (CONAFOR, 2020).

Se realizó una revisión literaria sobre las causas y consecuencias de los incendios forestales, así como un reconocimiento de las medidas de respuesta en Jalisco, el Bosque La Primavera y su posible relación con otras ANPs de la república. La comprensión de los impactos de los incendios forestales es crucial para desarrollar estrategias de gestión ambiental y políticas efectivas, orientadas a un proceso de coexistencia ligado a los incendios

forestales (FAO, 2019). Por esta razón, se considera importante señalar las tendencias y programas actuales relacionados con las medidas de respuesta a los incendios forestales en México, poniendo especial énfasis en el contexto de Jalisco y su ANP “La Primavera”. Mediante esta perspectiva, se busca obtener una visión integral y actualizada de las estrategias preventivas y de respuesta implementadas para abordar estos incidentes.

Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda de artículos científicos, revistas científicas, tesis, guías y programas gubernamentales, abarcando el período comprendido entre los años 2000 a 2023. Se aprovecharon bases de datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura (FAO); Revistas Científicas, Scientific Electronic Library Online (SciELO), Coordinación de Revistas Institucionales (CORI); y buscadores académicos como Google Académico. Se enfatizó la búsqueda con relación a los incendios forestales ocurridos en el estado de Jalisco, con especial atención en su área natural protegida "El Bosque de la Primavera", así como en la incidencia de estos desastres en otros estados.

Revisión de literatura

Causas de incendios en Jalisco y su relación con el Cambio Climático

Existen una serie de factores los cuales influyen en la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales. Según Huerta-Martínez, F. (2014) entre las principales causas de los incendios en Jalisco se resalta la práctica agronómica de quemar los cultivos de caña de azúcar con el objetivo de aumentar su rendimiento durante la zafra, generando un aumento de biocombustible y provocando incendios en superficies de bosque cercanas a los sitios donde se realiza. En agregado, el autor expone que la acumulación

de material combustible, agravada por condiciones ambientales anormales asociadas al cambio climático, como sequías extremas y vientos fuertes, constituye otra causa de incendios de gran magnitud. Por otro lado, en el artículo-reportaje de Espinosa *et al.* (2022) se exponen datos provenientes del Organismo Público Descentralizado (OPD) sobre incendios forestales desde 2017 a 2021 en el Bosque La Primavera. Se reporta que casi el 100% de los incendios fueron provocados por actividad humana, la cual está asociada a incrementar factores de vulnerabilidad ambiental que resultan en grandes emisiones y una afectación a la calidad del aire: quemas intencionales (de basura y agrícolas), vandalismo, cortes eléctricos, paseantes y como variante concurrída se atribuyen los incendios a “causas desconocidas” u “otras”.

Para el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), es "inequívoco" que los humanos han causado la crisis climática. El informe de Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad del IPCC (2022) concluyó que ya se han producido "cambios generalizados y rápidos", algunos de ellos irreversibles. Con relación a incendios forestales. El informe indica (con nivel de confianza alto) que los aumentos observados de áreas quemadas se atribuyen al cambio climático inducido por el hombre. “Para que se inicie un incendio forestal se necesitan tres condiciones esenciales (conocidas como el triángulo del fuego): combustible, oxígeno y una fuente de ignición” (Rongbin Xu, M.B *et al.*, 2020). Jones *et al.* (2020) señalan que cuando la situación climática se conjuga con los factores mencionados, se crea el escenario perfecto para

el surgimiento de un "clima de incendios”, el cual se refiere a periodos con una alta probabilidad de incendios los cuales tienen una mayor probabilidad de llegar a magnitudes destructivas para los ecosistemas forestales.

Impactos de incendios

Suelo

El suelo es un recurso fundamental en los ecosistemas forestales (Sarango, 2019). Este componente abiótico sufre diversas afectaciones debido a la intensidad y la duración de los fuegos. En los incendios forestales, el suelo es uno de los componentes con mayor afectación, (Guido y Sangay, 2020) exponen una clasificación de tres niveles de efectos sobre el suelo: bajo, en el que la capa de materia orgánica se quema superficialmente; moderado, cuando la capa de materia orgánica se quema, pero la estructura del suelo no se altera visiblemente; y finalmente, alto, en donde la materia orgánica se reduce a cenizas. Los impactos generados afectan principalmente las propiedades físicas y químicas del suelo. Las propiedades químicas se ven afectadas por la pérdida de nutrientes y minerales mediante lixiviación o volatilización (Zamudio, 2019).

El daño al suelo no se percibe a simple vista, sin embargo, este es uno de los elementos más afectados en el ecosistema forestal, y presenta una complejidad significativa en su proceso de recuperación (Cotler *et al.*, 2007). En casos de extrema exposición también se puede promover cambios en la mineralogía provocados por las altas temperaturas y aunado a ello un cambio en los niveles de PH (Hernández, 2020), por otro lado, las propiedades físicas impactadas debido a las altas temperaturas alteran el color, la textura, la capacidad de retención de agua y la tasa de erosión, que en casos extremos pueden comprometer la eficacia y eficiencia de la capacidad productiva (Calderón, 2019). Finalmente, otro aspecto esencial a nombrar es la pérdida de la fertilidad del suelo originada por la disminución de microorganismos (microflora y microfauna) en el sustrato de suelo, perjudicando directamente la calidad de la materia orgánica y la estabilidad de agregados “capacidad del suelo para mantener unidos los agregados de partículas

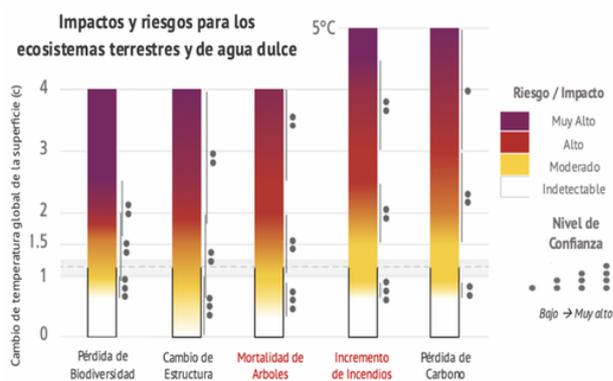


Figura 1. Informe Impactos, Adaptación y Vuln. IPCC (2022).

formando estructuras más grandes y estables (Whitman, 2019).

