



**Bosque
La Primavera**

**Programa de Manejo del Fuego del
Bosque La Primavera**

RESPONSABLE TÉCNICO

M.C. Enrique José Jardel Peláez

Departamento de Ecología y Recursos Naturales

Centro Universitario de la Costa Sur

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Resumen Ejecutivo

El Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre y Reserva de la Biosfera Bosque La Primavera (BLP), ubicada al suroeste de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), es uno de los últimos espacios silvestres que persisten en el paisaje de una región significativamente transformada por la urbanización, la industrialización y la agricultura. Esta área protegida posee características únicas debido a su origen geológico, mantiene aún una notable diversidad de especies de flora y fauna silvestre, conserva bosques de encinos y pinos de la transición entre zonas cálidas y templadas subhúmedas que están pobremente representados en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México y contribuye de manera significativa a la generación de servicios ambientales de los ecosistemas – como la regulación del clima, la protección de fuentes de agua y la oferta de espacios para la recreación al aire libre – en una región densamente poblada. El BLP es además una unidad de conservación emblemática para el Estado de Jalisco.

Rodeado por centros de población, terrenos agrícolas, áreas industriales e infraestructura carretera, el BLP es actualmente un fragmento de hábitat forestal con una conectividad limitada con otros terrenos boscosos cercanos. En su interior, los ecosistemas forestales han sido objeto de una larga historia de transformación antropogénica asociada a actividades agropecuarias, explotación de recursos forestales, actividades recreativas y expansión de centros de población; a esto se suman los efectos de la transformación ecológica del paisaje circundante, incluyendo la contaminación atmosférica y los efectos sobre el clima de la isla de calor de la ZMG.

Además de todos estos factores de transformación e impacto ambiental, la incidencia de incendios forestales es considerada como uno de los problemas más críticos de degradación ecológica en el BLP y, sin duda, es uno de los más visibles y ampliamente difundidos por los medios de comunicación. El fuego es considerado como una causa de degradación de los valores naturales del BLP; todos los años se presentan incendios forestales y en ocasiones estos han llegado a afectar una proporción importante de la superficie de la unidad de conservación. Alrededor del 90% de la superficie del BLP se ha quemado alguna vez en las últimas dos décadas (1998-2019). Sin embargo, el área mantiene su cobertura forestal y condiciones de hábitat en las que persisten numerosas especies de plantas y animales silvestres.

El propósito de este Programa de Manejo del Fuego es dotar al BLP con un instrumento de planificación que permita poner en práctica una estrategia de manejo del fuego dirigida a fortalecer los objetivos de conservación de biodiversidad, ecosistemas y valores del patrimonio natural y cultural en el área protegida, así como de protección civil en su entorno.

Este programa se fundamenta en principios y criterios ecológicos derivados tanto del conocimiento actual sobre la ecología del fuego como de la experiencia práctica en la protección contra incendios forestales y el manejo del fuego. Este instrumento es complementario al Programa de Manejo del BLP y tiene por objeto servir como marco de referencia para el fortalecimiento de la colaboración y la puesta en marcha de acciones concertadas entre la institución responsable de la administración del área protegida – el Organismo Público Descentralizado Bosque La Primavera (OPD-BLP) –, los dueños de la tierra en el área protegida – ejidos, propietarios particulares y Gobierno de Jalisco –, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Jalisco, los gobiernos municipales de Zapopan, Tlajomulco, Tala y El Arenal, así como otras dependencias gubernamentales de los tres órdenes de gobierno, organizaciones de la sociedad civil e instituciones de educación e investigación que participan en la tarea de la conservación.

La situación que se pretende resolver a través de la aplicación de un programa de manejo del fuego es compleja y no puede reducirse simplemente a contener la alta incidencia de incendios con un enfoque convencional basado en la supresión del fuego. Por sus condiciones ecológicas caracterizadas por un clima estacionalmente seco y la vegetación de bosques de encino y pino, los ecosistemas forestales del BLP y su región circundante son pirófilos o propensos a incendios; la evidencia derivada del conocimiento de la ecología del fuego indica que dicho factor forma parte de la dinámica de estos ecosistemas.

Desde el punto de vista de la ecología, el problema que justifica la puesta en marcha de un programa de manejo del fuego no es en sí la incidencia de incendios forestales, sino la alteración de los regímenes de incendios que han formado parte de la dinámica natural o histórica y el funcionamiento de los ecosistemas forestales. Diferentes factores de cambio presentes en el BLP influyen en la alteración de su régimen de incendios. Estos factores incluyen la transformación del paisaje y la modificación del complejo de combustibles forestales (la materia prima que alimenta al fuego, constituida principalmente por la biomasa de plantas), el cambio climático

global (el clima es el factor de primer orden que controla los regímenes de incendios) y el aumento del riesgo de igniciones antropogénicas en la interfaz del bosque con áreas bajo usos agropecuarios y zonas urbanizadas.

La combinación de los efectos de: (a) la transformación del entorno ecológico del BLP asociada a la expansión de la agricultura y la urbanización, (b) el alto riesgo de igniciones en la interfaz forestal-agrícola-urbana, (c) la alteración antropogénica de la composición y estructura de la vegetación y el complejo de combustibles dentro del bosque, y (d) el cambio climático global, son factores de cambio en los regímenes de incendios y se traducen en una creciente vulnerabilidad del BLP a los efectos del fuego y otros factores de cambio como sequías, brotes de parásitos y patógenos, y contaminación atmosférica.

Además de esto, un componente clave de la problemática asociada con los incendios forestales en el BLP es la interacción del área protegida con las áreas urbanas circundantes, lo cual implica considerar el *manejo del fuego en el contexto de la interfaz urbano-forestal*. Algunos e los incendios más extensos que han ocurrido en el BLP, como el de 2012, se iniciaron en el límite con la ciudad. Las emisiones de humo y gases de los incendios forestales en el BLP contribuyen a empeorar la contaminación atmosférica en la ZMG, mientras que los efectos directos e indirectos de los incendios representan riesgos de desastres para los centros de población aledaños al BLP.

En el manejo del territorio del BLP participa una multiplicidad de actores sociales; esto constituye una condición de especial importancia para la planificación del manejo del área protegida, que hasta ahora ha carecido de un instrumento de planeación, adecuado y actualizado, para poner en marcha una estrategia integral de manejo del fuego que contribuya al logro de los objetivos de conservación.

Este programa de manejo del fuego está compuesto de nueve capítulos: (1) una introducción en la cual se plantea el problema que motivó la elaboración del programa; (2) el marco de referencia en el cual se describe la base institucional del manejo del área protegida, se hace referencia al marco jurídico de la gestión las áreas protegidas y el manejo del fuego en México, y se presentan los conceptos básicos que fundamentan el manejo del fuego desde la perspectiva de la ecología; (3) el estudio descriptivo de las características físico-geográficas, bióticas, ecológicas, socioeconómicas y demográficas del área; (4) el diagnóstico del problema de los incendios

forestales y (5) el pronóstico de los probables escenarios futuros; (6) el planteamiento de los objetivos del programa de manejo del fuego; (7) el enunciado de los principios, criterios y lineamientos que deben servir de guía para poner en práctica una estrategia de manejo del fuego en un área protegida; (8) las líneas de acción estratégica del programa y sus metas; (9) propuesta de programa operativo para los dos años siguientes a la aprobación del programa estratégico.

Resultados del diagnóstico

En el diagnóstico se analizó el problema de los incendios forestales en el Bosque La Primavera partiendo de la caracterización del ambiente del fuego (las condiciones del clima, la geomorfología y la vegetación-complejo de combustibles) que determinan el comportamiento del fuego y sus efectos, así como el régimen potencial de incendios (RPI), esto es, la amplitud de la variabilidad esperada, dadas las condiciones del medio biofísico, en la frecuencia, estacionalidad, intensidad, severidad y patrón espacial de los incendios forestales a través del tiempo y a escala del paisaje. Luego el RPI fue comparado con el régimen actual de incendios (RAI), esto es, con la incidencia del fuego observada en el área en los últimos 20 años. Los resultados y conclusiones del diagnóstico se resumen a continuación.

La Sierra de la Primavera es un complejo montañoso de origen volcánico con un relieve complejo de domos (cerros y mesas), barrancas, lomeríos, colinas y llanuras onduladas. El clima es subhúmedo con un régimen de lluvias de verano y una estación seca durante el invierno y la primavera; varía de cálido en las partes bajas (menos de 1600 m de altitud) a templado-cálido en las partes altas (entre 1800 y 2270 m). La vegetación forestal cubre 24,776 ha, cerca del 81% de la superficie del BLP, y está formada por bosques densos (cobertura de dosel >60%) y abiertos (cobertura de dosel 30-60%) en los que se alternan en dominancia los géneros *Pinus* (pinos) y *Quercus* (encinos y robles) y formaciones sabanoides dominadas por pastos con árboles dispersos. El 18% del área corresponde a terrenos desmontados con pastizales y campos de cultivo y el 1% restante corresponde a agricultura permanente, centros de población e infraestructura. En el área adyacente al polígono del BLP se encuentran aproximadamente 6,199 ha de terrenos con coberturas forestales.

Las condiciones antes descritas caracterizan el ambiente del fuego en el BLP a escala del paisaje: un clima con una estación seca y calurosa favorable para la propagación del fuego durante la mitad del año, una topografía abrupta con pendientes pronunciadas en 61% del área

y una vegetación que produce camas de combustibles con un potencial de incendios de moderado a alto (en comparación con otros ecosistemas forestales del mundo).

En el BLP se encuentran seis tipos de camas de combustibles forestales: (1) bosque denso de pino-encino, (2) bosque denso de encino-pino, (3) bosque abierto de encino-pino, (4) formaciones sabanoides, (5) vegetación de ribera y (6) pastizales ralos y rastrojos en áreas desmontadas. Los tipos 1 y 2 corresponden a modelos de comportamiento superficial del fuego en los que este se propaga por el mantillo formado por hojarasca de acículas y hojas esclerófilas con velocidad de propagación lenta a moderada y llamas bajas; el tipo 1 se encuentra en condiciones relativamente más húmedas que el 2. Los incendios son generalmente superficiales, pero pueden ocurrir antorchamientos y en terrenos con pendientes pronunciadas y bajo condiciones de estados del tiempo seco y viento fuerte puede producirse fuego de copa. En el tipo 3 los estratos que conducen el fuego son la vegetación de pastos y arbustos del sotobosque y el mantillo; los incendios son superficiales, más intensos y de propagación más rápida que en los tipos 1 y 2, y pueden ocurrir antorchamientos y eventualmente incendios de copa. En el tipo 4 el fuego se propaga rápidamente y con llamas altas por la vegetación baja formada principalmente por pastos. En la vegetación de ribera (bosque de galería) la propagación de incendios superficiales está limitada por la humedad persistente, pero dada la configuración estrecha de estas camas de combustibles, el fuego puede propagarse de las áreas adyacentes. El tipo 6 corresponde a áreas antropizadas en las que el combustible está formado por pastos bajos o rastrojos de cultivos; la velocidad de propagación y la longitud de las llamas varían de moderadas a altas.

Con base en el comportamiento probable del fuego evaluado en función de las características del complejo de combustibles y la topografía, y asumiendo condiciones de referencia del estado del tiempo estandarizadas, en la mayor parte de la superficie del área protegida (67.3%) el peligro de incendios se clasificó como moderado, con predominio de incendios superficiales que pueden ser intensos; en 11.1% del área, que corresponde a laderas con pendientes abruptas, el peligro puede ser alto y sólo en 20.6% se clasificó como bajo; el 0.9% restante corresponde a áreas agrícolas y urbanas. *Prácticamente todo el terreno del BLP es susceptible a incendiarse y esto incluye a los campos agrícolas y zonas urbanas que se encuentran en medio o adyacentes a los terrenos forestales.*

La evaluación de los potenciales de incendios basado en el Sistema de Clasificación de Características de Combustibles (FCCS por sus siglas en inglés), que permite una comparación con otros bosques del mundo, arrojó resultados similares al análisis de peligro de incendios. El potencial de comportamiento superficial fue moderado en 73.8% del área del BLP, alto en el 23.6% y bajo en el 1.7%; el área restante corresponde a áreas agrícolas y urbanas. En cuanto al potencial de incendios de copa este fue moderado-bajo en el 67.9% del área; este tipo de incendios se producen sólo en lugares donde se combinan condiciones de topografía fuertemente inclinadas, humedad atmosférica muy baja con vientos fuertes y alta acumulación de combustibles después de varios años de supresión de incendios. Debido a las condiciones subhúmedas del área que limitan la producción de biomasa, el potencial de consumo de combustibles fue muy bajo en los pastizales y bajo o moderado-bajo en los bosques.

De acuerdo con la clasificación de regímenes de incendios establecida en la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007 que define las especificaciones técnicas para el uso del fuego en terrenos forestales y en las actividades agropecuarias, los bosques de pino y encino son considerados de manera general como “ecosistemas adaptados o mantenidos por el fuego”. Esta es una clasificación muy general, por lo que se llevó a cabo un análisis más detallado del régimen potencial de incendios (RPI) del BLP. El RPI es el régimen esperado en función de las condiciones de clima, geomorfología y vegetación actual de una unidad del paisaje.

En el BLP se identificaron tres de los 13 tipos generales de RPI existentes en México; dos corresponden a ecosistemas propensos a incendios superficiales frecuentes (intervalo de retorno de incendios menor a 35 años), de severidad baja en formaciones herbáceas (clase I, sabanas) o severidad baja a mixta en bosques (clase II, bosques densos o abiertos de pinos y encinos) y una a ecosistemas reluctantes al fuego (donde los incendios son raros u ocasionales pero pueden ser de alta severidad) que se encuentran en condiciones azonales definidas por inundación temporal o permanente (clase X, bosques ribereños). Dos clases adicionales corresponden a unidades de paisaje transformadas por actividades agropecuarias (XII) o urbanización (XIII). En todos los casos la estacionalidad coincide con el periodo anual de sequía de primavera. En la clase I de RPI, la cama de combustibles formada principalmente por pastos se recupera en la temporada de crecimiento posterior al incendio y puede soportar la propagación del fuego a intervalos muy cortos (<5 años) entre incendios sucesivos. Los datos de la tasa de reconstrucción de la cama de combustibles superficiales en bosques, sugieren que hay condiciones para la propagación de

incendios superficiales intensos de severidad mixta después de periodos de 5-10 años de supresión del fuego.

En el BLP se carece actualmente de estudios sobre el régimen histórico de incendios (RHI); sin embargo, los hallazgos de capas de carbón y restos fósiles de pinos y otro material vegetal carbonizado en sedimentos del antiguo cráter del lago de la caldera de La Primavera, con una antigüedad entre 38 y 39 mil años, indica que los incendios forestales han estado presentes en el área desde tiempos remotos, al igual que en otros bosques de pino o encino del mundo.

El predominio de ecosistemas propensos a incendios frecuentes de severidad baja a mixta, implica que la supresión del fuego puede producir acumulaciones de combustibles que favorezcan la propagación de incendios más intensos y con efectos más severos de lo normal. Esto sugiere la necesidad de mantener o restaurar, mediante prácticas de manejo del fuego, la amplitud de la variación natural o histórica en el régimen de incendios.

El análisis de la condición del régimen actual de incendios (RAI) indicó que durante el periodo 1998-2019 ocurrieron en promedio 83 ± 8 incendios por año en el BLP y su área circundante. La superficie incendiada fue variable (mediana $1,108.4 \text{ ha año}^{-1}$), siendo los años con menor superficie incendiada 2003 y 2014 (251.6 ha y 274.0 ha respectivamente), mientras que los años con mayor extensión quemada fueron 2012 (8,566.8 ha) y 2005 (13,158.6 ha). No se encontró correlación entre número de incendios y superficie incendiada ($r=0.15$, $p>0.05$).

Se observó que los años en los que aumentó significativamente la superficie incendiada estuvieron precedidos por periodos de 4-6 años en los que el área de los incendios estuvo por debajo de la media. Este patrón sugiere que los años con incendios grandes puede estar relacionados con condiciones más secas de lo normal (que fue el caso sólo en 1998 y 2005) o con la acumulación de combustibles debida al éxito temporal en la supresión de incendios.

De los 1582 incendios registrados entre 2001-2019 en el BLP y su área adyacente, su superficie fue menor a 2.5 ha en 52%, entre 2.5 y 50 ha en 44% y sólo 4% fueron mayores a 50 ha; sin embargo seis incendios con superficie mayor a 800 ha contribuyeron con el 63% de la superficie incendiada en el periodo de observación. *Puede decirse que la supresión de incendios ha sido efectiva y que los incendios grandes sólo ocurren cuando el fuego se propaga en terrenos abruptos, bajo condiciones extremas del estado del tiempo y en sitios con alta acumulación de combustibles. Esto implica reconsiderar las medidas de supresión de incendios que se han*

adoptado; la comparación entre el RPI y el RAI sugiere que la supresión del fuego puede favorecer incendios más intensos, severos, extensos y difíciles de controlar.