Aire y emisiones

Los incendios forestales generan impactos significativos en el aire emitiendo gases y partículas que pueden afectar la calidad de vida. Durante los incendios, se liberan al aire una variedad de sustancias, incluyendo partículas finas, compuestos orgánicos volátiles y gases tóxicos, que pueden tener efectos perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente (Espinel, 2021). Estas emisiones contaminantes pueden propagarse a largas distancias, afectando no solo a las áreas cercanas al incendio, sino también a las regiones vecinas; el tamaño de las partículas varía en su tamaño, sin embargo, las más perjudiciales para los seres humanos que van de 0.1 a 2.5 μm , ya que poseen la capacidad de inhibir el sistema inmunológico e ingresar directamente a los pulmones generando enfermedades respiratorias graves e incluso la muerte (Ruiz, 2020).

El impacto es generado por la combustión de biomasa, la cual libera gases de alto impacto como el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO_x) a la atmósfera (Rocha, 2022). No obstante, la magnitud de los impactos mencionados depende de varios factores, como la carga de combustibles, el tipo de vegetación y el porcentaje de humedad. En Jalisco se han definido 15 camas de combustibles, siendo los combustibles de 1000 horas firmes y la materia muerta (necromasa) aquellos con mayor concentración de carbono, mientras que la Biomasa, el Metano (CH_4) y el Óxido Nitroso (NO_x) en general se presentan en valores menores (sin bajar su importancia debido a su potencial de cambio climático); en agregado, se resalta que el dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero que se encuentra en mayor cantidad en las camas de combustibles (Flores *et al.*, 2022).

Flora

Los incendios forestales son un factor clave en los bosques templados permitiendo que el ciclo biológico

sea completado para dar sucesión a vegetación nueva (Sugihara *et al.*, 2006). Ante el aumento en la frecuencia y severidad de estos incendios se generan impactos negativos que superan en gran medida los beneficios (Cadena *et al.*, 2022). Debido a que los bosques templados no son un ecosistema homogéneo, es decir, que existen las mismas condiciones en todo el bioma, es por ello que la severidad de un incendio va a impactar en diferentes medidas dependiendo del tipo de vegetación. Aunado a ello se menciona que un incendio de baja severidad no impacta sobre la cobertura del dosel ni tampoco sobre arbustivas resistentes al fuego (Rodríguez y Fulé, 2003) a diferencia de un incendio de alta severidad, en el que Quintero *et al.*, (2019), mencionan una mortalidad del arbolado que compone el dosel y subdosel del 70 al 100 % y una degradación de toda la materia orgánica del suelo. Ante esta disyuntiva se encuentra una delgada línea de lo que puede beneficiar o no al bosque, dado que se ha mostrado que una severidad media en los incendios forestales propicia una mayor diversidad arbórea en la zona (Cadena *et al.*, 2022; Gallegos *et al.*, 2014). Por lo tanto, se puede afirmar que los impactos dependen siempre de la severidad, frecuencia y condiciones ambientales; en las que ante un aumento de incendios de alta severidad se estaría afectando seriamente la diversidad arbórea, perdiendo en ocasiones especies nativas, la capacidad de captación de agua del suelo ante la menor cobertura vegetal, menor intercambio de CO_2 , aumento de temperatura, disminución en la disponibilidad de recursos para otras especies, entre otras; recordemos que todo está interconectado.

Fauna

Hablar de impactos a la fauna por incendios forestales es comprender que existen una gran variedad de perturbaciones que dependen en gran medida de las características de cada especie en particular, por lo que este apartado será una perspectiva general, sin ahondar en características específicas.

Según el Organismo Público Descentralizado (OPD) del Bosque “La Primavera” reportan que

en él habitan siete especies de peces, 20 especies de anfibios, 49 especies de reptiles, 200 especies de aves y 59 especies de mamíferos. Es importante conocer las principales respuestas de ciertos grupos de vertebrados ante los incendios, dado que por sus características evolutivas (anatomía, comportamiento, hábitos, fisiología, entre otros) no todos tienen las mismas capacidades de reacción ante el fuego. Koproski y Mangini (2022) mencionan que los mamíferos pequeños suelen mostrar reacciones de huida más exageradas, mientras que los reptiles, aves y mamíferos de gran y mediano tamaño muestran movimientos menos bruscos; encontrando, por ejemplo, los animales más pequeños un gran refugio en las madrigueras del suelo.

Respecto a los impactos generados, se estima que estos son amplios, pero entre los más sobresalientes se encuentran la muerte de aquellos ejemplares que no logran escapar o refugiarse, lesiones como quemaduras y/o laceraciones, fracturas y hematomas derivados del intento de escape, problemas respiratorios derivados de la inhalación de humo, destrucción de áreas de anidación y reproducción, refugios y fuentes de alimento (Garcês y Pires, 2023; Haque *et al.*, 2021). Es lógico pensar que especies con desplazamiento lento y de edad avanzada no alcancen a evitar las llamas (Garcês y Pires, 2023). Dentro de este grupo se encuentran principalmente algunos reptiles (Cruz, 2008) y pequeños mamíferos terrestres, siendo difícil la estimación del daño debido a que se consumen rápidamente durante el incendio.



Figura 2. Ejemplar de Zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus*) con quemaduras graves derivadas de un incendio en el ANP “La Primavera”. Créditos: Unidad de Acopio y Salud Animal (UNASAM) Tlajomulco.

Tendencias y programas de respuesta

Con base en la literatura científica y gubernamental recopilada, a continuación, se presentan programas y medidas de acción en respuesta a los recurrentes incendios forestales del Bosque la Primavera; esto con el objeto de dar a conocer las tendencias de acción, investigación y los programas de respuesta vigentes y accesibles para la ciudadanía.

Programas aplicables

Aunando en las estrategias y tendencias dentro del estado de Jalisco como respecto a los incendios forestales, es primordial mencionar el *Programa de Manejo de Fuego, Jalisco 2021* el cual es definido en el documento oficial como aquel que “contiene los componentes, líneas de acción y acciones específicas que permiten la implementación de decisiones tácticas para el combate de los incendios forestales, su control y prevención con un enfoque de manejo integrado de ecosistemas regional, que contribuya a la mitigación de los impactos ambientales negativos a la naturaleza y la sociedad de la entidad”. A continuación, se presentan los componentes y Líneas de Acción del subprograma de Manejo de Fuego el cual permite la agrupación y coordinación de diversas organizaciones en diferentes sectores sociales teniendo como base el manejo de la ecología del fuego:

Cuadro 1. Programa de Manejo de Fuego Jalisco (2021).

Componentes	Líneas de Acción
1. Manejo de Fuego	1.1. Impulsar el manejo de combustibles como herramienta para la conservación y producción del paisaje forestal. 1.2. Coordinar y fortalecer acciones para la prevención, detección y combate de incendios forestales. 1.3. Promover el desarrollo continuo de capacidades a brigadistas en materia prevención detección y combate de incendios forestales.
2. Infraestructura	2.1 Gestionar la infraestructura necesaria de manejo de fuego a nivel estatal.
3. Generación de Conocimiento	3.1 Generar y transferir conocimientos para el manejo del fuego.
4. Difusión y Comunicación	4.1 Implementar acciones de difusión y comunicación efectiva en temas de manejo del fuego, dirigida a la sociedad en general.
5. Gestión	5.1 Fortalecer la sinergia institucional a través de mecanismos de coordinación para la protección contra incendios forestales. 5.2. Fomentar la gestión interinstitucional en materia de incendios forestales.

Otro documento de importancia al hablar de incendios forestales en Jalisco es la *Estrategia de Incendios 2019*, producido por el Organismo Público Descentralizado BLP. La estrategia planteada por este organismo está basada en cuatro grandes acciones: 1) Creación de 9 líneas

negras en la periferia del polígono protegido, formando una barrera de protección, 2) Apertura y limpieza de brechas corta fuego, 3) Manejo de combustibles ligeros, 4) Integración social al manejo del fuego responsable. En agregado el documento cuenta con un protocolo de combate para incendios el cual, desde 2012, ha implementado un operativo de coordinación entre las diferentes dependencias para cubrir el polígono completo del ANP-BLP, dividiendo a este en cuatro secciones: Norte, Sur, Este y Oeste. Una vez detectados los humos desde las torres de detección, la respuesta de la brigada deberá ser entre 10 a 15 minutos.

Estrategias específicas para el monitoreo y prevención de incendios forestales

En la lucha contra los incendios forestales, se han desarrollado diversas metodologías para su monitoreo y prevención. Estas herramientas y enfoques han demostrado ser de vital importancia para comprender los riesgos, evaluar los impactos y tomar medidas efectivas para proteger los ecosistemas y las comunidades. En esta breve exploración, se examinará la importancia e impactos de algunas de estas metodologías clave, destacando cómo contribuyen a la prevención y mitigación de los incendios forestales.

Uno de los aspectos con mayor relevancia es el análisis de la dinámica temporal de combustibles forestales, cuyo estudio es crucial para comprender cómo los combustibles forestales, como la vegetación seca y los desechos forestales, evolucionan y en qué medida se almacenan con el tiempo. Esto permite a los gestores de incendios y expertos en prevención evaluar y predecir los riesgos de incendio en una determinada área. Autores como Ruiz *et al.* (2022) han determinado la tendencia de acumulación de combustibles forestales con el objetivo de determinar las zonas con mayor vulnerabilidad a incendios por otro lado, Barrios y Escobar (2020) caracterizaron las camas de combustibles forestales en los manglares de un sistema de humedales, con el fin de definir las zonas con mayor potencial para la propagación del fuego. Otra herramienta primordial es la

generación de cartografía de probabilidad de incendios, la cual implica la creación de mapas que indican las áreas más propensas a sufrir incendios forestales (Medina, 2020). Estos mapas se basan en una variedad de factores, como la topografía, el clima, la vegetación y los registros históricos de incendios. Además, la generación de cartografía de probabilidad de incendios facilita la planificación de la ubicación de recursos y la asignación de presupuesto para combatir incendios.

En otros escenarios se ha recurrido a la implementación de algoritmos para la detección de conatos de incendios mediante imágenes del satélite GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite). Montero *et al.* (2019) realizaron una descripción de un algoritmo contextual, el cual tiene una gran resolución temporal y un mejor conocimiento del ciclo diurno de la actividad de la quema de biomasa. Este algoritmo permite una detección temprana y precisa de los incendios forestales. Aunado a estos impulsos tecnológicos se han impulsado tecnologías alternativas como el caso de los vehículos aéreos no tripulados, Madridano (2020) señala como principal ventaja la disminución del tiempo de respuesta en caso de incendios, la dispersión y autonomía que implica la implementación de enjambres de drones también suponen una ventaja al adentrarse sin mayor problema a los entornos adversos del ecosistema.

Algunos autores como Ruiz *et al.* (2022) optan por el modelado de la dinámica de sequías, el modelo permite comprender y predecir los patrones de sequía en una región determinada. Las sequías prolongadas aumentan el riesgo de incendios forestales al crear condiciones secas y favorables para la propagación del fuego. Al utilizar modelos que consideran variables climáticas, hidrológicas y de vegetación, se puede predecir la aparición de sequías y tomar medidas preventivas, como el establecimiento de restricciones de uso del fuego, la implementación de programas de riego y la concienciación sobre el uso eficiente del agua, Villanueva (2022).

Al igual que las medidas de monitoreo y prevención, la etapa post-incendio es un aspecto relevante en torno a los incendios forestales. Quinga *et al.* (2022) realizaron un análisis del

efecto de los incendios en la estructura de la vegetación, lo cual permite evaluar los cambios y los impactos producidos por los incendios forestales en los ecosistemas. Esto implica estudiar la regeneración de la vegetación, los patrones de sucesión y los cambios en la composición de especies. Comprender cómo los incendios afectan la estructura de la vegetación es esencial para la gestión post-incendio, la restauración de hábitats y la implementación de estrategias de recuperación (Quintero *et al.*, 2019).

Otra vía para evaluar la magnitud del impacto generado es a través de la caracterización cualitativa y cuantitativa de los impactos ecológicos. Sarango *et al.* (2019) evaluaron los efectos de los incendios forestales en los ecosistemas de manera integral, analizando cambios en los estratos arbóreos y arbustivos, considerando su altura y diámetro basal, y otros aspectos clave del medio ambiente como degradación del paisaje, suelo y porcentaje de áreas afectadas. Dentro de esta observación se puede tomar en consideración la Dendrocronología, la cual analiza los anillos de crecimiento de los árboles y las marcas dejadas por los incendios (Flores, 2021). Estos estudios proporcionan información valiosa para comprender la resiliencia de los ecosistemas, diseñar estrategias de restauración y promover prácticas de gestión sostenible a largo plazo. En la etapa post-incendio, existen también metodologías enfocadas a los aspectos litológicos. Hernández *et al.* (2020) exponen la importancia de los estudios de mineralogía de los incendios ya que ayudan a comprender la severidad y el impacto de los incendios en suelos. Dichos estudios implican el análisis de minerales y su transformación debido a las altas temperaturas generadas por los incendios, las cuales pueden llegar a alterar la composición del sustrato y alterar de manera significativa los niveles de pH. Al estudiar los cambios en los minerales presentes en los suelos y en las rocas cercanas a los incendios, los investigadores pueden inferir las temperaturas alcanzadas durante los eventos de fuego (Hernández *et al.*, 2020).