Conocer las causas de los incendios es una cuestión fundamental para orientar las políticas y acciones de manejo del fuego. Resalta el hecho de que para el 24% de los incendios ocurridos entre 2001-2019, que representan 35.6% de la superficie incendiada, la causa fue desconocida, un problema común en México donde no se aplican procedimientos de investigación de causas y las estadísticas oficiales se basan en los reportes de las brigadas de combate. Respecto a las causas conocidas registradas, las quemas de basura y las quemas agropecuarias iniciaron respectivamente 11.0 y 16.9% de los incendios y causaron 20.6 y 26.5% de la superficie incendiada. Esto indica que *un alto número de los incendios se iniciaron fuera del área protegida o en su límite con los campos de cultivo y la interfaz urbano-forestal y contribuyeron con cerca de la mitad (47.1%) de la superficie incendiada.*

Los incendios intencionales, causados para favorecer el cambio de uso del suelo, por vandalismo, como sabotaje al área protegida, por conflictos de propiedad o por la acción de pirómanos, fueron la causa más importante en términos del número de incendios (28.1%), pero contribuyeron sólo con el 9.7% de la superficie quemada. Sin embargo, es notorio el hecho de que el 31% de los incendios intencionales (138, que representan el 8.8% del total de todas las causas) sean atribuidos a vandalismo.

Los incendios iniciados por paseantes provocaron 16.8% de los incendios y 6.9% de la superficie incendiada. Las otras causas (2.8% de los incendios y 0.6% del área quemada) incluyeron múltiples factores como accidentes de tránsito, descargas de líneas de conducción eléctrica, actividades relacionadas con la cacería, etc.

Los incendios más grandes del periodo se originaron por causa no determinada (2005), quema de basura aunque en un contexto de conflicto de tierras (2012), quemas agrícolas (2018 y 2019), incendio intencional (2017) y paseantes (2008).

El hecho de que el BLP se encuentre en un entorno densamente poblado, implica un alto riesgo de igniciones. A esto se suma la alta afluencia de visitantes, pero los registros de causas de incendios de los últimos 20 años indican que gran parte de los incendios en el BLP están asociados con la interfaz urbano-forestal y las áreas agrícolas.

Las áreas críticas por alta incidencia de incendios en los últimos cinco años se localizaron en los límites del área protegida con zonas urbanizadas y terrenos agrícolas y se encuentran en los siguientes lugares: (a) entre Pinar de la Venta y Mesa de San Juan; (b) Cerro de El Colli-Lomas de la Primavera; (c) San José de la Montaña; (d) Cerro El Tajo-La Cuchilla; (e) al sur del Cerro de San Miguel; (e) al noroeste en el área del municipio de Tala, y (f) entre las localidades de Emiliano Zapata y La Primavera.

En aproximadamente 7,764 ha de bosques (25% del área del BLP) que no se han quemado en los últimos 5 años, pueden haber altas cargas de combustibles superficiales que representan un alto peligro de incendios y deben ser consideradas como prioritarias para aplicar tratamientos de combustibles.

La evaluación de los efectos de los incendios de 2005, 2012, 2017 y 2018, mostró que en sitios quemados superficialmente no hubo modificación significativa de la composición y estructura del estrato arbóreo en bosque de encino-pino. En sitios quemados con alta severidad, donde se formaron claros por la muerte de árboles, la vegetación se está recuperando por regeneración natural y 5 años después de incendios la riqueza de especies herbáceas y arbustivas fue mayor en sitios quemados que en los no quemados por más de 12 años.

Los bosques del área de estudio son resilientes a los incendios superficiales frecuentes de severidad baja a mixta. Sin embargo, se plantea la hipótesis de que puede ocurrir un proceso de sabanización cuando después de periodos largos de supresión del fuego ocurren incendios de alta severidad que forman claros extensos donde la regeneración arbórea está limitada por la muerte de árboles, el evento no coincide con años semilleros o el rebrote es bajo por condiciones de sequía; el establecimiento de pastos y su dominancia compite con el renuevo arbóreo y crea condiciones para la propagación de nuevos incendios que favorecen la persistencia de la vegetación sabanoide.

En algunos sitios incendiados se observó el establecimiento de plantas exóticas invasoras, como es el caso del pasto africano rosado *Melinis repens*, que también coloniza los márgenes de caminos y los terrenos desmontados para la agricultura. Estas especies pueden contribuir a la alteración de los regímenes de incendios y es importante realizar una evaluación de las especies de plantas que pueden comportarse como invasoras, un tema que aún no ha sido estudiado en el BLP y que es indispensable para diseñar acciones de manejo.

*Otro aspecto importante es la protección de áreas que funcionan como refugios de incendios, tales como márgenes de arroyos permanentes y afloramientos rocosos, que son hábitat de especies sensibles al fuego. Estos hábitats son esenciales para la conservación de la biodiversidad, incluyendo especies endémicas como *Populus primaveralepensis*, pero las áreas ribereñas han sido severamente alteradas particularmente en los sitios con mayor densidad de visitantes.*

Un análisis de la severidad de incendios a escala del paisaje para los años 2005, 2012 y 2017 mostró que en el primer año el incendio fue de baja severidad (94% del área quemada) y de severidad mixta en los otros dos (60-65% del área se quemó con baja severidad y con alta severidad en 8% de la superficie del incendio de 2012 y 18% del de 2017). Es necesario el análisis de la severidad de un mayor número de incendios por un periodo de tiempo más largo para evaluar si la condición actual del régimen de incendios del BLP se encuentra dentro de la amplitud de su variación natural predicha por el RPI. En los incendios de los últimos dos años se observó, aunque no se cuantificó, una proporción alta de superficie quemada de alta severidad y puede suponerse que *la combinación de la supresión de incendios con las tendencias del cambio climático global pueden producir un aumento en la severidad de los efectos del fuego, como se ha observado en otras partes del mundo.*

El análisis del cambio en la densidad de la cobertura forestal en el BLP durante el periodo 2000-2016 mostró que en el 43% del área no hubieron cambios significativos; en 25% se observó un aumento de la densidad, atribuido a la regeneración y crecimiento de masas forestales. Sin embargo, en casi la tercera parte de la superficie del área protegida (32%, 9,822 ha) se observó una disminución de la densidad de la cobertura forestal. Esto coincide en algunos sitios con los efectos de los incendios, pero pueden estar interviniendo también otros factores de cambio no determinados que es necesario evaluar.

Al modificar la cobertura vegetal y consumir el mantillo del suelo, los incendios tienen impactos sobre los suelos aumentando las tasas de erosión. Los efectos de incendios sobre los suelos, que no son todos negativos, así como el papel de los procesos de regeneración natural y las plantas del sotobosque en la retención de suelos y la dinámica de nutrientes no han sido suficientemente estudiados en el BLP; este es un tema que debe incorporarse al componente de investigación.

La erosión es un proceso natural en un paisaje geológicamente joven y geomorfológicamente dinámico como el de la Sierra de La Primavera, pero la exposición del suelo después de los incendios puede aumentar la erosión, la inestabilidad de laderas y el riesgo de deslizamientos en masa y formación de riadas, lo cual representa un riesgo considerable en zonas urbanizadas contiguas a las laderas de cerros en los terrenos forestales. Adicionalmente es importante señalar que quizá el factor más crítico de erosión e inestabilidad de laderas en el BLP ha sido la construcción, mantenimiento y uso de caminos, brechas y veredas.

Como parte del diagnóstico se identificaron las lagunas de información o de conocimiento existentes, que fueron consideradas como parte de la planificación del componente de investigación y monitoreo de este programa.

En cuanto al diagnóstico de las capacidades existentes para poner en práctica una estrategia de manejo del fuego, *puede decirse que en el contexto de las áreas naturales protegidas de México el BLP es una de las mejor preparadas y equipadas para la protección contra incendios forestales*. Tomando como referencia los últimos cinco años, en el BLP se han hecho mejoras significativas en la asignación de personal, equipamiento y financiamiento para el combate de incendios. Esto se ha reflejado en la capacidad para controlar conatos e incendios pequeños en las inmediaciones del área protegida antes de que penetren en su interior y los incendios relativamente grandes han sido combatidos con efectividad, a pesar de las difíciles condiciones del terreno y el estado del tiempo. Un logro muy importante ha sido el fortalecimiento de la cooperación interinstitucional y la organización de la protección contra incendios poniendo en práctica un Sistema de Mando de Incidentes (SMI).

En el BLP se han puesto en marcha también acciones de prevención física como la construcción de brechas cortafuego mediante líneas negras y guardarrayas y se han impulsado acciones para calendarizar, vigilar y controlar las quemas agrícolas y se ha iniciado un programa de actividades para la prevención y control de incendios en la interfaz urbano-forestal. Frente a todos estos avances, sin embargo, aún quedan tareas pendientes para transitar de un enfoque centrado en la supresión a uno de manejo del fuego adaptado a las condiciones socioecológicas de la unidad de manejo y su entorno.

Pronóstico

Las tendencias históricas de cambio en la configuración y la ecología del paisaje regional, caracterizadas por la urbanización y la expansión de la producción agropecuaria, continúan generando presiones e influyendo en el estado y funcionamiento de los ecosistemas del BLP. El macizo boscoso fue convertido en un fragmento aislado con escasa conectividad con otras áreas forestales o silvestres, afectado por el efecto de borde en la interfaz urbano-forestal y agropecuaria, de donde se originan la mayor parte de los incendios. Las presiones de cambio de uso del suelo, generadas principalmente por la especulación inmobiliaria y el mercado de terrenos, siguen estando activas y probablemente los efectos de la isla de calor y la contaminación atmosférica generados por la urbanización e industrialización en la región están influyendo en los procesos ecosistémicos. Esto implica que *el futuro del área protegida depende en gran medida de la puesta en marcha de acciones efectivas de ordenamiento territorial y regulación del crecimiento urbano, control de la contaminación, mitigación del impacto ambiental de la agricultura y reducción de la incidencia de incendios en la región circundante.*

Las condiciones actuales de los bosques dentro del área protegida son también resultado de procesos históricos que, a través de la explotación de los recursos forestales, el apacentamiento de ganado, la introducción de especies exóticas invasoras, la construcción de caminos, la exploración geotérmica, la visita pública e incluso la supresión de incendios han influido en su composición, estructura y funcionamiento. Esto hace necesario un enfoque de manejo del área con un importante componente de restauración ecológica que debe estar dirigido por principios y criterios fundamentados en un profundo conocimiento y entendimiento de los patrones y procesos ecológicos, incluyendo los regímenes de incendios y la dinámica de la regeneración natural y la sucesión. Las intervenciones justificadas como acciones de restauración mal dirigidas, pueden generar efectos contrarios a los objetivos de conservación del área.

Los ecosistemas de bosques de pino y encino bajo un clima subhúmedo estacionalmente seco son propensos a incendios. El análisis de las características del complejo de combustibles forestales y de su potencial de incendios, así como de la composición de las comunidades bióticas y su respuesta al fuego, sugieren que un régimen de incendios frecuentes, superficiales y de severidad baja a mixta, han formado parte de la dinámica natural o histórica de los ecosistemas forestales del área. La supresión del fuego puede ser temporalmente exitosa, pero tarde o temprano ocurren incendios que, como se ha observado en repetidas ocasiones, son más

intensos, severos y difíciles de controlar en lugares donde el fuego ha sido excluido por periodos mayores a 5-10 años.

Un enfoque centrado solamente en la supresión del fuego, sólo tendría un éxito temporal ya que aumentaría la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales del área a incendios de alta severidad. La conservación del BLP implica por lo tanto la restauración de su régimen de incendios dentro de la amplitud de su variación natural o histórica a través de buenas prácticas de manejo del fuego basadas en principios y criterios ecológicos.

El manejo del fuego es necesario también como una medida de mitigación de emisiones de gases con efecto de invernadero (GEI) y contaminantes atmosféricos, así como de adaptación al cambio climático global. Las proyecciones sobre las tendencias del cambio climático global indican un aumento de la temperatura en la región de 1-3°C en los próximos 30-50 años; aunque se pronostica también un ligero aumento en la precipitación, este será insuficiente para compensar la pérdida de agua por la evapotranspiración asociada al incremento de la temperatura. El clima es el factor de primer orden que determina los regímenes de fuego y las tendencias mundiales muestran un aumento de la actividad de incendios.

El manejo del régimen de incendios debe considerarse como una medida de adaptación al cambio climático global y de mitigación de emisiones de GEI. Aunque pueda parecer paradójico, la aplicación de quemas prescritas reduciría tanto el peligro de incendios más intensos y severos, como la generación de altas emisiones de los GEI y contaminantes atmosféricos que se produce en estos eventos.

Con la expansión de la interfaz urbano-forestal, el riesgo de desastres causados por los efectos de incendios, sean estos directos (destrucción de infraestructura, daños a vidas humanas y propiedades) como indirectos (riadas y deslizamientos en masa en laderas inestables) seguirán aumentando. Esto hace necesario fortalecer las acciones de prevención física de incendios y preparación para actuar en caso de contingencias en la interfaz urbano-forestal, que requieren la participación de los vecinos y colonos.

El fortalecimiento institucional del OPD-BLP, el apoyo gubernamental a la gestión del área protegida, la asignación presupuestal y la colaboración interinstitucional han mostrado avances notables en los últimos años. Sin embargo se prevén limitaciones para continuar avanzando en el contexto de las consecuencias socioeconómicas generadas por la reciente emergencia

sanitaria. Así mismo, los cambios sexenales en la administración pública implican siempre incertidumbre sobre la continuidad de los programas de apoyo. Es necesario por lo tanto considerar tanto la consolidación del OPD-BLP como el fortalecimiento de la participación y colaboración de los actores involucrados en el manejo del área protegida.

Un programa de manejo del fuego es un instrumento de planificación complementario al programa de manejo de un área protegida. El Programa de Manejo del BLP vigente es un documento con serias limitaciones conceptuales y deficiencias técnicas que fue elaborado hace dos décadas; debe ser remplazado por un nuevo programa, mucho mejor fundamentado y estructurado, que responda a las necesidades y condiciones actuales del área protegida.

Principios y criterios para el manejo del fuego

Un plan o programa establece una serie de estrategias y acciones dirigidas a cumplir metas específicas con el propósito de cumplir determinados objetivos; es una guía que sirve para organizar y dar seguimiento a la ejecución de una serie de medidas a través de las cuales se busca cambiar o mejorar las condiciones existentes. Sin embargo, los planes y programas no pueden prever todas las situaciones que pueden presentarse ante procesos complejos y entornos cambiantes, por lo cual es necesario incluir el planteamiento de principios y criterios que sirvan de guía para la toma de decisiones y para el ajuste y adaptación de lo planeado ante nuevas condiciones, situaciones no previstas o contingencias.

Los principios son enunciados conceptuales que sirven como referencia para planear, tomar decisiones, ejecutar acciones y evaluar resultados, así como para actuar en situaciones no previstas. De estos principios se derivan los criterios, que son los elementos de juicio para evaluar los resultados esperados.

Este programa de manejo del fuego plantea cinco principios básicos de los cuales se derivan 30 criterios; en este resumen se enuncian a continuación solamente los principios y los criterios se desarrollan en el cuerpo del texto del programa.

1. *Conservación.* El manejo del fuego en el BLP es un componente de la gestión del área protegida, no una actividad independiente; por lo tanto, deberá contribuir a la conservación de la biodiversidad, la protección de valores del patrimonio natural y cultural, y el mantenimiento de la resiliencia, capacidad adaptativa y funciones de los ecosistemas de las que depende la generación de servicios ambientales.

2. *Restauración.* La restauración ecológica es complementaria a la conservación y su propósito es recuperar áreas o sitios que han sido alterados, dañados, degradados o destruidos para reincorporarlos a unidades de conservación (*restauración ecológica*) o, en su caso, a sistemas productivos (*rehabilitación productiva*).
3. *Protección contra incendios y mitigación de su impacto en el ambiente humano.* La incidencia de incendios provocados intencionalmente y accidentales y sus impactos ecológicos y ambientales negativos deben reducirse significativamente mediante acciones efectivas de prevención física, cultural y legal, buenas prácticas de manejo de la tierra y los recursos naturales y procedimientos efectivos para el combate del fuego.
4. *Generación, comunicación y aplicación de conocimiento para el manejo adaptativo del fuego.* Las prácticas de manejo del fuego deberán ser diseñadas, evaluadas y adaptadas sobre la base del conocimiento científico y la experiencia práctica, como parte de un proceso de experimentación, monitoreo y aprendizaje continuos. La comunicación y entrega de los resultados de la investigación y de su aplicación práctica es indispensable para fomentar la participación y el soporte público.
5. *Desarrollo de una estrategia común de cooperación y colaboración interinstitucional para el manejo adaptativo del fuego.* El trabajo conjunto de los actores involucrados en la gestión del área protegida, con objetivos y metas comunes, requiere de una organización adecuada basada en la cooperación y colaboración, una *base institucional* sólida y duradera y un enfoque de *manejo adaptativo*.