Una parte de crucial importancia es el impulso del diálogo de saberes, así como el manejo cultu-

ral del fuego, el cual implica el uso controlado del fuego en áreas naturales para mantener la salud y la resiliencia de los ecosistemas (Salazar y Loren, 2023). Esta metodología se basa en los conocimientos tradicionales y las prácticas indígenas, que han utilizado el fuego de manera sostenible durante siglos. El manejo cultural del fuego puede ayudar a reducir la acumulación excesiva de combustibles, prevenir incendios forestales catastróficos y promover la diversidad biológica. Además, puede tener beneficios culturales, fortaleciendo la conexión entre las comunidades locales y la tierra (Aranda y Movsesian, 2021).

Por su parte, la educación ambiental desempeña un papel fundamental en la prevención y mitigación de incendios forestales. A través de la educación ambiental, se puede concienciar a las comunidades locales, los visitantes y los usuarios de los bosques sobre la importancia de practicar comportamientos seguros en relación con el fuego. Esto incluye enseñar cómo prevenir incendios accidentales, cómo usar y apagar correctamente las fogatas, y cómo reportar cualquier actividad sospechosa que pueda conducir a incendios intencionales. Las propuestas de educación ambiental son esenciales para fomentar una cultura de prevención y responsabilidad compartida (Condori, 2020).

Estas metodologías son fundamentales para la prevención, monitoreo, y respuesta del fuego, ya que proporcionan herramientas y conocimientos necesarios para comprender, evaluar y mitigar los riesgos de incendios forestales. Al combinar estas metodologías, se puede lograr una gestión más efectiva y sostenible de los ecosistemas, minimizando los impactos negativos de los incendios y promoviendo la resiliencia de los bosques y las comunidades que dependen de ellos.

Discusión

En el transcurso de la revisión literaria se reconocieron causas recurrentes de incendios, las cuales apuntan en dirección semejante a aquellas expuestas en el plan de manejo de fuego 2020-2024; siendo las actividades agropecuarias, quemadas intencionales, fogatas y “otras causas”

los principales causantes de incendios forestales.

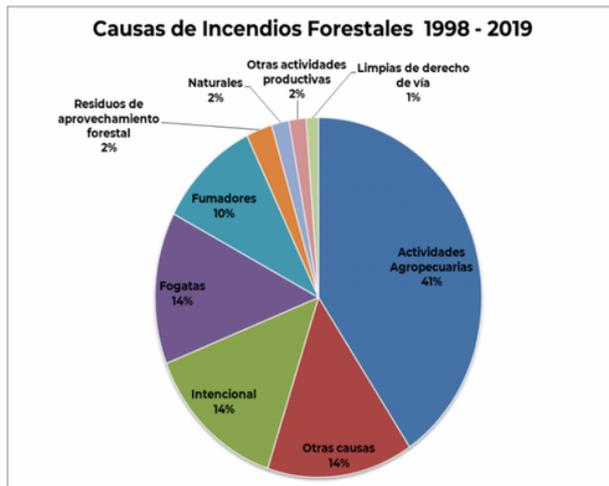


Figura 3. Plan de manejo de fuego 2020-2024.

Cabe recalcar, sin embargo, que las acciones antropogénicas y su influencia en la formación de incendios, son influenciadas por el cambio climático y factores ecosistémicos. Como indica Pompa-García, M. y Sensibaugh, M. (2014) la combinación de diversos factores amplificados, tales como la condición de sequía (potenciada por eventos como el niño), vientos fuertes, acumulación de biomasa seca y el uso de fuego como herramienta de aclareo, son factores de alta relevancia en la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales. Artículos recientes confirman esta afirmación e indican que el cambio climático aumenta la vulnerabilidad de los bosques, especialmente en las últimas dos décadas, Li, S y Banerjee, T. (2021) señala que los cambios en el clima y la utilización de la tierra causados por actividades antropogénicas han extendido la temporada de clima de fuego y aumentado significativamente la gravedad y cantidad de áreas quemadas por incendios forestales.

Impactos

Por su parte, los impactos generados a la biodiversidad y su capacidad de resiliencia no están tan estudiados a fondo, principalmente en Latinoamérica. A pesar de lo anterior hay artículos muy recientes que han abordado estas interrogantes en otros países con condiciones similares a las del Bosque La Primavera, como lo realizado por Garcês y Pires (2023), en un enfoque completo de los impactos generados a la

fauna y en parte con su relación al hábitat, dando un panorama completo que podría adaptarse muy bien a la situación en Jalisco.

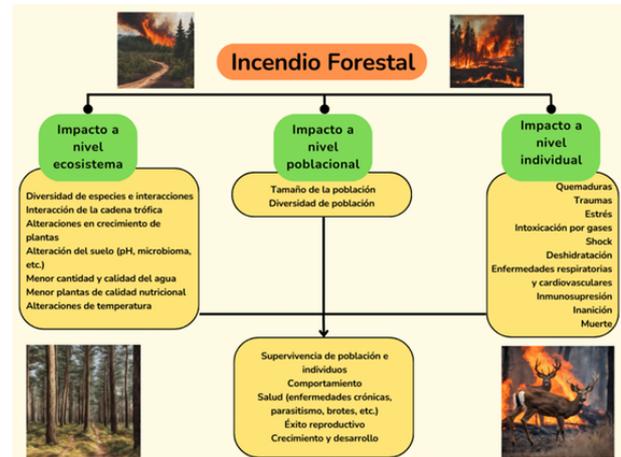


Figura 4. Modelo conceptual que ilustra los diferentes impactos de los incendios forestales en el ecosistema, la población y los individuos (Garcês y Pires, 2023).

Así mismo, comprender hasta qué punto es beneficioso para la biodiversidad un incendio forestal es un trabajo complejo, dado que se ha reportado que en algunos casos puede beneficiar la diversidad de especies de flora y fauna (Cruz, 2008; Gallegos *et al.*, 2014), y de igual forma en la disponibilidad de refugios para algunas especies de fauna, que para algunas es una oportunidad y para otras mayor riesgo de depredación (Andrus *et al.*, 2021; Esque *et al.*, 2003).

Sabemos que las complejas interacciones derivadas de los incendios forestales muchas veces no son tan evidentes o a corto plazo, esto debido a que no solamente existen impactos a simple vista, tal es el caso de los impactos por humo reportados en fauna silvestre por Sanderfoot *et al.* (2022), demostrando que la inhalación de humo puede provocar intoxicación por monóxido de carbono, dificultad respiratoria, deterioro neurológico, enfermedades respiratorias y cardiovasculares, estrés oxidativo e inmunosupresión en la vida silvestre, incluidas las especies terrestres y acuáticas, y estos efectos en la salud pueden contribuir a cambios en el movimiento y la vocalización.

De ahí la importancia de poder comprender en mayor medida estos impactos para en consecuencia poder crear estrategias de control adecuadas a cada circunstancia. Si bien la litera-

tura citada puede servir como una guía, no asemeja en su totalidad la situación que se vive en el Bosque “La Primavera”, se requiere de mayores esfuerzos locales de investigación y una mejor evaluación de los impactos posterior a los incendios, esto para conocer qué tan severo es el daño, pudiendo llevar a cabo muestreos como el reportado por Tomas *et al.* (2021), en donde realizaron transectos lineales en 39 km de área afectada por el fuego, encontrando 16,952 millones de vertebrados muertos por los incendios en el Pantanal Brasileño.

Estrategias y programas de respuesta

A lo largo del globo se han generado diversas iniciativas para combatir los efectos negativos de los incendios, así como utilizar a beneficio los aspectos positivos de los mismos. Como resultado, México, a través de una “Consulta Internacional en el Manejo de Fuego” coincide a una estrategia de carácter NO vinculante que incluye un marco general y cuatro componentes: i) las Directrices de Carácter Voluntario para el Manejo del Fuego; ii) la Alianza para promover la aplicación, y iii) Evaluación Global de Manejo del Fuego, y iv) Revisión de la Cooperación Internacional en el Manejo del Fuego (Plan de Manejo de Fuego Nacional (2020-2024)). Esto ha permitido a Jalisco alinearse a las acciones globales (por lo menos desde el ángulo público) y generar iniciativas conectadas al principio central de este marco internacional para enfrentar el número cada vez mayor de incendios, el cual es, la transición de la supresión total de los incendios forestales a las Políticas de Manejo del Fuego.

Esta investigación ha visualizado iniciativas desarrolladas a nivel internacional (literatura científica) y nacional (recursos públicos y literatura científica), dando prioridad a Jalisco. Esta agrupación se puede resumir en algunas categorías, siendo la principal las i) Estrategias de Manejo de Fuego” las cuales incluyen: 1) Manejo de combustibles como herramienta para la conservación y producción del paisaje forestal. 2) Coordinación y fortalecimiento de acciones para la prevención, detección y combate de incendios forestales. 3) Promoción del desarrollo

continuo de capacidades a brigadistas en materia prevención detección y combate de incendios forestales. 4) Separación de polígonos y creación de líneas negras. 5) Apertura y limpia de brechas de fuego. 6) Manejo de combustibles ligeros. 7) Integración social al manejo del fuego responsable. 8) Protocolo de combate para incendios. En agregado a estas estrategias se exhiben como categorías relevantes y recurrentes: ii) Generación de Conocimiento y Educación. iii) Difusión, Comunicación e Inclusión Social al Manejo de Fuego. iv) Gestión Institucional. v) Desarrollo de Políticas Públicas dentro de un Marco Legal. vi) Infraestructura.

Dentro de las estrategias mencionadas se encuentra alineación entre los programas estatales de Jalisco, con el Plan de Manejo de Fuego 2020-2024, el cual tiene como objetivo “Reducir el deterioro de los ecosistemas forestales ocasionado por la alteración en los regímenes del fuego”. Las vertientes principales de acción surgen del triángulo llamado “Manejo de Fuego”; la primera esquina, relativa a la ecología de ecosistemas, establece que el fuego tiene un doble carácter benéfico y dañino, dependiendo el sistema ecológico donde se presente. La segunda hace referencia al impacto económico-social el cual está íntimamente ligado a actividades productivas, poblaciones rurales y su infraestructura. La tercera expone sobre la aplicación técnica de manejo de fuego y la generación de políticas públicas que tomen en cuenta, en sus labores de planeación, prevención, manejo forestal y uso del fuego; la perspectiva ecológica y social. Cabe recalcar que el Plan de Manejo de Fuego Nacional cuenta con 15 estrategias específicas íntimamente relacionadas con las directrices mencionadas.

Ahora, en sumatoria a las acciones emprendidas desde programas mayoritariamente públicos, se atiende a las estrategias específicas propuestas desde diferentes investigaciones en el marco internacional, realizando una correspondencia con los, Antecedentes y Perspectivas de Investigación en Incendios Forestales en el INIFAP (Flores-Garnica, J. G, 2021). El artículo mencionado está orientado a la investigación de incendios forestales desde la perspectiva del concepto de manejo de fuego y se divide en 6 líneas de investigación. A continuación, se presen-

tan estas 6 líneas en orden jerárquico de importancia y recurrencia, y su equivalencia con las estrategias de acción propuestas en este artículo. Se resalta que la investigación se ha enfocado a las 3 líneas superiores, por lo que se tienen pocos estudios sobre otros temas como es la perspectiva social o los efectos del fuego en la hidrología.

Cuadro 2. Datos de INIFAP (2021) y Plan Nacional de Manejo de fuego (2020-2024).

Línea de investigación INIFAP	Estrategias específicas extraídas de revisión literaria nacional e internacional
Evaluación de Combustibles	- Análisis de la dinámica temporal de combustibles forestales.
Ecología del Fuego	- Determinación de áreas de riesgo en incendios forestales a través de análisis de factores ambientales. - Monitoreo y prevención post-incendio a través de análisis en la estructura de la vegetación. - Caracterización cualitativa y cuantitativa de los impactos ecológicos generados. - Estudios de mineralogía para la estimación de temperaturas de los incendios.
Comportamiento del Fuego	- Implementación de algoritmos para detección de conatos de incendios mediante imágenes satelitales.
Zonificación de Áreas Prioritarias	- Generación de cartografías de probabilidad de incendios.
Cambio Climático	- Modelado de la dinámica de sequías. - Educación ambiental.
Dendrocronología	- Reconstrucción histórica de la ecología del fuego. - Evaluación de respuesta por regeneración natural.
Perspectiva social	- Diálogo de saberes y manejo cultural del fuego. - Educación ambiental.