Objetivos

El objetivo general del Programa de Manejo del Fuego del Bosque La Primavera es:

Contribuir a través del manejo del fuego basado en principios y criterios ecológicos a la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad del Bosque La Primavera, manteniendo su capacidad para generar servicios ambientales.

Los objetivos particulares son los siguientes:

- 1) Poner en marcha en el Bosque La Primavera una estrategia de manejo del fuego que contribuya a los objetivos de conservación del área protegida.

- 2) Manejar el régimen de incendios forestales para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad del Bosque La Primavera, reduciendo su vulnerabilidad al cambio climático global y a la transformación del paisaje circundante.
- 3) Restaurar áreas degradadas por la alteración de los regímenes de incendios y otros factores de cambio ambiental.
- 4) Proteger a la población humana (pobladores, vecinos y visitantes), los recursos naturales y la infraestructura del Bosque La Primavera y su región circundante contra los efectos negativos de los incendios forestales.
- 5) Mitigar los impactos de las actividades agropecuarias y la urbanización que aumentan la vulnerabilidad del área protegida a los incendios forestales y otros factores de cambio.
- 6) Desarrollar el conocimiento y fortalecer las capacidades técnicas para el manejo del fuego en el Bosque La Primavera y su región de influencia.
- 7) Contar con soporte público, una base institucional sólida y mecanismos operativos que permitan asegurar la sostenibilidad de la estrategia de manejo del fuego a largo plazo.

Líneas de acción estratégica

Para alcanzar los objetivos del Programa de Manejo del Fuego, este está estructurado en 11 líneas de acción estratégicas. Las seis primeras constituyen los componentes sustantivos de la estrategia de manejo del fuego. Las otras cinco líneas de acción son componentes complementarios que sirven de apoyo para poner en práctica las acciones sustantivas. Estas líneas de acción estratégicas se enumeran a continuación.

1. Planificación y evaluación con un enfoque de manejo adaptativo, basado en la experimentación y el aprendizaje continuos.
2. Manejo del régimen de incendios forestales para mitigar el peligro de incendios intensos reducir la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático y mitigar las emisiones de gases con efecto de invernadero y contaminantes atmosféricos.
3. Restauración de las áreas afectadas por el fuego y otros factores de cambio, bajo principios y criterios basados en el conocimiento y entendimiento de patrones y procesos ecológicos.
4. Protección contra incendios forestales a través de la prevención y combate del fuego.

5. Mitigación del riesgo de desastres asociados a los efectos directos e indirectos del fuego en la interfaz urbano-forestal.
6. Desarrollo de alternativas al uso del fuego en zonas agrícolas y ganaderas.
7. Investigación y monitoreo para la generación de conocimiento que fundamente el manejo del fuego con un enfoque adaptativo de experimentación y aprendizaje.
8. Fortalecimiento de las capacidades para el manejo del fuego a través de la formación, capacitación y entrenamiento.
9. Comunicación con el público y educación para el manejo del fuego.
10. Consolidación de la base institucional para el manejo del fuego y la gestión del área protegida, a través de la cooperación interinstitucional y la participación efectiva de los pobladores y vecinos.
11. Consolidación de mecanismos de financiamiento estables y de administración eficiente para sostener a largo plazo la aplicación de la estrategia de manejo del fuego.

Metas y acciones

Para cada línea de acción estratégica se establecieron las metas a alcanzar con la ejecución del programa de manejo del fuego. A partir de estas metas generales se definieron 104 acciones para alcanzarlas y sus resultados esperados (metas específicas) en plazos determinados (corto plazo los primeros dos años, 2020-2022, a partir de la aprobación del programa; mediano plazo 2022-2026 y largo plazo después de 2026). A continuación se enuncian las metas por línea de acción estratégica y entre parentesis se muestra el número de acciones por meta. En una tabla al final del documento se enlistan las acciones con sus resultados esperados, las instancias responsables de su ejecución y colaboradores y finalmente se identifican los medios necesarios para realizarlas. Las metas, acciones y resultados esperados para los periodos 2020-2021 y 2021 y 2022 constituyen el programa operativo para el arranque de la puesta en marcha del programa.

1. Planificación y evaluación (8 acciones).
 - 1.1. El OPD-BLP cuenta con un Programa de Manejo del Fuego aprobado y este entra en operación.
 - 1.2. Anualmente se elaboran programas operativos de manejo del fuego y se cumple con las acciones programadas.

- 1.3. El programa estratégico y los programas operativos son conocidos y entendidos por los actores involucrados en su ejecución, han sido comunicados por medios adecuados a pobladores, poseedores de tierras y vecinos del área protegida, y cuentan con respaldo público para su ejecución.
- 1.4. El programa estratégico y los programas operativos de manejo del fuego son evaluados periódicamente y se ajustan y adaptan de acuerdo con sus resultados, las condiciones del entorno y la incorporación del aprendizaje adquirido a través de la adquisición de nuevos conocimientos y experiencia en su implementación.
2. Manejo del régimen de incendios (10 acciones).
 - 2.1. Mediante prácticas de manejo de combustibles y quemas prescritas se mantiene el régimen de fuego dentro de la amplitud de su variación natural o histórica.
 - 2.2. La diversidad de especies nativas se conserva a través del mantenimiento de un mosaico de hábitats que permie la coexistencia de especies pirófilas y sensibles al fuego.
 - 2.3. La superficie afectada por incendios de alta severidad se ha reducido a menos del 10% del área quemada anualmente.
 - 2.4. Se mantiene un balance positivo de carbono (captura mayor a emisiones) y se mitigan los eventos de contaminación atmosférica.
3. Restauración de áreas degradadas (10 acciones).
 - 3.1. En sitios afectados por incendios donde la regeneración natural es insuficiente para su recuperación o donde hay problemas críticos de erosión, se realizan intervenciones de restauración ecológica.
 - 3.2. En las plantaciones forestales (reforestaciones) establecidas en el área se aplican tratamientos silvícolas que favorecen su desarrollo y reducen su vulnerabilidad a incendios, sequías y ataque de parásitos y patógenos.
 - 3.3. Los hábitats de bosque ribereño, que cumplen un papel ecológico clave y que han sido severamente alterados, son restaurado.
 - 3.4. Se aplican medidas de control de especies exóticas invasoras.
4. Protección contra incendios forestales (13 acciones).
 - 4.1. Se aplican medidas de prevención física, cultural y legal que reducen la incidencia de incendios forestales.

- 4.2. Los incendios forestales se combaten y controlan de manera eficiente aplicando un Sistema de Mando de Incidentes basado en la cooperación y la coordinación interinstitucional.
- 4.3. Las capacidades técnicas, el personal y los recursos materiales y financieros para la protección contra incendios han mejorado y se han fortalecido.
5. Mitigación del riesgo de incendios forestales y desastres en la interfaz urbano-forestal (7 acciones).
 - 5.1. La incidencia de incendios originados en la interfaz urbano-forestal se ha reducido mediante la adopción de medidas de prevención.
 - 5.2. Los materiales combustibles, tanto naturales como artificiales, son adecuadamente manejados reduciendo el peligro de incendios en la interfaz urbano-forestal.
 - 5.3. En la interfaz urbano-forestal se están aplicando reglamentos municipales y protocolos para la prevención de incendios y desastres y la respuesta a contingencias.
6. Desarrollo de alternativas al uso del fuego en áreas agrícolas y ganaderas (6 acciones).
 - 6.1. Se ha reducido la incidencia de incendios originados por el uso del fuego en cultivos agrícolas y agostaderos.
 - 6.2. En las áreas de producción agropecuaria se aplican buenas prácticas de manejo basadas en técnicas de agricultura orgánica y sistemas silvopastoriles que reducen el uso del fuego y mejoran la productividad.
7. Investigación y monitoreo (11 acciones).
 - 7.1. La investigación científica, planificada en función de las necesidades del área protegida, contribuye al diseño, implementación y evaluación de mejores prácticas de manejo del fuego y restauración ecológica.
 - 7.2. El OPD-BLP cuenta con un sistema de información y monitoreo de incendios forestales el cual es utilizado para la planificación, seguimiento y evaluación de las acciones de manejo.
8. Formación, capacitación y entrenamiento para el manejo del fuego (8 acciones).
 - 8.1. El personal operativo, de apoyo y directivo que interviene en la ejecución de la estrategia de manejo del fuego cuenta con una formación adecuada y está capacitado.
 - 8.2. Las actividades de formación, capacitación y entrenamiento son planificadas en función de las necesidades de la unidad de manejo y se llevan a cabo regularmente.

9. Comunicación y educación para el manejo del fuego (7 acciones).
 - 9.1. El conocimiento y entendimiento de los objetivos, principios y utilidad del manejo del fuego por los pobladores, vecinos y visitantes del Bosque La Primavera ha generado soporte público para la ejecución del programa.
 - 9.2. La comunicación continua de los avances y resultados de la estrategia de manejo del fuego permite su reconocimiento y fomenta el apoyo y participación de la sociedad.
 - 9.3. Los medios de comunicación realizan una cobertura adecuada del tema del manejo del fuego y los incendios forestales.
10. Colaboración interinstitucional (9 acciones).
 - 10.1. A través del fortalecimiento de la colaboración interinstitucional se aplica la estrategia de manejo del fuego y se ejecutan las acciones programadas.
 - 10.2. Los ejidos, propietarios particulares, pobladores y vecinos del Bosque La Primavera participan en la implementación de las acciones de manejo del fuego.
 - 10.3. Se han establecido convenios y acuerdos con las instituciones involucradas en la ejecución de las acciones del Programa de Manejo del Fuego del Bosque La Primavera.
11. Financiamiento y administración (9 acciones).
 - 11.1. El desarrollo del Programa de Manejo del Fuego es administrado de manera eficiente, realizando un uso óptimo de los recursos materiales y financieros.
 - 11.2. La estructura de la Dirección General del OPD-BLP y sus áreas técnicas y administrativa ha sido reorganizada y se ha fortalecido para la aplicación de la estrategia de manejo del fuego en el marco del Programa de Manejo del APFF y RB Bosque La Primavera.
 - 11.3. Se mantiene un presupuesto operativo suficiente y estable del OPD-BLP para la ejecución de las acciones del Programa de Manejo del Fuego.
 - 11.4. A través de propuestas de financiamiento se han obtenido fondos adicionales de fuentes externas para complementar los recursos necesarios para llevar a cabo las acciones del Programa de Manejo del Fuego del Bosque La Primavera.

El Programa de Manejo del Fuego del Bosque La Primavera, será sometido a revisión por el Comité Científico y el Consejo Ciudadano, para finalmente entrar en vigencia a partir de su aprobación por la Junta de Gobierno del OPD Bosque La Primavera.

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	IMPORTANCIA DEL BOSQUE LA PRIMAVERA PARA LA CONSERVACIÓN	2
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3	PROPÓSITO, ESTRUCTURA Y ALCANCES DEL PROGRAMA DE MANEJO DEL FUEGO	12
2	MARCO DE REFERENCIA	18
2.1	MARCO INSTITUCIONAL DEL MANEJO DEL FUEGO EN EL BOSQUE LA PRIMAVERA	18
2.2	MARCO POLÍTICO Y JURÍDICO DEL MANEJO DEL FUEGO EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	20
2.3	MARCO CONCEPTUAL: LOS FUNDAMENTOS DEL MANEJO DEL FUEGO	23
2.3.1	<i>Principios básicos de la ecología del fuego</i>	<i>23</i>
2.3.2	<i>Combustibles forestales y potencial de incendios</i>	<i>30</i>
2.3.3	<i>Los incendios forestales como fenómeno socioecológico.....</i>	<i>34</i>
2.3.4	<i>La alteración de los regímenes de incendios: el problema central del manejo del fuego</i>	<i>35</i>
2.3.5	<i>El concepto de manejo del fuego</i>	<i>37</i>
3	CARACTERIZACIÓN DEL BOSQUE LA PRIMAVERA	39
3.1	LOCALIZACIÓN Y LÍMITES	39
3.1.1	<i>Localización y límites</i>	<i>39</i>
3.1	CONDICIONES FÍSICO-GEOGRÁFICAS Y BIÓTICAS	40
3.1.1	<i>Rasgos fisiográficos y topografía</i>	<i>40</i>
3.1.2	<i>Hidrología superficial</i>	<i>45</i>
3.1.3	<i>Geología</i>	<i>46</i>
3.1.4	<i>Unidades geomorfológicas y suelos</i>	<i>48</i>
3.1.5	<i>Clima</i>	<i>53</i>
3.1.6	<i>Vegetación y uso del suelo.....</i>	<i>59</i>
3.1.7	<i>Unidades de paisaje.....</i>	<i>62</i>
3.1.8	<i>Diversidad biológica</i>	<i>70</i>
3.1.9	<i>Valores del patrimonio natural y cultural</i>	<i>75</i>
3.2	CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS Y DEMOGRÁFICAS	78
3.2.1	<i>Población del área y su región de influencia</i>	<i>78</i>
3.2.2	<i>Tenencia de la tierra.....</i>	<i>79</i>
3.2.3	<i>Actividades económicas y uso del suelo</i>	<i>81</i>
4	DIAGNÓSTICO.....	85
4.1	RÉGIMEN POTENCIAL DE INCENDIOS	85

4.1.1	<i>Combustibles forestales y potencial de incendios</i>	86
4.1.2	<i>Regímenes potenciales de incendios</i>	99
4.2	CONDICIÓN ACTUAL DEL RÉGIMEN DE INCENDIOS.....	105
4.3	CAUSAS DE LOS INCENDIOS	112
4.4	ÁREAS CRÍTICAS PARA EL MANEJO DEL FUEGO.....	116
4.5	EFFECTOS ECOLÓGICOS E IMPACTO AMBIENTAL DE LOS INCENDIOS FORESTALES	118
4.5.1	<i>Severidad de incendios y efectos en la vegetación</i>	118
4.5.2	<i>Severidad de incendios a escala del paisaje</i>	126
4.5.3	<i>Impacto de los incendios en los suelos</i>	130
4.6	LOS INCENDIOS EN LA INTERFAZ URBANO-FORESTAL.....	132
4.7	CONDICIÓN ACTUAL DEL MANEJO DEL FUEGO EN EL BOSQUE LA PRIMAVERA.....	137
4.7.1	<i>Actores involucrados en el manejo del área protegida</i>	138
4.7.2	<i>Estructura y funciones del OPD Bosque La Primavera</i>	139
4.7.3	<i>Protección contra incendios forestales</i>	144
5	PRONÓSTICO	151
5.1	LAS TENDENCIAS HISTÓRICAS	151
5.2	LAS TENDENCIAS FUTURAS EN EL ENTORNO: ESCENARIO CONTEXTUAL.....	155
5.3	EL ESCENARIO ESTRATÉGICO	158
6	PRINCIPIOS Y CRITERIOS DEL MANEJO DEL FUEGO	162
7	OBJETIVOS	168
7.1	OBJETIVO GENERAL	168
7.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	168
8	LÍNEAS DE ACCIÓN ESTRATÉGICAS	170
9	ACCIONES Y RESULTADOS ESPERADOS	176
10	LITERATURA CITADA	214

ÍNDICE DE FIGURAS

(Números de página entre paréntesis)

Figura 1. El Bosque La Primavera visto desde el oeste; en el primer plano se observa la Zona Metropolitana de Guadalajara (imagen de satélite del año 2019 en tercera dimensión, con la altura relativa resaltada; tomada de Google Earth). (3)

Figura 2. En el Bosque La Primavera se conservan importantes valores del patrimonio natural. A la izquierda el paisaje boscoso del área protegida; en medio un lince (*Lynx rufus*) captado en una cámara trampa; a la derecha un agave (*Agave guadalajarana*), especie de planta endémica de la región. (3)

Figura 3. Mapa de los incendios forestales resgistrados en el Bosque La Primavera y áreas adyacentes durante el periodo 2001-2016. (5)

Figura 4. Imagen satelital de los incendios forestales en los alrededores del Bosque La Primavera y la Zona Metropolitana de Guadalajara en el periodo abril-mayo de 2017. (7)

Figura 5. Los ecosistemas forestales del Bosque La Primavera son propensos a incendiarse... (8)

Figura 6. Los bosques del área de estudio son resilientes a los efectos de los incendios y se recuperan por mecanismos de regeneración natural, aún después de incendios severos. (8)

Figura 7. La proximidad del Bosque La Primavera con la mancha urbana de la Zona Metropolitana de Guadalajara plantea condiciones particulares para el diseño de una estrategia de manejo del fuego. (11)

Figura 8. El proceso de planificación del manejo del fuego. (14)

Figura 9. Estructura del Programa de Manejo del Fuego del Bosque La Primavera. (15)

Figura 10. Organigrama del Organismo Público Descentralizado Bosque La Primavera. (19)

Figura 11. Esquema conceptual de los “cuatro interruptores” del fuego (Bradstock 2010) a la izquierda y su relación con las condiciones del ambiente del fuego en el Bosque La Primavera a la derecha. (25)

Figura 12. Hipótesis de la productividad intermedia y la incidencia de incendios... (26)

Figura 13. Estratos y componentes de una cama de combustibles en un bosque... (32)

Figura 14. Esquema de la caracterización y clasificación de las camas de combustibles de acuerdo con el FCCS... (33)

Figura 15. Localización geográfica y límites del Bosque La Primavera. (40)

Figura 16. La Sierra de la Primavera y su región circundante. (41)

Figura 17. La Sierra de la Primavera (SLP), se localiza en medio de una región tectónicamente activa, donde convergen los rifts de Tepic-Zacoalco, Chapala y Colima. (42)

Figura 18. Regionalización fisiográfica descriptiva de la Sierra de la Primavera, sobre una imagen de satélite reciente (2019) de Google Earth. (43)

Figura 19. Topografía del Bosque La Primavera y su área circundante. Se muestran las clases de porcentaje de inclinación de la pendiente y la red hidrológica superficial. (45)

Figura 20. Mapa de la geomorfología de la Sierra de la Primavera. (50)

Figura 21. Esquema de la influencia de la forma del relieve y la inclinación de la pendiente en la propagación de un incendio forestal. (52)

Figura 22. Diagramas ombrotérmicos de tres localidades en el área del Bosque La Primavera. (53)

Figura 23. Variación diurna de la temperatura (a) y humedad relativa (b) atmosféricas en la estación meteorológica automática de La Primavera ... (57)

Figura 24. Mapas de zonas bioclimáticas de la Sierra de La Primavera. (58)

Figura 25. Las fotografías muestran las características de las tres formaciones de vegetación forestal presentes en el mosaico del paisaje del Bosque La Primavera, definidas en función de la densidad de la cobertura arbórea ... (60)

Figura 26. Mapa de cobertura vegetal y usos del suelo. (61)

Figura 27. Unidades mayores de paisaje de la Sierra de la Primavera ... (62)

Figura 28. Mapa de unidades del paisaje (nivel 2) del Bosque La Primavera. (63)

- Figura 29.** Cima del Cerro de San Miguel (2189 m de elevación), correspondiente a la unidad de paisaje “A” cimas y laderas altas de montaña con cobertura forestal bajo clima templado-cálido subhúmedo. (68)
- Figura 30.** Vista de sur a norte de la parte central del Bosque La Primavera (entre las áreas 3 y 4 de la figura 18), mostrando la unidad de paisaje “C” formada por lomeríos cubiertos por bosque de encino-pino bajo clima semicálido subhúmedo. (69)
- Figura 31.** Complejo de lomeríos y barrancas con alternancia de bosque denso y abierto y vegetación sabanoide (unidad de paisaje “C”) en la cuenca del Río Salado.. (69)
- Figura 32.** Unidad de paisaje “E”, correspondiente a las colinas y llanuras onduladas del declive occidental de la Sierra de la Primavera hacia la llanura de Tala, cubiertas por bosque de encino-pino bajo clima cálido subhúmedo. (70)
- Figura 33.** Ejemplos de componentes de la flora del Bosque La Primavera que representan valores del patrimonio natural del área... (77)
- Figura 34.** Crecimiento demográfico de los municipios de Zapopan, Tlajomulco, Tala y El Arenal en el entorno del BLP durante el periodo 1970-2010. (79)
- Figura 35.** Mapa de tenencia de la tierra del Bosque La Primavera. (80)
- Figura 36.** Superficie por tipo de tenencia de la tierra dentro del Bosque La Primavera en porcentaje; a la izquierda superficie total y a la derecha superficie forestal. (80)
- Figura 37.** Estas fotografías muestran los marcados contraste en las desiguales condiciones socioeconómicas en el entorno y el interior del Bosque La Primavera. (83)
- Figura 38.** Mapa de camas de combustibles forestales del Bosque La Primavera y su área adyacente ... (88)
- Figura 39.** Comportamiento del fuego simulado en Behave Plus 5.0 para los modelos GR 2 (pastizal denso <30 cm), TU3 (sotobosque de pastos y arbustos), GR1 (pastizal ralo), TL9 (carga alta de mantillo acolchado), TL8 (carga moderada de mantillo acolchado) y TL2 (carga ligera de mantillo acolchado), en distintas condiciones de inclinación de la pendiente. (93)
- Figura 40.** Comportamiento del fuego simulado en Behave Plus 5.0 para el modelo TU3 (sotobosque de pastos y arbustos) utilizado para la cama de combustibles de bosque de encino-pino abierto, en distintas condiciones de inclinación de la pendiente (5, 30 y 60%) y velocidad del viento (de 5 a 40 kmh). (93)
- Figura 41.** Mapas del comportamiento potencial de incendios superficiales, elaborados a partir de la simulación en *Behave Plus 5.0*. (95)
- Figura 42.** Mapa de peligro de incendios superficiales en función del comportamiento potencial del fuego (velocidad de propagación y longitud de las llamas). (97)
- Figura 43.** Mapas de potencial de incendios basado en el Sistema de Clasificación de Características de Combustibles (FCCS). (98)
- Figura 44.** Mapa de regímenes potenciales de incendios (RPI) en el Bosque La Primavera. (105)
- Figura 45.** Variación anual del número de incendios (arriba) de 2001 a 2019 y de la superficie incendiada de 1998 a 2019. (107)
- Figura 46.** Distribución de tamaños de los incendios (arriba) y porcentaje de la superficie incendiada por categoría de tamaño (abajo). (108)
- Figura 47.** Incendios grandes ocurridos en las últimas dos décadas en el Bosque La Primavera. En los polígonos de los incendios se muestran las unidades de paisaje. (109)
- Figura 48.** Mapa de superficies incendiadas en el Bosque La Primavera y el área adyacente entre 2015 y 2019, por clase de frecuencia de incendios registrados en el periodo... (110)
- Figura 49.** Porcentaje del número de incendios y superficie incendiada por tipo de causa en el Bosque La Primavera durante el periodo 2001-2019. (113)
- Figura 50.** Variación interanual de la superficie incendiada en el Bosque La Primavera en el periodo 2001-2019 por tipo de causas de incendios. (115)
- Figura 51.** Mapa de áreas críticas para el manejo del fuego por incidencia reciente de incendios. (116)
- Figura 52.** Mapa de áreas críticas para el manejo de combustibles forestales. (117)
- Figura 53.** Ejemplos de clases de severidad observadas después del incendio de 2017 en el área de Pinar de la Venta... (119)

- Figura 54.** Localización de los sitios de muestreo para la evaluación de efectos de incendios en la vegetación. (119)
- Figura 55.** Diferencias en la estructura de la vegetación entre rodales de bosque de encino-pino en el Bosque La Primavera quemados con distinta severidad y tiempo post-incendio. (120)
- Figura 56.** Arriba se observan rebrotes de *Quercus resinosa* (izquierda) y *Pinus oocarpa* (derecha) en sitios donde ocurrieron incendios de alta severidad. Abajo, regeneración por semilla de *Pinus oocarpa* un año después del incendio de 2017 en Pinar de la Venta. (122)
- Figura 57.** Riqueza de especies del estrato herbáceo-arbustivo en rodales de bosque de encino-pino en el Bosque La Primavera quemados con distinta severidad (B baja, A alta) y tiempo post-incendio ... (123)
- Figura 58.** Manchón de *Melinis (Rhynchelytrum) repens*, un pasto africano que se comporta como especie invasora de claros, en el área del incendio de 2018 en Cerro de San Miguel. (125)
- Figura 59.** Porcentaje de la superficie por clase de severidad de los incendios de 2005, 2012 y 2017. (126)
- Figura 60.** Mapas de clases de severidad de los incendios de 2005, 2012 y 2017 en el Bosque La Primavera. (127)
- Figura 61.** Cambio en la densidad de la cobertura vegetal en el Bosque La Primavera durante el periodo 2000-2016. (129)
- Figura 62.** Los caminos y brechas son el principal factor antropogénico de pérdida de suelo e inestabilidad de laderas en el Bosque La Primavera. (132)
- Figura 63.** Colonias y fraccionamientos adyacentes (en amarillo) o cercanos (en rojo) al polígono del área protegida, considerados en el “Programa de atención especial a contingencias de incendios en la interfaz urbano forestal del APFF La Primavera”. (134)
- Figura 64.** Ejemplos de diferentes condiciones de la interfaz urbano-forestal en el Bosque La Primavera y su área circundante... (135)
- Figura 65.** Mapa de la interfaz urbano-forestal en el Bosque La Primavera. (136)
- Figura 66.** Distribución de las brigadas de combate de incendios de distintas dependencias que operan en el Bosque La Primavera sobre el mapa de regionalización del área... (148)
- Figura 67.** Localización de las torres de vigilancia (1, Planillas; 2, Nejahuete; 3, San Miguel), casetas de control de ingreso y campamento de Agua Brava (que sirve como helibase, centro de capacitación y campamento) en el Bosque La Primavera. Se muestran las patrullas de guardabosques en medio de su área aproximada de patrullaje y la red de caminos y brechas. (149)
- Figura 68.** Ubicación de las líneas negras que sirven de apoyo para la prevención física y combate de incendios. (149)
- Figura 69.** Ejemplo del manejo del fuego bajo un sistema de bloques en el cual se realizan diferentes tipos de intervenciones. (183)
- Figura 70.** Propuesta preliminar del sistema de bloques de manejo del fuego... (184)
- Figura 71.** Distribución de las brigadas de combate de incendios. (193)

ÍNDICE DE TABLAS

(Números de página entre paréntesis)

- Tabla 1.** Superficie por clase de inclinación de la pendiente (IP) en porcentaje en el Bosque La Primavera. (44)
- Tabla 2.** Leyenda del mapa geomorfológico de la Sierra de la Primavera. (51)
- Tabla 3.** Zonas bioclimáticas de la Sierra de la Primavera. (58)
- Tabla 4.** Clases de coberura vegetal y usos del suelo y superficies dentro del área protegida del Bosque La Primavera (BLP) y el área adyacente. (61)
- Tabla 5.** Leyenda del mapa de unidades de paisaje del Bosque La Primavera y superficie dentro del área protegida. (64)
- Tabla 6.** Riqueza florística del Bosque La Primavera; se muestran los géneros y especies de las 10 familias con mayor número de especies, más las familias Fagaceae y Pinaceae. (72)

- Tabla 7.** Riqueza florística del Bosque La Primavera por forma de vida. Los datos de pastos y helechos se muestran por separado de otras hierbas terrestres. (72)
- Tabla 8.** Riqueza de la fauna de vertebrados del Bosque La Primavera por grupos de especies. (74)
- Tabla 9.** Tasas de crecimiento anual en porcentaje de los municipios circundantes al Bosque La Primavera 1970-2015. (79)
- Tabla 10.** Tipos de camas de combustibles del Bosque La Primavera. (89)
- Tabla 11.** Superficie por clase de peligro de incendios (ver Fig. 42) dentro del Bosque La Primavera (BLP) y su área adyacente (AA). (96)
- Tabla 12.** Potenciales de incendios de las camas de combustibles del Bosque La Primavera, basados en el Sistema de Clasificación de Características de Combustibles (FCCS). (99)
- Tabla 13.** Régimenes potenciales de incendios (RPI) en el Bosque La Primavera. (104)
- Tabla 14.** Número de incendios registrados y superficie incendiada por año en el Bosque La Primavera durante el periodo 1998-2019. (106)
- Tabla 15.** Porcentaje de superficie incendiada por unidad del paisaje en el Bosque La Primavera en los incendios de 1998, 2005, 2012 y 2017-2019. (109)
- Tabla 16.** Superficie forestal por clases de frecuencia de incendios registrados en el periodo 2012-2019 en el Bosque La Primavera y su área adyacente. (111)
- Tabla 17.** Causas directas de incendios forestales registradas en el Bosque La Primavera y áreas adyacentes durante el periodo 2001-2019. (113)
- Tabla 18.** Superficie de terreno dentro de la interfaz urbano-forestal en el Bosque La Primavera (BLP) y su área adyacente (AA), de acuerdo con el mapa de la figura 65. (137)
- Tabla 19.** Recursos para el combate de incendios en el Bosque La Primavera (2019). (150)
- Tabla 20.** Listado y acrónimos de las instancias responsables y colaboradoras en la ejecución de las acciones del PMF-BLP. (177)

ÍNDICE DE PANELES

(Número de página entre paréntesis)

- Panel 1.** El problema de los incendios forestales en el Bosque La Primavera y la necesidad de contar con un programa de manejo del fuego. (12)
- Panel 2.** Principales leyes, reglamentos y normas oficiales aplicables o relacionadas con el manejo del fuego. (22)
- Panel 3.** La importancia del Bosque La Primavera para la conservación del patrimonio natural y la generación de servicios ambientales de los ecosistemas en el entorno de la Zona Metropolitana de Guadalajara. (76)
- Panel 4.** Organización del Sistema de Mando de Incidentes (SMI) en el Bosque La Primavera (Fuente: adaptado de la Estrategia de Prevención y Combate y el Plan de Acciones de Incidentes, OPD-BLP). (147)
- Panel 5.** Temas de investigación sobre ecología y manejo del fuego y otros aspectos relacionados, identificados en el diagnóstico. (205)

1 Introducción

El Bosque La Primavera (BLP) es una unidad territorial dedicada a la conservación de la naturaleza bajo la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre, que cubre una superficie aproximada de 30,500 hectáreas (CONANP 2000). Forma parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) de México y cuenta con una declaratoria internacional de Reserva de la Biosfera por parte del Programa MAB (*Man and Biosphere Program*) de la Organización de las Naciones Unidas para la Ciencia, la Cultura y la Educación (UNESCO). Ubicado en el Estado de Jalisco en las inmediaciones de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), la segunda concentración urbana más grande de México, el BLP es uno de los últimos espacios silvestres que existen en el paisaje de una región significativamente transformada por la urbanización, la industrialización y la agricultura.

Este Programa de Manejo del Fuego del Bosque La Primavera (de aquí en adelante PMF-BLP) constituye un instrumento para la planificación de acciones dirigidas a la regulación de los regímenes de incendios forestales en el marco de los objetivos de conservación de la biodiversidad, los ecosistemas y los valores naturales del área protegida, así como a la protección de comunidades humanas, infraestructura y recursos naturales contra los efectos negativos de los incendios dentro del bosque y en sus inmediaciones. Fue elaborado por un equipo técnico de la Universidad de Guadalajara a solicitud del Organismo Público Descentralizado Bosque La Primavera (OPD-BLP), institución encargada del manejo del área protegida, como parte de la colaboración entre dicha institución, la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) del Gobierno del Estado de Jalisco y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) del Gobierno Federal.

El propósito de este Programa de Manejo del Fuego es dotar al BLP con un instrumento de planificación que permita poner en práctica una estrategia de manejo del fuego dirigida a fortalecer los objetivos de conservación de biodiversidad, ecosistemas y valores del patrimonio natural y cultural en el área protegida, así como de protección civil en su entorno. Este programa se fundamenta en principios y criterios ecológicos derivados del conocimiento actual sobre la ecología del fuego y de la experiencia práctica en la protección contra incendios forestales y el manejo del fuego. Este instrumento es complementario al Programa de Manejo del BLP

(CONANP 2000) y tiene por objeto servir como marco de referencia para el fortalecimiento de la colaboración y la puesta en marcha de acciones concertadas entre la institución responsable de la administración del área protegida – el Organismo Público Descentralizado Bosque La Primavera (OPD-BLP) –, los dueños de la tierra en el territorio del BLP – ejidos, propietarios particulares y Gobierno de Jalisco –, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Jalisco, los gobiernos municipales de El Arenal, Guadalajara, Tala, Tlajomulco, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan, así como otras dependencias gubernamentales de los tres órdenes de gobierno, organizaciones de la sociedad civil e instituciones de educación e investigación que participan en la tarea de la conservación.

1.1 Importancia del Bosque La Primavera para la conservación

La importancia del BLP es ampliamente reconocida por su papel en la regulación del clima regional, la protección de cabeceras de cuencas y la oferta de espacios para la recreación al aire libre en el entorno de la Zona Metropolitana de Guadalajara (Curiel *et al.* 1987, CONANP 2000). Miles de personas provenientes de la vecina ciudad visitan el área los fines de semana y los periodos vacacionales para disfrutar de los balnearios de aguas termales, los paseos por el bosque a pie o en bicicleta y los días de campo.