Conclusión

La prevención y mitigación de incendios forestales es un desafío constante para las autoridades y comunidades alrededor del mundo, sin embargo, sus impactos no siempre son perjudiciales para el ambiente, incluso forman dinámicas ecológicas vitales para el desarrollo de especies pirófilas. Para abordar esta problemática, se han desarrollado diversas metodologías que han demostrado ser eficaces en la evaluación de riesgos, la detección temprana y la implementación de estrategias de manejo. En el estado de Jalisco, México, se ha implementado un programa de manejo de incendios que combina enfoques tradicionales y tecnológicos para proteger sus valiosos ecosistemas.

Una de las metodologías utilizadas en el programa de manejo de incendios de Jalisco es la actualización de mapas de áreas prioritarias para la prevención de incendios. Este enfoque permite delimitar las zonas de mayor vulnerabilidad y distribuir de manera estratégica la infraestructura necesaria para el combate de incendios. Dentro de esta metodología se debería impulsar el monitoreo de combustibles forestales, debido a que su dinámica es de vital importancia para comprender el estado de resiliencia de nuestros bosques. Al conocer la carga de combustible y la disponibilidad de material inflamable en diferen-

tes áreas de Jalisco, se pueden priorizar los esfuerzos de prevención y respuesta, garantizando una gestión más eficiente de los incendios forestales.

Por otra parte, el programa de manejo de incendios de Jalisco ha integrado propuestas de educación ambiental como parte de sus estrategias. La educación ambiental es una pieza fundamental en la prevención de incendios forestales, ya que fomenta la conciencia y responsabilidad de las comunidades locales. Por lo cual es de vital importancia promover la colectividad desde otras formas de pensamiento, estructurando vías de prevención y capacitación, estas estrategias de diálogo activo fortalecerán la conexión entre las comunidades y las estrategias del programa, dicha interacción permitiría incluso establecer nuevas estrategias de prevención y control, fomentando prácticas seguras y sostenibles.

En conclusión, el programa de manejo de incendios de Jalisco muestra una sólida combinación de metodologías empleadas para la detección y manejo de incendios forestales, sin embargo, es de suma importancia que estos programas promuevan el diálogo de saberes y estructuren las bases para nuevas vías de investigación, con el objetivo de crear un reservorio detallado de los impactos ambientales generados por los incendios forestales a través de los años. Estos reservorios brindarán una visión más amplia sobre la dinámica de nuestros ecosistemas forestales y permitirán la estructuración de estrategias de contención diseñadas acorde a los requerimientos de nuestros bosques. De igual manera, estos registros establecerán los cimientos para el desarrollo e implementación de nuevas vías de contención y detección, como la sistematización mediante inteligencia artificial para el registro de conatos de incendio mediante drones especializados.

Literatura citada

- Andrus, R. A., Martínez, A. J., Jones, G. M. y Meddens, A. J. (2021). Assessing the quality of fire refugia for wildlife habitat. *Forest Ecology and Management*, 482, 118868.
- Aranda y Movsesian. (2021). *Incendios forestales en el Valle de Paravachasca (Córdoba): fragmentaciones, intereses y disputas a partir de las formas de organización comunitaria y su politización e institucionalización en el territorio*. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/131452>
- Arce Vizcarra, R.A. y Cruz-Lozado, J.D.L. (2022). Incremento de incendios forestales en América Latina: Problemática, causas e impactos en la biodiversidad, 2005-2021. *Revista TSE'DE*, 5(1). Recuperado de <http://www.tsachila.edu.ec/ojs/index.php/TSEDE/article/view/116/71>
- Bárbara Sandoval D., Dennise Rettig M., Tatiana Reyes R. y Manuel Oyarzún G. (2021). Impacto de la contaminación aérea por incendios forestales en la morbimortalidad de la población expuesta, *Neumol Pediatr*, 16 (4), 167 – 171. <https://www.neumologia-pediatria.cl/index.php/NP/article/view/465/428>
- Barrios Calderón, R. de J., Escobar Flores, R. E. (2020). Análisis de la problemática de los incendios forestales y sus implicaciones en la pérdida de cobertura forestal en Cintalapa, Chiapas. *Revista De Geografía Agrícola*, (65), 63–83. DOI: 10.5154/r.rga.2020.65.04
- Barrios C., Romeo de J., Infante, D., Flores Garnica, J., Hendricus, J., Monzón, A. y Maza, S. (2020). Análisis comparativo de camas de combustibles forestales en un ecosistema de manglar. *Madera y bosques*, 26(1), e2611950. DOI: 10.21829/myb.2020.2611950
- Benítez, G. y Equihua, M. (2019). Incendios Forestales: una amenaza constante. Recuperado de <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/914-incendios-forestales-una-amenaza-constante>
- Bianchi, L., Defossé, G., Dentoni, M., Kunst, C., Ledesma, R. y Bravo, S. (2014). Dinámica de la humedad de los combustibles y su relación con la ecología y el manejo de fuego en la región chaqueña occidental (Argentina) I: conceptos básicos. *RIA. Revista De Investigaciones Agropecuarias*, 40(2), 154-164. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142014000200008&lng=es&tlng=es.
- Cadena, D. A., Flores-Garnica, José G., Flores-Rodríguez, A. G. y Lomelí-Zavala, M. E. (2020). Efecto de incendios en la vegetación de sotobosque y propiedades químicas de suelo de bosques templados. *Agro Productividad*, 13(4). DOI:10.32854/agrop.vi.1684
- Cadena-Zamudio, D.A., Flores-Garnica, J. G., Lomelí-Zavala, M. E. y Flores-Rodríguez, A. G. (2022). Does the severity of a forestfire modify the composition, diversity and structure of temperate forests in Jalisco?. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 28(1), 3-20. DOI: 10.5154/r.rchscfa.2020.12.076
- Calderón Vásquez B. (2019). *Evaluación del impacto ambiental sobre la biodiversidad del suelo causado por un incendio forestal en la provincia de jaén, 2019*. http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/149/1/Calder%c3%b3n_VWR.pdf
- Clemente, M. y Espinoza, P. (2022). Causas de los incendios forestales de acuerdo a la percepción de los pobladores del distrito de Izcuchaca. Universidad Continental. Departamento de Huancavelica, 2022. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/12921>
- Constante, G. C., Villanueva, J. D., Cerano, J. P., Cornejo, E. H. y Valencia, M. S. (2009). Dendrocronología de Pinus cembroides Zucc. y reconstrucción de precipitación estacional para el Sureste de Coahuila. *Revista Ciencia Forestal en México*, 34(106), 17-39. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-35862009000200002