Además de esto, en la cercanía de una enorme concentración urbana el BLP aún ofrece condiciones de hábitat en las que prosperan poblaciones de venados, pumas, lince y otros animales silvestres. Un aspecto menos reconocido – o al menos poco entendido – es la excepcionalidad del BLP en cuanto a sus características geológicas y geomorfológicas únicas (González *et al.* 2018), sus condiciones ecológicas particulares y su notable diversidad florística.

Las aproximadamente 30,500 ha¹ de territorio decretado como el área protegida del BLP (DOF 1980), se establecieron sobre una unidad fisiográfica de origen volcánico conocida como Sierra de la Primavera² (Fig. 1) con características geomorfológicas únicas y una notable diversidad de tipos de rocas (González *et al.* 2018), que forman una elevación de montañas, lomeríos y colinas en medio de terrenos predominantemente llanos. La vegetación forestal de esta sierra ocupa una superficie aproximada de 29,200 ha, de las cuales un 80% se encuentra dentro del

¹ La superficie estimada del polígono del área protegida en los mapas que se presentan en este documento asciende a 30,636.8 ha.

² El área ha sido denominada también como Sierra de Tala o Sierra de El Colli.

polígono del área protegida, y está formada por bosques densos y abiertos de pino y encino y formaciones sabanoides,³ en las que se han registrado alrededor de 950 especies de plantas vasculares.



Figura 1. El Bosque La Primavera visto desde el oeste; en el primer plano se observa la Zona Metropolitana de Guadalajara (imagen de satélite del año 2019 en tercera dimensión, con la altura relativa resaltada; tomada de Google Earth).



Figura 2. En el Bosque La Primavera se conservan importantes valores del patrimonio natural. A la izquierda el paisaje boscoso del área protegida; en medio un lince (*Lynx rufus*) captado en una cámara trampa; a la derecha un agave (*Agave guadalajarana*), especie de planta endémica de la región. (Fotografías: 1 y 3, E.J. Jardel; 2, archivo del OPD-BLP).

Las características físico-geográficas y bióticas de la Sierra de la Primavera son, sin lugar a duda, de especial relevancia para la conservación del patrimonio natural tanto a nivel estatal

³ Como se explica más adelante en la caracterización del área de estudio, en los bosques densos el dosel arbóreo cubre más del 60% de la superficie del suelo y entre 30-60% en los bosques abiertos; la vegetación sabanoide corresponde a pastizales con árboles y arbustos dispersos cuya cobertura arbórea es mayor a 5% y menor a 30%.

como nacional (Fig. 2); a esto se suman las funciones ambientales de los ecosistemas forestales, que son vitales para la ZMG.⁴ Sin embargo, la Sierra de la Primavera y sus bosques están prácticamente rodeados de centros de población, campos de cultivo agrícola e infraestructura de vías de comunicación (Fig. 1) y el área se encuentra amenazada por los procesos de transformación de la matriz del paisaje circundante (Alcocer y Valdés 2016) y por el impacto de las actividades humanas en su interior (Curiel *et al.* 1987, CONANP 2000).

La expansión de la urbanización y la agricultura ha alcanzado desde hace tiempo los bordes del área forestal; parte de la superficie boscosa ha sido remplazada por fraccionamientos residenciales o colonias populares y por terrenos de cultivo y pastizales para la ganadería. Rodeado por centros de población, áreas agrícolas e industriales, e infraestructura carretera, el BLP es actualmente un fragmento de hábitat forestal con una conectividad limitada con otros terrenos boscosos cercanos. Es evidente que si el área no hubiera sido protegida, hace tiempo que sus hábitats forestales y gran parte de su diversidad biológica habrían desaparecido.

El mismo bosque ha sido objeto de una larga historia de explotación de recursos forestales y apacentamiento de ganado; los escasos terrenos con potencial para la producción agrícola han sido abiertos al cultivo; la red de caminos internos es un factor crítico de erosión y, al mismo tiempo, de fragmentación de hábitats. La construcción de residencias secundarias y la especulación en el mercado inmobiliario, constituyen otro factor de cambio de uso del suelo y presión sobre el área forestal. Los sitios con mayor afluencia de visitantes son afectados por el impacto ambiental del uso público y una porción del área ha sido alterada para la exploración de su potencial para la generación de energía geotérmica. La alteración del clima regional por la isla de calor que produce la extensa mancha urbana de la ZMG y la contaminación atmosférica pueden ser también un factor de cambio en los procesos ecosistémicos del bosque.

Además de todos estos factores de transformación e impacto ambiental, la incidencia de incendios forestales es considerada como uno de los problemas más críticos de degradación ecológica en el BLP y, sin duda, es uno de los más visibles y ampliamente difundidos por los medios de comunicación (del Castillo 2006).

⁴ En la sección 3.1.9 se resumen los principales elementos que hacen del BLP un área de especial relevancia para la conservación de la naturaleza.

1.2 Planteamiento del problema

Los incendios forestales son considerados como una causa de degradación de los valores naturales del BLP, asociada a la presión de cambio de uso del suelo. Todos los años se registran incendios forestales dentro del BLP o en los terrenos adyacentes al polígono del área protegida (Fig. 3). De acuerdo con el trabajo de Huerta *et al.* (2014), entre 1998 y 2012 cerca del 90% del área se quemó; de acuerdo con los registros de 1998-2019, la superficie acumulada de los incendios forestales, 55,277 ha, es mayor que la superficie total de terrenos forestales. En ciertos años se ha quemado porciones significativas del área protegida: cerca del 20% en 1998 (6,138 ha), 43% en 2005 (13,158 ha), 28% en 2012 (8,567 ha) y 11% en 2018 (3,368 ha). Dadas estas condiciones, la protección contra incendios ha sido considerada como un tema prioritario en el programa de manejo del área protegida (CONANP 2000) y a partir de la crítica temporada de incendios del año 2012 se planteó la necesidad de que el BLP contara con un programa específico de manejo del fuego.

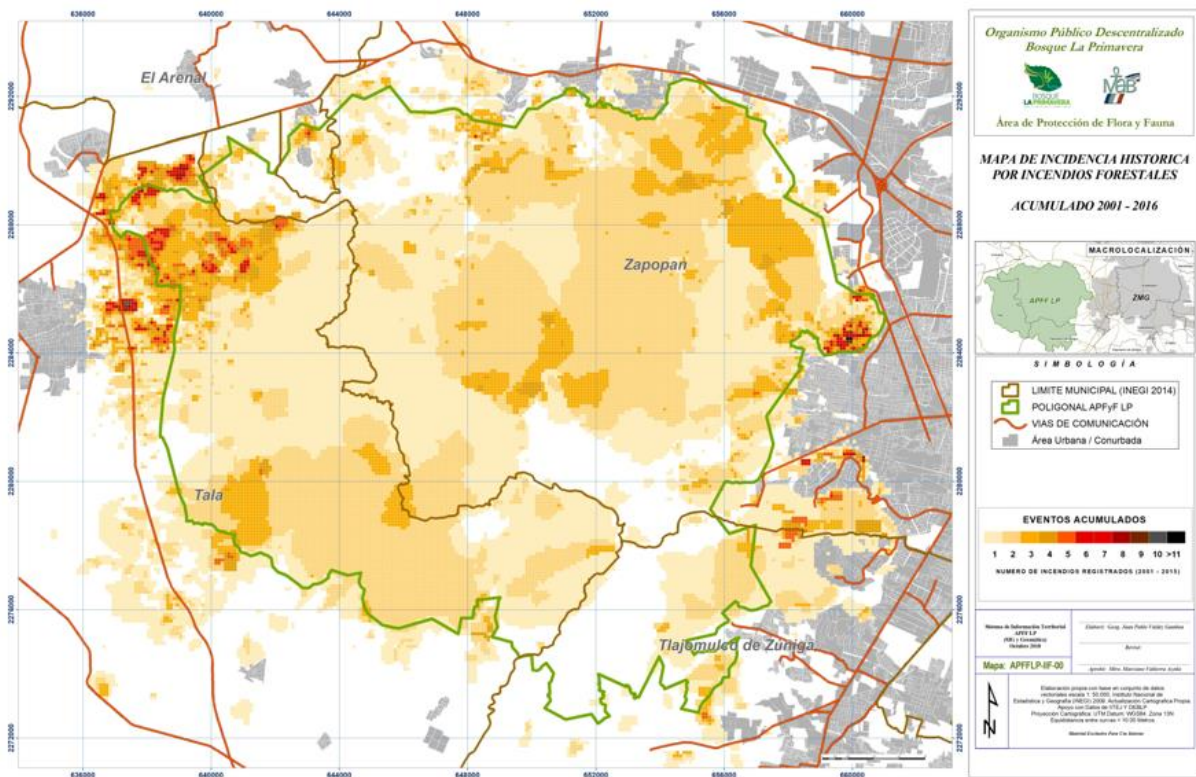


Figura 3. Mapa de los incendios forestales registrados en el Bosque La Primavera y áreas adyacentes durante el periodo 2001-2016. Fuente: OPD-BLP.

La situación que se pretende resolver a través de la aplicación de un programa de manejo del fuego es compleja y no puede reducirse simplemente a contener la alta incidencia de incendios con un enfoque convencional de protección forestal basado en la supresión del fuego. Si bien para los diversos actores interesados en la conservación del BLP los incendios forestales son un factor destructivo y se considera que constituyen una de las principales amenazas a la integridad ecológica del bosque (del Castillo 2006, Islas *et al.* 2006, Cruz-Sáenz 2008, Martínez y del Castillo 2012, Huerta *et al.* 2014), una cuestión que no se toma en cuenta es el hecho de que por sus características físico-geográficas y ecológicas, los ecosistemas forestales del BLP son pirófilos o propensos a incendiarse (Jardel-Peláez *et al.* 2017), al igual que otros bosques similares del mundo (Hardesty *et al.* 2005) y de México (Jardel-Peláez *et al.* 2014).

Las condiciones de clima estacionalmente seco, la topografía accidentada y la vegetación dominada por pinos, encinos y pastos, favorecen la propagación del fuego (Falk *et al.* 2007, McKenzie *et al.* 2011). Con base en estas características, los ecosistemas del área han sido clasificados como propensos a incendios frecuentes, superficiales y de severidad baja a mixta en un estudio nacional sobre los regímenes potenciales de incendios (Jardel-Peláez *et al.* 2014). Como puede apreciarse en la figura 4, la incidencia de incendios es importante en la región circundante al BLP y no sólo dentro del área protegida.

Existen suficientes evidencias basadas en el conocimiento general de la ecología del fuego (Scott *et al.* 2014) y en observaciones en el terreno, que fundamentan la aseveración de que los incendios forestales han formado parte de la dinámica histórica de ecosistemas de bosques de pino y encino, como los del BLP, y del ambiente en el cual ha evolucionado su biota. Numerosos estudios realizados en diversas partes del mundo y en México, demuestran que los incendios son un componente de la dinámica de los bosques de pinos y encinos (Abrams 1992, Fulé y Covington 1996, Rodríguez-Trejo y Fulé 2003, Agee 2008, Keeley y Zedler 1998, Noss 2018). Esto implica que la supresión total del fuego en un lugar como el BLP no sólo no es factible por las condiciones ambientales, sino que además los intentos por eliminar los incendios en ecosistemas pirófilos son un factor de alteración ecológica y aumentan su vulnerabilidad a incendios más intensos, severos y difíciles de controlar (Brown y Arno 1991, Agee y Skinner 2005).

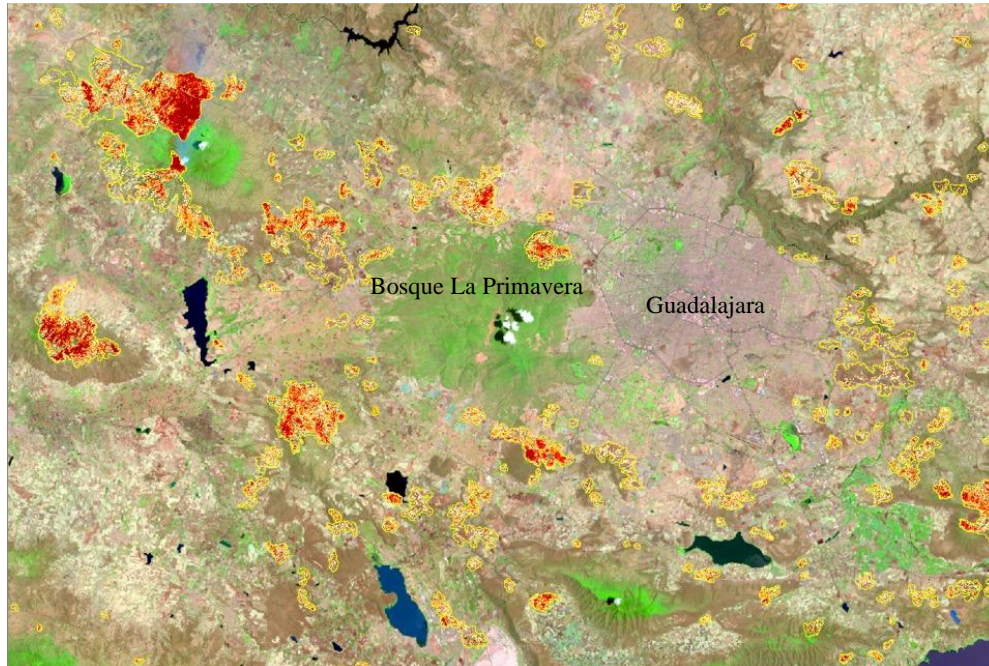


Figura 4. Imagen satelital de los incendios forestales en los alrededores del Bosque La Primavera y la Zona Metropolitana de Guadalajara en el periodo abril-mayo de 2017. Los polígonos de los incendios aparecen delimitados en amarillo y la intensidad del color (de amarillo a rojo) representa clases de severidad de los efectos del fuego). El 2017 fue un año de alta incidencia de incendios a nivel nacional y estatal, pero dentro del polígono del Bosque La Primavera se incendiaron 2,468 ha, una superficie equivalente al 1.4% del área incendiada en Jalisco (180,000 ha). Fuente: González-Murguía *et al.* 2017).

Como se discute más ampliamente en el marco conceptual y el diagnóstico de este documento, los incendios han sido parte de la ecología del BLP (Fig. 5). Además de las condiciones del clima y la vegetación que permiten clasificar a los ecosistemas del área como propensos a incendios (“mantenidos” por el fuego o “adaptados” a este, de acuerdo con la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA 2007), evidencias de esto son la capacidad de regeneración post-incendio de la vegetación (Fig. 6) y el hecho de que una alta proporción de las especies que componen la comunidad de plantas del BLP presentan características morfofuncionales de adaptación a un régimen de incendios frecuentes (Jardel-Peláez *et al.* 2017, Herrera-Palacios *et al.*, en preparación). Esto implica que los regímenes de incendios son un factor que debe ser tomado en cuenta para la conservación de la diversidad florística del área, de la cual dependen las condiciones de hábitat de la fauna silvestre. Es necesario considerar que el manejo del fuego

actualmente forma parte de las estrategias de conservación de la biodiversidad (Kelly y Brotons, 2017; DellaSala y Hanson, 2015; Driscoll *et al.*, 2010).



Figura 5. Los ecosistemas forestales del Bosque La Primavera son propensos a incendiarse debido a dos factores interrelacionados: (1) las características de la vegetación y el complejo de combustibles forestales y (2) las condiciones del clima estacionalmente seco. Los combustibles superficiales (el mantillo del suelo y la vegetación del estrato herbáceo-arbustivo) formados por hojarasca de pinos y encinos y por pastos, son altamente inflamables. Estos combustibles están disponibles (esto es, lo suficientemente secos para encenderse y mantener la propagación del fuego) durante la estación seca del año que se extiende desde noviembre hasta principios de junio. En un estudio nacional los bosques de pinos y encinos de zonas semicálidas subhúmedas, como los que se muestran en las fotografías, han sido clasificados como ecosistemas pirófilos (mantenidos por el fuego o adaptados a incendios) con un régimen de incendios superficiales frecuentes de severidad baja a mixta (Jardel-Peláez *et al.* 2014). En estos ecosistemas el fuego ha formado parte de su dinámica natural o histórica; los intentos por suprimir el fuego favorecen el aumento de las cargas de combustibles y cambios en la estructura de la vegetación que aumentan la vulnerabilidad de estos ecosistemas a incendios más intensos, severos y difíciles de controlar. (Fotografías: izquierda E.J. Jardel, derecha D. Graf).



Figura 6. Los bosques del área de estudio son resilientes a los efectos de los incendios y se recuperan por mecanismos de regeneración natural, aún después de incendios severos. Aunque la mayor parte del Bosque La Primavera se ha incendiado en algún momento, aún mantiene su cobertura forestal. Las fotografías muestran un área en la mesa del Cerro 18, cerca de Pinar de la Venta, antes y después de un incendio de alta severidad ocurrido en mayo de 2017. A la izquierda se observa el área incendiada una semana después del incendio; a la derecha la misma área en septiembre del año siguiente; puede apreciarse la abundante regeneración natural de pino (*Pinus oocarpa*) y otras plantas. (Fotografías: E.J. Jardel).

En la planificación del manejo del BLP se ha planteado como un objetivo abatir la incidencia de incendios (Curiel *et al.* 1987, CONANP 2000), pero se ha carecido de un análisis acerca del papel ecológico del fuego en los ecosistemas del área protegida y sus inmediaciones. En general, la política de supresión de incendios adoptada durante el siglo XX en la mayor parte del mundo ha estado basada en percepciones socioculturales que consideran a los incendios como una amenaza a la integridad ecológica de los bosques y en un enfoque de manejo dirigido al dominio de las fuerzas de la naturaleza (Pyne 1995, Fowler y Welch 2018). Aunado a esto, el limitado conocimiento y entendimiento de la ecología de los incendios forestales, que predomina entre muchos conservacionistas y gestores de los recursos forestales, ha generado resistencia a la transición hacia un enfoque de manejo del fuego.

Una cuestión fundamental es entender que el problema con los incendios forestales no es en sí el hecho de que ocurran, sino si lo hacen dentro de la amplitud de la variación natural o histórica del régimen de incendios característico de un ecosistema (Jardel-Peláez *et al.* 2014). Un régimen de incendios se caracteriza por: la *frecuencia* o intervalo de retorno entre eventos de fuego sucesivos, su *estacionalidad* (el periodo del año en que se presentan), *intensidad* (fuerza física o cantidad de energía liberada en las fases de la combustión), *severidad* (magnitud de sus efectos en los ecosistemas), *tamaño* o superficie y *sinergia* con otros agentes de disturbio ecológico (Agee 1993, Sughiara *et al.* 2006, Bradstock 2010). Los regímenes de incendios característicos de diferentes ecosistemas están determinados a escala del paisaje por el clima, la geomorfología y la vegetación (Falk *et al.* 2007, McKenzie *et al.* 2011). El problema central que hace necesario el manejo del fuego es la alteración de los regímenes de incendios, esto es, la desviación de sus atributos o características respecto a la amplitud de su variación natural o histórica, que forma parte de la dinámica de los ecosistemas y del ambiente al cual esta adaptada su biota (Pyne *et al.* 1996, Jardel-Peláez *et al.* 2014).

Diferentes factores de cambio influyen en la alteración de los regímenes de incendios naturales o históricos. Estos incluyen la transformación del paisaje y la modificación del complejo de combustibles forestales (la materia prima que alimenta al fuego constituida principalmente por la biomasa de plantas), el cambio climático global (el clima es el factor de primer orden que controla los regímenes de incendios) y el aumento del riesgo de igniciones antropogénicas (Brown y Arno 1991, Rowell y Moore 1999, Arno y Fiedler 2005, Cochrane 2003, Westerling *et al.* 2006, Flannigan *et al.* 2009).

Estos factores de alteración están presentes en el BLP: la superficie boscosa está circundada por un paisaje transformado, en el cuál existen múltiples fuentes de ignición en las áreas bajo uso agropecuario o urbano (Figs. 1 y 4); la vegetación y el complejo de combustibles dentro del área boscosa han sido transformados históricamente por el uso del suelos y los recursos y, además, por las intervenciones de supresión de incendios en las últimas décadas; adicionalmente en el área protegida y la región circundante se manifiesta no sólo la influencia del cambio climático global (Ruíz-Corral *et al.* 2011, Ibarra-Montoya y Huerta-Martínez 2017), sino también el efecto de la burbuja de calor generada por la mancha urbana adyacente (Jáuregui *et al.* 1992, Davydova- Belitskaya y Skiba 1999, Tereshchenko y Filonov 2001).

No sólo las condiciones del entorno urbano y agrícola influyen en la ecología del BLP y en la incidencia de incendios en un área con alta proporción de borde respecto a su superficie, sino que los incendios forestales en el bosque tienen impactos en el ambiente de la región. Las emisiones de humo son un factor que contribuye eventualmente a empeorar la contaminación atmosférica de una zona metropolitana ya aquejada severamente por este problema y donde existe una alta densidad de industrias y vehículos automotores (Davydova-Belitskaya 1999, Ramírez *et al.* 2009, García *et al.* 2012). Los incendios en el BLP y otras áreas boscosas, junto con las quemadas agropecuarias, han generado eventos de contaminación atmosférica que han llevado a la declaración de contingencias ambientales en la ZMG; adicionalmente, la propagación del fuego representa un riesgo para las zonas urbanas adyacentes al bosque (Fig. 7). Los incendios pueden tener efectos indirectos por el riesgo de que ocurran riadas durante eventos de alta precipitación, con arrastre de agua y sedimentos provenientes de áreas donde el fuego ha expuesto el suelo a la erosión, en un paisaje que además es geomorfológicamente activo. La incidencia de incendios es particularmente problemática en la interfaz urbano-forestal y este es un problema central para el manejo del fuego en el BLP.

Por último, la diversidad de actores involucrados en la gestión del territorio y los recursos naturales en el BLP y su entorno es un elemento clave para la concertación de las acciones necesarias para poner en práctica una estrategia de manejo del fuego.

Hasta ahora el BLP ha carecido de un instrumento de planeación, adecuado y actualizado, para atender la problemática relacionada con los incendios forestales y poner en marcha una estrategia integral de manejo del fuego que contribuya al logro de los objetivos de mantener o

recuperar la capacidad de los ecosistemas del área protegida para generar servicios ambientales y conservar su biodiversidad y los valores del patrimonio natural y cultural asociados. El Programa de Manejo del Bosque La Primavera (CONANP 2000), todavía vigente, plantea acciones básicas de protección contra incendios forestales, pero estas son insuficientes y dicho instrumento de planificación es demasiado general y no está actualizado, por lo cual se ha iniciado el proceso de elaboración de un nuevo programa, pero este aún no está concluido.



Figura 7. La proximidad del Bosque La Primavera con la mancha urbana de la Zona Metropolitana de Guadalajara plantea condiciones particulares para el diseño de una estrategia de manejo del fuego. En la interfaz urbano-forestal, existe un alto riesgo de incendios causados por igniciones antropogénicas. Por otra parte, las emisiones de humo y gases de los incendios en el entorno de Guadalajara llegan a afectar significativamente la calidad del aire de la ciudad (imagen a la izquierda de www.webcamsdemexico.com) y existe el peligro de que el fuego pueda propagarse desde los terrenos forestales a las áreas urbanizadas (derecha, fotografía de E.J. Jardel).

El Organismo Público Descentralizado Bosque La Primavera (OPD-BLP), encargado de la gestión del área protegida, ha logrado avances significativos al poner en marcha una serie de acciones de protección contra incendios forestales en el marco de la colaboración interinstitucional con los tres órdenes de gobierno y organizaciones de la sociedad civil. Entre estas acciones destacan la coordinación para el combate de incendios a través de un Grupo Técnico Operativo y la implementación de un Sistema de Comando de Incidentes, la aplicación de prácticas de prevención física de incendios, el mantenimiento de actividades de vigilancia y detección temprana de incendios, intervenciones de conservación de suelos y reforestación en áreas quemadas y el impulso a acciones en la interfaz urbano-forestal. El trabajo coordinado con los gobiernos municipales de Zapopan y Tlajomulco principalmente, el Gobierno de Jalisco a

través de la SEMADET y el Gobierno Federal a través de CONAFOR ha sido esencial para realizar estas acciones.

El panel 1 resume el planteamiento del problema que justifica la puesta en marcha de un programa de manejo del fuego en el BLP.

Panel 1. El problema de los incendios forestales en el Bosque La Primavera y la necesidad de contar con un programa de manejo del fuego.

- En el Bosque La Primavera (BLP) y la región circundante se presenta una alta incidencia de incendios forestales.
- Predomina una percepción negativa de los incendios forestales en el área y un enfoque del problema centrado en la supresión del fuego.
- El conocimiento y entendimiento de los efectos de los incendios forestales sobre la biodiversidad, los patrones y procesos ecológicos, los valores naturales y las funciones ambientales de los ecosistemas del BLP es limitado.
- El concepto de manejo del fuego y sus fundamentos científicos y técnicos son desconocidos o están pobremente entendidos; como consecuencia, existe resistencia a su aplicación en el BLP.
- Los ecosistemas forestales del BLP son pirófilos o propensos a incendios; el fuego ha formado parte de su dinámica natural e histórica y es la alteración de su régimen de incendios lo que constituye el problema fundamental, no la incidencia de incendios en sí misma.
- La combinación de los efectos de: (a) la transformación del entorno ecológico del BLP asociada a la expansión de la agricultura y la urbanización, (b) el alto riesgo de igniciones en la interfaz forestal-agrícola-urbana, (c) la alteración antropogénica de la composición y estructura de la vegetación y el complejo de combustibles dentro del bosque, y (d) el cambio climático global, son los factores de cambio en los regímenes de incendios y se traducen en una creciente vulnerabilidad del BLP a los efectos del fuego.
- Las emisiones de humo y gases de los incendios forestales en el BLP contribuyen a empeorar la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de Guadalajara.
- Los incendios en la interfaz urbano-forestal representan riesgos directos (daños a personas, propiedades e infraestructura causados por el fuego) e indirectos (aumento de escurrimientos de agua e inestabilidad de suelos y laderas cuando ocurren eventos meteorológicos extremos) para los centros de población aledaños al BLP.
- Existe una multiplicidad de actores sociales involucrados en la gestión del territorio y los recursos naturales en el BLP y su región de influencia; estos actores tienen diversos intereses en el área, que muchas veces entran en conflicto.
- El BLP ha carecido de un instrumento de planeación, adecuado y actualizado, para poner en marcha una estrategia integral de manejo del fuego que contribuya al logro de los objetivos del área protegida.

1.3 Propósito, estructura y alcances del Programa de Manejo del Fuego

La problemática relacionada con los incendios forestales en el Bosque La Primavera y su área circundante, requiere ser atendida a través de una estrategia basada en principios y criterios

ecológicos y sociales, que contribuya al logro de los objetivos de conservación del área protegida.

El propósito de este *Programa de Manejo del Fuego del Bosque La Primavera* (PMF-BLP) es establecer un marco de referencia y definir líneas de acción estratégicas, para alcanzar metas definidas en función de los objetivos de conservación del área protegida.

El manejo del fuego (Jardel-Peláez *et al.* 2010, Jardel-Peláez 2010, 2020) consiste en el conjunto de acciones e intervenciones técnicas, institucionales y comunicativas, que son planificadas y evaluadas con los siguientes objetivos:

- Mantener o restaurar los regímenes naturales o históricos de incendios a los que están adaptados la biota y los ecosistemas de la unidad de manejo, con el fin de conservar su integridad ecológica y sus funciones ambientales.
- Proteger a poblaciones humanas, valores naturales y culturales, sistemas productivos, propiedades e infraestructura de daños causados por los incendios forestales.
- Utilizar apropiadamente el fuego como herramienta para el manejo sustentable de recursos naturales.
- Contribuir a los procesos de adaptación al cambio climático global y mitigación de emisiones de gases con efecto de invernadero.

El manejo del fuego es un componente subordinado a una estrategia más amplia de gestión del territorio y manejo de ecosistemas (Plana 2001, Jardel-Peláez 2010) y debe adaptarse al “contexto del lugar” (Brown *et al.* 2004), esto es, a las condiciones socioecológicas específicas de la unidad de manejo, que en este caso es el Bosque La Primavera.

El propósito específico del presente Programa del Fuego es dotar a la institución responsable de la administración del área natural protegida Bosque La Primavera, el OPD-BLP, con un instrumento de planificación que permita poner en práctica una estrategia para atender la problemática relacionada con los incendios forestales, que contribuya al logro de objetivos de conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y el patrimonio natural y cultural de la unidad de manejo. Este PMF-BLP es un instrumento de planeación complementario al Programa de Manejo del ANP en proceso de actualización.

La figura 8 ilustra el proceso de planificación de manejo del fuego.



Figura 8. El proceso de planificación del manejo del fuego. Basado en Jardel-Peláez (2010); véase también Martínez-Domínguez (2012).

El PMF-BLP está estructurado por un conjunto de ocho componentes integrados en el marco de una estrategia general (Fig. 9). Los tres componentes centrales o sustantivos incluyen: (1) las acciones de protección contra incendios forestales, (2) las intervenciones de manejo del fuego dirigidas a la conservación y restauración de los ecosistemas forestales, considerando los regímenes naturales o históricos de incendios como parte de los procesos dinámicos y el funcionamiento de dichos ecosistemas, y (3) el manejo del fuego en la interfaz del área forestal con la matriz urbana y agrícola del paisaje circundante. Los otros cinco componentes incluyen el conjunto de actividades que apoyan o soportan a los componentes sustantivos: (4) la generación de conocimiento a través de la investigación científica y el monitoreo de los resultados de la aplicación del programa, así como el desarrollo y mantenimiento de sistemas de información, elementos básicos para fundamentar el diseño de las prácticas de manejo del fuego, la toma de decisiones y la evaluación de resultados; (5) el fortalecimiento de capacidades a través de la formación, capacitación y entrenamiento de personal calificado para implementar el programa de manejo del fuego; (6) la comunicación con los actores interesados en la conservación del BLP; (7) el fortalecimiento de los mecanismos institucionales de organización

y cooperación para el manejo del fuego y, por último, (8) la administración y financiamiento del PMF-BLP.



Figura 9. Estructura del Programa de Manejo del Fuego del Bosque La Primavera.

Este programa de manejo del fuego está compuesto de nueve capítulos, iniciando con esta sección introductoria en la cual se plantea el problema que motivo la elaboración del programa. En el segundo capítulo se presenta el marco de referencia en el cual se describen la base institucional de la gestión del área protegida, el marco jurídico de las áreas protegidas y el manejo del fuego en México, y los fundamentos teóricos del manejo del fuego desde la perspectiva de la ecología. En el tercer capítulo se aborda el estudio descriptivo de las características físico-geográficas, bióticas, ecológicas, socioeconómicas y demográficas del área. En los capítulos cuarto y quinto se discute el diagnóstico y el pronóstico del problema de los incendios forestales, considerando la influencia de las características ecológicas del BLP en su régimen potencial de incendios, las causas de los incendios y la condición actual del régimen de incendios, así como los probables escenarios futuros. En los capítulos del seis al nueve se plantean los objetivos del programa de manejo del fuego, los principios, criterios y lineamientos que deben servir de guía para poner en práctica una estrategia de manejo del fuego en el contexto

de la conservación de un área protegida, las líneas de acción estratégica y las metas a alcanzar con la implementación del programa en distintos plazos de tiempo (corto plazo, los dos años siguientes a la aprobación del programa, y mediano y largo plazo a los cuatro y diez años respectivamente). Finalmente, se presenta la propuesta de programa operativo para los primeros dos años.

El PMF-BLP fue elaborado siguiendo el enfoque de planificación del manejo del fuego planteado en los trabajos de Jardel-Peláez (2010) y Martínez-Domínguez (2012), tomando como referencia el conocimiento más actualizado disponible sobre la ecología y manejo del fuego (ver por ejemplo Scott *et al.* 2014 y las referencias bibliográficas en la sección de marco conceptual). Los aspectos metodológicos de los análisis que fundamentaron el diagnóstico y pronóstico de este programa se presentan en el anexo 2 (memoria técnica).

Este documento plantea un marco conceptual del manejo del fuego acorde con las características socioecológicas particulares del BLP – la unidad de manejo – y los elementos de una estrategia de largo plazo que contribuya a los objetivos de conservación y restauración de los ecosistemas del área protegida. Partiendo de un enfoque de manejo adaptativo (Walters y Holling 1990), este programa deberá ser evaluado y ajustado conforme se obtenga mayor experiencia en su aplicación y un mejor conocimiento y entendimiento del papel del fuego en el área y la respuesta de los ecosistemas a las intervenciones de manejo. El programa, de carácter conceptual y estratégico, es el marco de referencia para la programación operativa anual o bianual en la cuál se deberán establecer acciones específicas para la consecución de los objetivos y metas planteados.

Es necesario reconocer que la planificación se realiza con la información, conocimiento y entendimiento disponibles en un tiempo determinado, la cual es siempre incompleta y aproximada, pero perfectible conforme se adquiere nuevo conocimiento y experiencia. Esto es particularmente importante en el caso de fenómenos y procesos de naturaleza compleja como son los incendios forestales y sus efectos ecológicos, así como los factores sociales subyacentes a la gestión de los ecosistemas forestales (Walters y Holling 1990, Brown *et al.* 2004, Puettmann *et al.* 2013). Como se discute más adelante, el conocimiento de la ecología del fuego en los ecosistemas del BLP es todavía preliminar y por esta razón el programa incluye un componente

de investigación y monitoreo que deberán generar una mejor fundamentación de la estrategia de manejo del fuego con un enfoque adaptativo.