- Comisión Nacional Forestal. (2020). *Programa de Manejo del Fuego, 2020-2024*. Recuperado de <https://snif.cnf.gob.mx/incendios/>
- Comisión Nacional Forestal. (2020). *Programa de Manejo de Fuego 2020-2024*. Recuperado de <https://idefor.cnf.gob.mx/documents/829>
- Condori Huamán. (2021). *Percepción de la Educación Ambiental a los Pobladores para evitar Incendios Forestales en el Sector de Calcapampa - Echarate - La Convención - Cusco, 2020*. (Tesis profesional). Recuperado de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58640/Condori_HLM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cotler, H., Sotelo, E., Dominguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S. y Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*, 83, 7-71. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/539/53908302.pdf>
- Cruz Saenz, D. (2008). *Efecto de los incendios forestales sobre la comunidad de reptiles del Área Natural Protegida Bosque La Primavera, Jalisco, México*. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.
- Espinel García. (2021). *Influencia de factores meteorológicos sobre la incidencia de Los incendios forestales y el transporte de las emisiones hacia Las ciudades andinas*. Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/53006/25265.pdf?>
- Espinosa, L., Sedano, L., Haro, B., Barajas, M y Gutierrez, V. (2022). *La Primavera: Un Bosque en Riesgo Inminente. La Primavera: un bosque en riesgo inminente*. Recuperado de: <https://www.zonadocs.mx/2022/01/13/la-primavera-un-bosque-en-riesgo-inminente/>
- Esque, T. C., Schwalbe, C. R., Defalco, L. A., Duncan, R. B. y Hughes, T. J. (2003). Effects of desert wildfires on desert tortoise (*Gopherus agassizii*) and other small vertebrates. *The Southwestern Naturalist*, 48(1), 103-111.
- FAO. (2019). *Strategy on Forest Fire Management*. Recuperado de <https://www.fao.org/3/cb6816en/cb6816en.pdf>
- Flores Garnica, J.G., Flores Rodriguez, A.G. y Gottfried-Burquette, E. (2022). Evaluación de la concentración de carbono y estimación del potencial de emisiones GEI en combustibles forestales. *e-CUCBA*, 9(17), 156 - 164. Recuperado de <http://e-cucba.cucba.udg.mx/index.php/e-Cucba/article/view/224/210>
- Flores-Garnica, J. G. (2021). Antecedentes y perspectivas de la investigación en incendios forestales en el INIFAP. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* DOI: 10.29298/rmcf.v12iEspecial-1.981
- Gallegos Rodríguez, A., González Cueva, G. A., Gerardo Cabrera Orozco, R., Marcelli Sánchez, C. y Hernández Álvarez, E. (2014). Efecto de la recurrencia de incendios forestales en la diversidad arbórea. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(24), 110-125.
- Garcés, A. y Pires, I. (2023). The Hell of Wildfires: The Impact on Wildlife and Its Conservation and the Role of the Veterinarian. *Conservation*, 3(1), 96-108.
- Garcia Ruiz, V.H. (2022). *Incendios forestales, cambios de uso de suelo y su impacto en el balance hidrológico de los bosques templados del centro de México*. (Tesis de posgrado). Universidad Autónoma de Chapingo. Recuperado de <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/2ba6b90b-165f-4a88-a199-f1c12c8a7baa/content>
- Gobierno del Estado de Jalisco. (2020) *Programa de prevención de incendios forestales*. Recuperado de <https://misprogramas.jalisco.gob.mx/programas/apoyo/Programa-estatal-de-manejo-del-fuego/381#:~:text=El%20programa%20planifica%20las%20acciones,de%20organizaciones%20civiles%20como%20los>
- Guido, F. C. y Sangay, F. M. (2020). Estudio de la estructura, materia orgánica y microfauna de suelos impactados por incendios forestales 2010 – 2020: una revisión de la literatura científica (Trabajo de investigación). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/26305>

- Gras-Rodríguez, R., Ramos-Rodríguez, M. P., Medranda-Mendieta, J. A., Manrique-Toala, T. O. y Estévez-Valdés, I. (2020). Comportamiento histórico de los incendios forestales en el Cantón Rocafuerte, provincia Manabí, Ecuador, en el periodo 2016 – 2019. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 17(41), 37–46. DOI: 10.18845/rfmk.v17i41.5282
- Haque, M. K., Azad, M. A. K., Hossain, M. Y., Ahmed, T., Uddin, M. y Hossain, M. M. (2021). Wildfire in Australia during 2019-2020, Its impact on health, biodiversity and environment with some proposals for risk management: a review. *Revista de Protección Ambiental*, 12(6), 391-414.
- Hernández Vallecillo, G., Gutiérrez Castorena, M., Barragán Maravilla, S., Ángeles Cervantes, E., Gutiérrez Castorena, E. y Ortiz Solorio, C. (2020). La mineralogía en la estimación de las temperaturas de los incendios forestales y sus efectos inmediatos en Andosoles, Estado de México. *Madera y bosques*, 26(1), e2611932. DOI: 10.21829/myb.2020.2611932
- Huerta-Martínez, F y Ibarra-Montoya, J. (2014). Incendios en el bosque la primavera (Jalisco, México): un acercamiento a sus posibles causas y consecuencias. *CienciaUAT*, 9(1), 23-32. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582014000100023&lng=es&tlng=es
- Ibarra Montoya, J. L. y Huerta Martínez, F. M. (2016). Cambio climático y predicción de incendios al 2050 en el Bosque La Primavera, Jalisco. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(37), 39-50.
- Jones, M., Smith, A., Betts, R., Ganadell, J., Prentice, I. y Le Quéré, C. (2020). Climate Change Increases the Risk of Wildfires. Tyndall Centre for Climate Change Research. School of Environmental Sciences. University of East Anglia (UEA).
- Koproski, L. y Mangini, P. R. (2022). Manejo de la fauna silvestre en los incendios del Brasil: el enfoque de Una Sola Salud. En *Hacia la construcción de paisajes a prueba de incendios*. (pp. 104-112). Países Bajos. Tropenbos International, Ede, the Netherlands.
- Li, S. y Banerjee, T. (2021). Spatial and temporal pattern of wildfires in California from 2000 to 2019. *Sci Rep*, 11, 8779. DOI: 10.1038/s41598-021-88131-9.
- López García, A. R. (2020). Estudio de la severidad del incendio de 2012 y regeneración de la vegetación del Bosque La Primavera, México, mediante imágenes LANDSAT 7. *Revista cartográfica*, (101), 35-50.
- Madridano Carrasco, D. (2020). *Arquitectura de software para navegación autónoma y coordinada de enjambres de drones en labores de lucha contra incendios forestales y urbanos*. (Tesis de grado). Recuperado de <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/32463#preview>
- Martínez Pérez, C. (2022). *Análisis de los impactos de incendios forestales en la estabilidad de laderas*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2117/377902>
- Medina Sandoval, W. M. (2020). *Evaluación del modelo de cartografía de riesgo de incendios forestales en el Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica*. San José, Costa Rica. Recuperado de <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UNE.D.000073090>
- Montero Martínez, J., Polanco, M., Martínez, Y. y Oropeza Rosales, F. (2019). *Estrategia de prevención y combate de incendios forestales 2019*. Recuperado de https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/ESTRATEGIA_DE_INCENDIOS_2019.pdf
- Montero, M., Polanco, M. y Oropeza, F. (2004). Implementación de un algoritmo para la detección de fuegos usando imágenes GOES, *Madera y Bosques*, 25(3). e2531888
- Pompa García, M. y Sensibaugh, M. (2014). Ocurrencia de incendios forestales y su teleconexión con fenómenos ENSO. *Ciencia UAT*, 8(2), 06-10. Recuperado de <http://www.revistaciencia.uat.edu.mx/index.php/CienciaUAT/article/view/292>
- Quinga Vela, Y. y Montealegre Gracia, A. (2022). Análisis de la estructura de la vegetación en zonas afectadas por el fuego mediante datos LiDAR e información de campo. Recuperado de <https://zagan.unizar.es/record/124587>

- Quintero-Gradilla, S., Jardel-Peláez, E., Cuevas-Guzmán, R., García-Oliva, F. y Martínez-Yrizar, A. (2019). Cambio postincendio en la estructura y composición del estrato arbóreo y carga de combustibles en un bosque de *Pinus douglasiana* de México. *Madera y bosques*, 25(3), e2531888. DOI: 10.21829/myb.2019.2531888
- Rocha Condor, A. y Huacho Chávez, J. (2022). Análisis del espesor óptico de aerosol debido a incendios forestales en la amazonia de Perú, Ecuador, Colombia, Brasil y Bolivia. *Perfiles*, 1(28), 90,101. DOI: 10.47187/perf.v1i28.189
- Rodríguez Souilla, J. (2020). *Efecto de los incendios forestales sobre la pérdida de suelo superficial por erosión hídrica en la Cuenca del Arroyo Ventana*. (Tesis de grado). Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/110050>
- Rodríguez-Trejo, D. A. y Fulé, P. Z. (2003). Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. *International Journal of Wildland Fire*, 12(1), 23-37.
- Rongbin Xu, M.B et al. (2020). Wildfires, Global Climate Change, and Human Health. *The New England Journal of Medicine*. Recuperado de https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMsr2028985#article_references
- Rosero Cuesta, J. y Osorio Giraldo, I. (2014). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte. *Cuaderno Activa*, 5(1), 59–67. Recuperado de <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactivo/article/view/130>
- Ruiz, A. (2020). *Impacto en la calidad del aire de los incendios forestales: Galicia, octubre de 2017*. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/344894072.pdf>
- Ruiz-Corzo, R, Raj, D., Venegas-Sandoval, A, Jerez-Ramírez, D., Fernández-Zúñiga, K., López-Cruz, S., López-Hernández, J., Peña-Alvarez, B. y Velázquez-Sanabria, C. (2022). Dinámica temporal de combustibles forestales y efecto del incendio en Cerro Nambiyugua, Chiapas, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 9(2), DOI: 10.19136/era.a9n2.3253
- Salazar Perez, L. (2023). *Estudio de caso: propuesta de educación ambiental sostenible para la prevención de incendios forestales en el departamento de Córdoba*. Recuperado de <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/10604>
- Sanderfoot, O. V., Bassing, S. B., Brusa, J. L., Emmet, R. L., Gillman, S. J., Swift, K., & Gardner, B. (2022). A review of the effects of wildfire smoke on the health and behavior of wildlife. *Environmental Research Letters*, 16(12), 123003.
- Sarango-Cobos, J., Muñoz, J., Muñoz, L. y Aguirre, Z. (2019). Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 101–114. Recuperado de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/687>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2000). *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera*. México, D.F.
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco (SEMADET). (2021). *Programa para el Manejo del Fuego en el Estado de Jalisco*. Recuperado de <https://semadet.jalisco.gob.mx/inicio>
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco (SEMADET). (2021). *Programa Estatal de Áreas Naturales Protegidas y Otros Instrumentos de Conservación 2020-2030*. Jalisco. Recuperado de <https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/areasnaturalesprotegidas.pdf>
- Sugihara, N. G., Van Wagendonk, J. W., Fites-Kaufman, J. O. A. N. N., Shaffer, K. E., y Thode, A. E. (2006). The future of fire in California's ecosystems. Fire in California's ecosystems. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Tomas, W. M., Berlinck, C. N., Chiaravalloti, R. M., Faggioni, G. P., Strüssmann, C., Libonati, R., ... y Morato, R. (2021). Distance sampling surveys reveal 17 million vertebrates directly killed by the 2020's wildfires in the Pantanal, Brazil. *Scientific Reports*, 11(1), 23547. DOI: 10.1038/s41598-021-02844-5

- Úbeda, X. y Francos, M. (2018). Incendios forestales. Un fenómeno global, *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 23(1.253). Recuperado de <https://revistes.ub.edu/index.php/b3w/article/view/26826>
- Villanueva Baca, K. (2022). Dinámica temporal y espacial del índice de vegetación estandarizado (SVI) para tres zonas cafetaleras en la región Amazonas, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.14077/3016>
- Whitman, T., Whitman, E., Woollet, J., Flannigan, M., Thompson, D. y Parisien, M. (2019). Respuesta de bacterias y hongos del suelo a incendios forestales en el bosque boreal canadiense a través de un gradiente de severidad de quema. *Soil Biology and Biochemistry*, 138, 1-13. DOI:10.1016/j.soilbio.2019.107571.
- Zamora Fernández, M., Azanza Ricardo, J. y Bezanilla Morlot, A. (2022). Impacto del cambio climático en la generación de incendios forestales en Las Tunas. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(2), 150-168. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692022000200150&lng=es&tlng=es.