Así mismo, es importante tomar en cuenta que el manejo del fuego es solamente un componente de una estrategia más amplia de gestión del territorio y los ecosistemas de un área protegida. Una limitante para la planificación del manejo del fuego en el momento actual es que el programa de manejo del BLP (CONANP 2000) fue elaborado hace 20 años y que no existe todavía una versión actualizada y aprobada. Por estas razones, se utilizó el programa de manejo todavía vigente del área protegida como una referencia general, pero se aporta nueva información y se proponen acciones estratégicas que pueden contribuir al proceso de actualización de dicho programa.

Otro aspecto clave a tomar en consideración, es que el manejo de un área protegida y, especialmente, de una unidad de conservación declarada como reserva de la biosfera y con las características del BLP, no puede ser desligada de la gestión del territorio en su área circundante – la zona de transición o cooperación establecida en el marco conceptual del manejo de las reservas de la biosfera (MAB 1996) –; en este sentido, el PMF-BLP no se limita a las acciones dentro del polígono del área protegida, sino que plantea actividades a realizar en la matriz del paisaje circundante. Si bien los ordenamientos legales restringen las acciones de las entidades responsables del manejo de las áreas protegidas al polígono decretado como unidad de conservación, en el caso del OPD-BLP este es un organismo constituido por instituciones de los tres órdenes de gobierno, en el marco de la colaboración y cooperación interinstitucional, y por lo tanto no está limitado para poner en práctica acciones de manejo del fuego y conservación con un enfoque regional e intermunicipal.

2 Marco de referencia

En esta sección se presenta una descripción del marco institucional de la gestión del BLP como área natural protegida, así como del marco jurídico del manejo del fuego en las áreas naturales protegidas. Se incluye también un resumen de los conceptos básicos de ecología del fuego que sirven de referencia para la interpretación y entendimiento del contenido y enfoque del PMF-BLP. Estos conceptos, basados en el conocimiento científico actual y en la experiencia práctica, son una referencia clave para la toma de decisiones en el manejo del fuego en un área natural protegida.

2.1 Marco institucional del manejo del fuego en el Bosque La Primavera

El Bosque La Primavera fue decretado con la designación de “Zona de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre” en 1980 (DOF 1980) y recategorizado en 2000 cómo de Área de Protección de Flora y Fauna Silvestres (APFF), de acuerdo con las categorías de manejo de áreas naturales protegidas que establece la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

El decreto del APFF-BLP considera una superficie aproximada de 30,500 hectáreas (CONANP 2000). La unidad de conservación fue incluida en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) de México y cuenta con una declaratoria internacional de Reserva de la Biosfera del Programa MAB-UNESCO.

El área protegida es coadministrada por los gobiernos federal y estatal a través de la CONANP y la SEMADET, en el marco de un acuerdo de coordinación. Para fortalecer y operativizar la gestión del área protegida, se creó el Organismo Público Descentralizado Bosque La Primavera, el cual fue aprobado el 19 de septiembre de 2013 por el Congreso del Estado de Jalisco con el decreto 24475 de ley del OPD-BLP, el cual fue promulgada por el Gobierno del Estado de Jalisco el 3 de octubre de 2013 y publicada en Periódico Oficial el 12 de octubre del mismo año. A partir de entonces, el OPD-BLP es la institución responsable de la operación del área protegida y por lo tanto la encargada de coordinar en esta las acciones de protección contra incendios forestales y manejo del fuego.

La Ley del Organismo Público Descentralizado Bosque La Primavera establece en su artículo primero que esta institución está dotada de personalidad jurídica y patrimonio propios, que “tiene como objeto la administración y manejo del Área de Protección de Flora y Fauna ‘La Primavera’, en los términos del artículo 52 de la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Jalisco” y que este organismo está sectorizado dentro de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET). El artículo segundo de la misma ley le otorga al OPD-BLP “las atribuciones y facultades necesarias” para el manejo del área protegida y “para la realización de los actos de autoridad que permitan la efectiva protección, conservación, restauración y el desarrollo de las condiciones que den a los propietarios y usuarios del Área de Protección de Flora y Fauna ‘La Primavera’ los beneficios a los que tienen derecho” en términos del acuerdo de coordinación CONANP-SEMADET y el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas. Se establece que el OPD-BLP tendrá una Junta de Gobierno, que es su máximo órgano de decisión, apoyada por un Comité Ciudadano, un Comité Científico y un Órgano de Vigilancia. Las funciones operativas del OPD-BLP, corresponden a su Dirección General (Fig. 10).

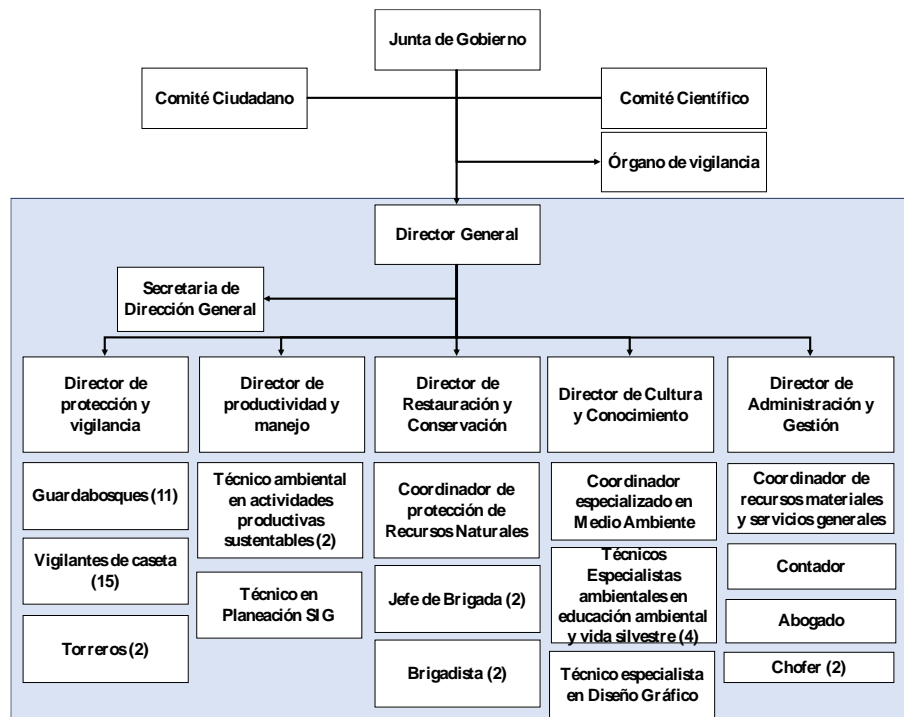


Figura 10. Organigrama del Organismo Público Descentralizado Bosque La Primavera.

La Junta de Gobierno del OPD-BLP está integrada de la siguiente manera:

- Presidente: Gobernador del Estado de Jalisco.
- Vocales: Secretarios de Planeación, Administración y Finanzas, Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, Desarrollo Rural, e Infraestructura y Obra Pública; el Presidente de la comisión legislativa de Desarrollo Forestal del H. Congreso del Estado; los Presidentes Municipales de El Arenal, Guadalajara, Tala, Tlajomulco, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan; el Delegado estatal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; el Director Regional de Occidente y Pacífico Centro de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, el Gerente estatal de la Comisión Nacional Forestal; el Rector General de la Universidad de Guadalajara, y representantes de ejidatarios, comuneros y propietarios particulares, el Comité Ciudadano y el Comité Científico.
- Secretario técnico: Director general del OPD-BLP.

Por la conformación de su Junta de Gobierno, el OPD-BLP tiene una base institucional que permite la colaboración y la coordinación de acciones con las principales dependencias de los tres órdenes de gobierno con mandato legal en la gestión de áreas naturales protegidas y la protección contra incendios forestales.

2.2 Marco político y jurídico del manejo del fuego en áreas naturales protegidas

El manejo del fuego en áreas naturales protegidas está sujeto al marco de las políticas públicas y la legislación vigente en materia de medio ambiente y recursos naturales.

Los objetivos y lineamientos de la política ambiental y de recursos naturales en el ámbito federal están planteados en el Plan Nacional de Desarrollo y el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como en la propuesta de Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2019-2024 y otros documentos normativos como la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBioMex) y su Plan de Acción 2016-2030. La conservación de las áreas naturales protegidas contribuye también al cumplimiento de acuerdos internacionales suscritos por el Gobierno de México, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), los

Acuerdos de París para la mitigación del cambio climático global y el Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte. En el caso del BLP se incluyen también los compromisos adquiridos en su designación internacional como reserva de la biosfera por el Programa del Hombre y la Biosfera (MAB) de la UNESCO.

En el ámbito estatal el marco de referencia de las políticas públicas en materia ambiental y de recursos naturales, están establecidos en el Plan Estatal de Gobernanza y Desarrollo de Jalisco 2018 – 2024 Visión 2030, y la Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Jalisco.

Los principales instrumentos legales que norman el manejo del fuego en las áreas naturales protegidas (Panel 2) son la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Áreas Naturales Protegidas.

La LGDFS en su Artículo 7, fracción XLIV, define al Programa de Manejo del Fuego [nacional] como “el instrumento de planeación que define los objetivos y alcances de la prevención, detección, combate, e información relacionada con los incendios forestales, que considera la coordinación y concertación de las entidades públicas de los tres órdenes de gobierno”; su elaboración es atribución del Gobierno Federal, pero la misma ley establece atribuciones para que los gobiernos estatales y municipales puedan elaborar, aplicar y coordinar programas de manejo del fuego “dentro de su ámbito territorial de competencia, de acuerdo con los lineamientos del Programa de Manejo del Fuego y el Sistema Nacional de Protección Civil” (Artículos 10, 11 y 13 de la LDFS).

El Artículo 120 de la LDFS establece que “los propietarios y poseedores de los terrenos forestales y preferentemente forestales y sus colindantes... , así como los prestadores de servicios forestales... y los encargados de la administración de las áreas naturales protegidas” estarán obligados a ejecutar trabajos de manejo de combustibles y prevención cultural y realizar el ataque inicial de los incendios forestales, en los términos de los programas de manejo y las autorizaciones correspondientes, así como en los términos de las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.

El Artículo 49 de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Jalisco, señala que “la prevención, control y combate de los incendios forestales será prioritaria para la conservación de las zonas forestales, así como el desarrollo sustentable del sector.”

El panel 2 resume los elementos básicos del marco jurídico del manejo del fuego.

Panel 2. Principales leyes, reglamentos y normas oficiales aplicables o relacionadas con el manejo del fuego.	
<i>Instrumento</i>	<i>Aplicación</i>
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)	Marco legal de la gestión de tierras forestales (bosques, selvas y matorrales de zonas áridas), incluyendo lo relativo a las atribuciones federales en materia de protección contra incendios, manejo del fuego y restauración. Esta ley establece que la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), es la encargada de coordinar las acciones de prevención, combate y control especializado de incendios forestales y de promover la asistencia de las demás dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, entidades federativas y municipales, en los términos de la distribución de competencias. Señala también que es obligación de los administradores de las Áreas Naturales Protegidas ejecutar trabajos de prevención, combate y control de incendios forestales.
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)	Marco jurídico de la gestión del medio ambiente y el manejo de recursos naturales; incluye los aspectos jurídicos relacionados con el manejo de las áreas naturales protegidas.
Reglamento de la LGEEPA en Materia de Áreas Naturales Protegidas	Establece los aspectos reglamentarios específicos, derivados de la LGEEPA, para la gestión de las áreas naturales protegidas. En su artículo 3, Fracción XI se define el programa de manejo como el instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del Área Natural Protegida respectiva.
Código Penal Federal	Establece las penas y sanciones legales aplicables a los causantes de incendios en terrenos forestales y áreas naturales protegidas.
Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Jalisco	Marco jurídico en el ámbito estatal para el manejo y conservación de las áreas forestales. En su Artículo 8 señala que son obligaciones del Estado promover y participar, en coordinación con la Federación y los Municipios, en la restauración de los ecosistemas forestales afectados por incendio o cualquier otro desastre natural (VIII) y realizar las acciones tendientes para la prevención de incendios y combate a la extracción ilegal y la tala clandestina de los recursos forestales (XVI). Artículo 10. Son obligaciones de los Municipios participar y coadyuvar en las acciones de prevención y combate de incendios forestales en coordinación con los Gobiernos Federal y Estatal, y participar en la atención, en general, de las emergencias y contingencias forestales, de acuerdo con los programas de protección civil y conformar brigadas para la prevención y combate de incendios forestales, cuando cuenten con superficie forestal (Artículo 10, fracc. III y VII).. Establece las tribuciones del Estado para la concertación y coordinación interinstitucional (Artículos 34 y 36).

<p>Norma Oficial Mexicana NOM-015-Semarnat/Sagarpa-2007 que establece las especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego en terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuarios.</p>	<p>Establece las especificaciones técnicas de los métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y de uso agropecuario, con el propósito de prevenir y disminuir los incendios forestales. Señala que la CONANP deberá incluir en sus Programas de Manejo de las Áreas Naturales Protegidas, los métodos de quema y proponer el uso de ellos como herramienta para reducir incendios forestales, manejar ecosistemas adaptados al fuego y proteger ecosistemas sensibles al fuego. El uso del fuego es permitido en ecosistemas adaptados al fuego, cuando el objetivo de la quema sea la prevención de incendios forestales, el manejo de recursos forestales o con fines ambientales y de investigación.</p>
--	---

2.3 Marco conceptual: los fundamentos del manejo del fuego

2.3.1 Principios básicos de la ecología del fuego

A continuación se describen de manera resumida los principios teóricos del manejo del fuego, fundamentados en los resultados de la investigación científica en el campo de la ecología del fuego (véase Pyne *et al.* 1996 y Scott *et al.* 2014), a lo cuál se integran también la documentación de la experiencia práctica y las enseñanzas derivadas del conocimiento tradicional del uso y manejo del fuego.⁵

- 1) El fuego es un fenómeno físico que consiste en la liberación de energía en forma de luz y calor como resultado de la combustión de materiales orgánicos en presencia de oxígeno y bajo la acción de una fuente de calor que inicia el proceso, el cual luego se mantiene con el propio calor que genera mientras no se consuma el combustible o el oxígeno (Arnaldos *et al.* 2004). Combustible, oxígeno y calor son los componentes del *triángulo del fuego*.
- 2) Los incendios forestales o de vegetación han existido en la Tierra desde hace unos 400 millones de años antes del presente (Scott 2018). Cuando las plantas evolucionaron hacia un hábito de vida terrestre, cubriendo de vegetación la superficie de los continentes y las islas, su actividad fotosintética produjo dos de los lados del triángulo del fuego: biomasa combustible y una atmósfera rica en oxígeno (Pausas y Keeley 2009). El tercer lado del triángulo fue aportado principalmente por la caída de rayos y en menor grado por fenómenos localizados como erupciones volcánicas.

⁵ Esta sección resume un trabajo más amplio sobre las bases conceptuales del manejo del fuego (Jardel-Peláez 2020).

- 3) Como consecuencia de la presencia de los tres componentes del triángulo del fuego, los incendios de vegetación han sido un fenómeno característico de la biosfera y del funcionamiento del Sistema Tierra (Bowman *et al.* 2009); durante millones de años han formado parte de la dinámica de los ecosistemas terrestres (Scott 2018) y del ambiente en el cuál ha evolucionado la biodiversidad, esto es, la variedad de formas de vida (Bond y van Wilgen 1996, Whelan *et al.* 2002, Pausas y Keeley 2009, He *et al.*, 2019).
- 4) Aunque potencialmente cualquier superficie terrestre cubierta de vegetación puede incendiarse, la variación existente a escala del paisaje en las condiciones del clima, la forma del relieve y la vegetación, determina la existencia de diversos *regímenes de incendios* (Falk *et al.* 2007, McKenzie *et al.* 2011). Un régimen de incendios se caracteriza por los siguientes atributos: la *frecuencia* con que pueden ocurrir los incendios en un área (o su inverso, el intervalo de retorno entre incendios sucesivos), la *estacionalidad* o periodo del año en que se presentan los incendios, su *intensidad* o fuerza física, la *severidad* de sus efectos, su *tamaño* o extensión y la *sinergia* con otros agentes de disturbio ecológico (Agee 1993).
- 5) El clima es el factor de primer orden que controla los regímenes de incendios (Gedalof 2011), ya que determina la productividad primaria neta de los ecosistemas (Chapin *et al.* 2001, Perry *et al.* 2008), esto es, la producción de biomasa que constituye el *combustible potencial*, la materia prima que consume el fuego, así como la velocidad con la que después de un incendio se recupera la vegetación y la cantidad de combustible que puede soportar nuevamente la propagación del fuego. Además de esto, la existencia de periodos de sequía durante el año, que caracterizan la estacionalidad del clima, permite la existencia de *combustible disponible*, esto es, lo suficientemente seco para encenderse y mantener la propagación del fuego. En el corto plazo, el *estado del tiempo atmosférico* (la variación diurna de la temperatura y humedad relativa del aire, la precipitación y la velocidad del viento) favorecen o limitan la propagación del fuego e influyen en su comportamiento, que puede caracterizarse básicamente por su intensidad o fuerza física y su velocidad de propagación.
- 6) Para que un incendio forestal pueda propagarse, se requiere de cuatro condiciones: (1) la existencia de combustible potencial (la biomasa de plantas vivas o muertas y sus restos en el mantillo del suelo); (2) que al menos parte del combustible esté disponible (seco) para

encenderse y mantener la combustión; (3) que existan condiciones favorables del estado del tiempo atmosférico para la propagación del fuego, y (4) que una fuente de ignición natural, como la caída de rayos, o antropogénica, como una quema, encienda el fuego (Bradstock 2010). Estos cuatro factores actúan secuencialmente, como si se accionaran uno tras otro los interruptores que encienden un mecanismo, en este caso, el fuego (Figura 11).

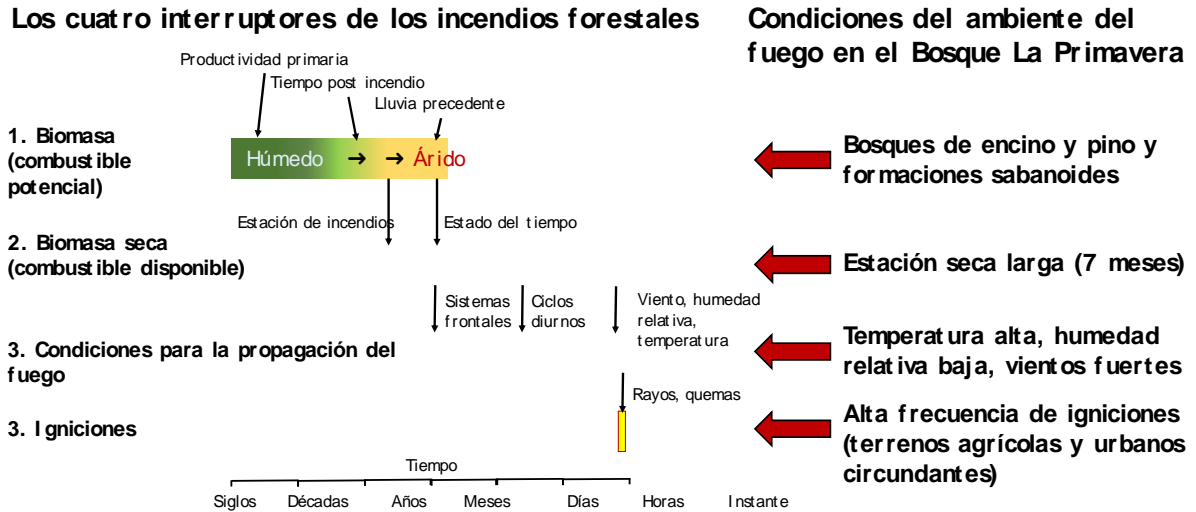


Figura 11. Esquema conceptual de los “cuatro interruptores” del fuego (Bradstock 2010) a la izquierda y su relación con las condiciones del ambiente del fuego en el Bosque La Primavera a la derecha. La fuente de la figura a la izquierda es Scott *et al.* (2014).

En el manejo del fuego sólo podemos intervenir sobre el primero y el último de estos interruptores; es posible, hasta cierto punto, modificar el combustible potencial a través de tratamientos que modifiquen la composición y estructura de la vegetación y la carga y densidad de los combustibles. También es posible controlar las igniciones mediante acciones preventivas. La estacionalidad del clima y el estado del tiempo son factores sobre los cuáles no es posible intervenir, aunque el cambio climático global, un fenómeno antropogénico, está creando condiciones que al modificar la estacionalidad del clima y favorecer condiciones extremas del estado del tiempo, influyen en la incidencia de incendios (Flannigan *et al.* 2009).

7) A escala global se ha observado que existe una relación entre la frecuencia de incendios y gradientes de productividad determinados por la humedad disponible (Fig. 12). La

frecuencia de incendios está limitada por la cantidad y continuidad de los combustibles en ambientes áridos y semiáridos donde la productividad es baja, o por la humedad persistente de los combustibles en ambientes muy húmedos donde la productividad es alta. Es en condiciones de humedad y productividad intermedias donde la frecuencia de incendios es más alta (Murphy *et al.* 2011). La influencia del clima determina por lo tanto la existencia de tres grandes tipos de ecosistemas: (1) propensos a incendios en zonas húmedas o subhúmedas, con estación seca definida y productividad intermedia; (2) reluctantes a incendios en zonas muy húmedas donde el fuego está limitado por la humedad o en zonas semiáridas y áridas donde el fuego está limitado por la baja cantidad de biomasa, y (3) libres de incendios, donde condiciones muy áridas o muy frías impiden el desarrollo de la vegetación. La existencia de estos tres grandes tipos de ecosistemas ha sido utilizada para una clasificación global de los regímenes de incendios (Hardesty *et al.* 2005) y fue adoptada en la NOM-015-SEMARNAT-SAGARPA (2007). *Por sus características de clima subhúmedo y estacionalmente seco, los ecosistemas forestales del Bosque La Primavera son propensos a incendios* (Jardel *et al.* 2017).

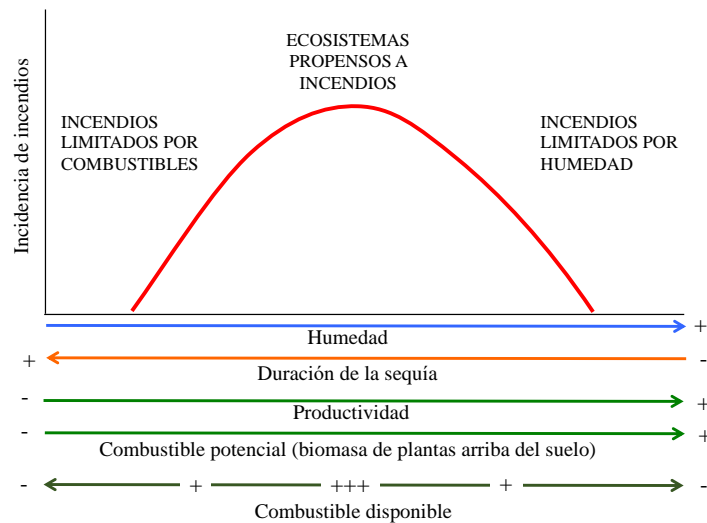


Figura 12. Hipótesis de la productividad intermedia y la incidencia de incendios (Bond y Keeley 2005, Pausas y Bradstock 2007, Bradstock 2010, Murphy *et al.* 2011, Holz *et al.* 2012). Las áreas con mayor actividad de incendios forestales se localizan en zonas con una productividad primaria neta intermedia, como las que caracterizan al Bosque La Primavera. En zonas de alta productividad, como las selvas tropicales húmedas, la propagación del fuego está limitada por la humedad persistente de los combustibles, mientras que en zonas de baja productividad, como los matorrales de zonas áridas, el fuego está limitado por la escasez de combustibles.

- 8) El factor de segundo orden que controla los regímenes de fuego es la forma del relieve, caracterizada por parámetros como el ángulo de inclinación de las pendientes, la disección vertical (variación en la altura por unidad de superficie) y la disección horizontal (la longitud de los cauces por donde fluyen las corrientes de agua por unidad de superficie). Las condiciones geomorfológicas influyen de dos maneras: (1) la redistribución de la energía y materiales (agua y nutrientes del suelo) en la superficie del paisaje, que produce gradientes de temperatura (relacionados con la exposición del terreno a la radiación solar incidente), humedad (pérdida de agua en geoformas convexas y laderas con pendientes fuertes, y acumulación de agua en geoformas cóncavas, como hondonadas y barrancas) y fertilidad a través de catenas de suelos; esto influye en la variación intrazonal (dentro de una misma zona climática) en la disponibilidad de recursos para la productividad primaria y por lo tanto en las características de la vegetación y el complejo de combustibles, y (2) favoreciendo la propagación del fuego (por ejemplo, el aumento de la intensidad del fuego conforme asciende por una pendiente) o limitándola con barreras físicas (como barrancas húmedas). *En paisajes montañosos, con una geomorfología compleja como es el caso de la Sierra de la Primavera, estas condiciones producen un mosaico heterogéneo que influye en la variación espacial del complejo de combustibles y en el comportamiento del fuego y sus efectos.*
- 9) Las características de composición, estructura física y fenología de la vegetación influyen en el tipo de combustibles presentes en el terreno, su arreglo espacial (continuidad vertical de los estratos de la vegetación y el mantillo del suelo y continuidad horizontal de la cama de combustibles), sus propiedades físicas (carga y densidad por unidad de superficie) y la variación estacional del combustible disponible (por ejemplo, la acumulación de hojarasca en el mantillo en la vegetación caducifolia o la desecación del pasto durante la temporada de sequía). Estos factores de variación en el complejo de combustibles influyen en el comportamiento del fuego y sus efectos. Además, la composición de la vegetación, formada por especies pirófilas o pirófobas, es determinante en la severidad de los incendios (magnitud de sus efectos) y la respuesta post-incendio de los procesos de regeneración natural y sucesión ecológica (Bond y van Wilgen 1996, Scott *et al.* 2014).
- 10) La vegetación no es un agente pasivo, sino que influye en los regímenes de incendios y la respuesta post-incendio de los ecosistemas (Scott *et al.* 2014). Ya que los regímenes de

incendios son un importante factor de selección natural, en los ecosistemas propensos al fuego las especies de plantas han desarrollado una variedad de adaptaciones como cortezas gruesas aislantes, regeneración por semillas que se dispersan a distancia, regeneración por rebrotes vegetativos, formación de bancos de semillas en el suelo cuya germinación responde al choque térmico o al humo, producción de frutos serotinos que se abren con el calor liberando semillas después del paso del fuego, desarrollo de tejidos subterráneos de reserva, crecimiento rápido en el intervalo de tiempo entre incendios sucesivos, etc. (Whelan 1995, Bond y van Wilgen 1996, Noble y Gitay 1996, Bond y Midgley 2001, Lloret *et al.* 2005, Pausas y Verdú 2005). Estas adaptaciones permiten a las plantas resistir, evadir o tolerar el paso del fuego, y persistir y regenerarse después de los incendios. Los árboles de los géneros *Pinus* (Agee 1998, Keeley y Zedler 1998, Rodríguez-Trejo y Fulé 2003, Keeley 2010, Noss 2018) y *Quercus* (Abrams 1992, Rodríguez-Trejo y Myers 2010), así como las gramíneas, compuestas y leguminosas dominantes en la vegetación del Bosque La Primavera, son un ejemplo de la diversidad de respuestas adaptativas a los regímenes de incendios. *Una alta proporción de las especies de plantas vasculares del Bosque La Primavera están adaptadas a regímenes de incendios frecuentes de severidad baja a mixta y la vegetación de bosques de pino y encino presenta una alta capacidad de regeneración post incendio* (Jardel-Peláez *et al.* 2017, Herrera-Palacios *et al.*, en preparación). La conservación de la diversidad florística juega un papel clave en el mantenimiento de la resiliencia y capacidad adaptativa de los ecosistemas propensos a incendios.

- 11) La fauna presenta también adaptaciones a la influencia de los regímenes de incendios, ya sea esta directa o sobre las condiciones de su hábitat (Whelan *et al.* 2002, Santana *et al.* 2009). Actualmente se reconoce que el mantenimiento o restauración de los regímenes de incendios naturales o históricos, a través del el manejo del fuego, debe ser considerado como parte de las estrategias de conservación de la biodiversidad (Kelly y Brotons, 2017; DellaSala y Hanson, 2015; Driscoll *et al.*, 2010, Gillson *et al.* 2019). El mantenimiento de un mosaico de hábitats que incluya áreas no quemadas y quemadas con distinta severidad y en diferentes tiempos, permiten el mantenimiento de la diversidad de la flora y la fauna características de ecosistemas pirófilos (propensos a incendios o mantenidos por el fuego). *No son los incendios en sí mismos, sino la alteración de los regímenes naturales o históricos*

de incendios, lo que constituye una amenaza para la conservación de la biodiversidad en ecosistemas como los del Bosque La Primavera.

- 12) El concepto de régimen de incendios ocupa un lugar central en el estudio de la ecología del fuego y es el fundamento de las prácticas de manejo del fuego que toman en consideración los patrones y procesos dinámicos de los ecosistemas forestales. Como ya se señaló antes, un régimen de incendios (RI) se caracteriza por la amplitud de la variación a través de periodos largos de tiempo (t) de cinco factores: la frecuencia (F), estacionalidad (E), intensidad (I), severidad (S) y tamaño (T) de los incendios, más su sinergia (Σ) con otros agentes de disturbio ecológico. Esto es, $RI = f(F, E, I, S, T, \Sigma) / t$.
- 13) Como guía para el manejo del fuego podemos considerar tres tipos de regímenes de incendios: histórico (RHI), potencial (RPI) y actual (RAI):

El *régimen histórico de incendios* (RHI) es el que ha sido reconstruido a través de técnicas como la datación de carbón en sedimentos o de cicatrices de fuego en los anillos de crecimiento de árboles, cubriendo periodos de tiempo de varias décadas, siglos o incluso miles de años (McKenzie 2004). Estas técnicas permiten conocer la variación de largo plazo de los incendios en el pasado y su relación con fluctuaciones climáticas y factores antropogénicos.

El *régimen potencial de incendios* (RPI) es el que puede ser inferido para una unidad del paisaje en función de sus condiciones de clima, geomorfología y vegetación actual; es el régimen esperado en función de la influencia de los factores ambientales determinantes (Jardel-Peláez *et al.* 2009, 2014; véase también Falk *et al.* 2007, Bradstock 2010). El RPI es una hipótesis acerca del régimen de incendios más probable para un área determinada en función de los factores ambientales y puede ser utilizado como una primera aproximación cuando se carece de información histórica. *En el caso de los bosques de pino y encino de zonas templadas a cálidas subhúmedas del Bosque La Primavera, su régimen potencial es de incendios frecuentes de severidad baja a mixta, de acuerdo con una caracterización a escala nacional de los RPI de ecosistemas terrestres de México (Jardel-Peláez et al. 2014).*

El *régimen actual de incendios* (RAI) es el que ha sido observado, mediante registros de incendios en campo o por medios de percepción remota, para un periodo de tiempo

reciente, del orden de varios años o un par de décadas (Jardel-Peláez *et al.* 2014). Corresponde a la condición presente del régimen de incendios.

La comparación entre el RAI y el RHI ha sido utilizada como referencia para evaluar si las condiciones presentes se desvían de la amplitud de la variación histórica y evaluar si constituyen una alteración del régimen de incendios (ver por ejemplo Fulé y Covington 1996, Gillson *et al.* 2019), y sirve como guía para la toma de decisiones con fines de restauración y manejo del fuego, basando este último en la emulación de los regímenes naturales o históricos de disturbio ecológico (Hunter 1993, North y Keeton 2008). El RPI puede ser utilizado para el mismo propósito cuando se carece de información histórica, así como para simular escenarios futuros en el contexto del cambio climático global y de las transformaciones del paisaje (Jardel-Peláez *et al.* 2014).

- 14) Los regímenes de incendios son un fenómeno en el cual intervienen interacciones entre distintos factores, circuitos de retroacción entre las variables involucradas, umbrales de cambio y respuestas adaptativas, que son características de los sistemas complejos (Puettmann *et al.* 2014). Pueden ocurrir transiciones y cambios de régimen (Scheffer 2009) y estados alternativos de los ecosistemas (Dantas *et al.* 2016) como resultado de la conducta compleja de estos sistemas. La existencia de estados alternativos de los ecosistemas es común en zonas de transición climática y paisajes donde existe un mosaico de ecosistemas pirófilos y pirófobos. Este es el caso de la alterancia de selvas tropicales y sabanas (Murphy *et al.* 2011) o de bosques de pino y bosques latifoliados (Jardel-Peláez *et al.* 2004). *Cómo consecuencia de cambios antropogénicos históricos en la vegetación, el cambio climático global y la alteración de los regímenes de incendios, en el Bosque La Primavera puede estar ocurriendo un proceso de sabanización, esto es, el remplazo de bosques de pino y encino por formaciones de pastizales con elementos arbóreos y arbustivos dispersos* (ver secciones de diagnóstico y pronóstico).

2.3.2 Combustibles forestales y potencial de incendios

Un combustible es cualquier sustancia o compuesto susceptible de encenderse y alimentar el proceso de combustión; se trata de compuestos de hidrógeno y carbono (Arnaldos *et al.* 2004), que en la naturaleza son producto de la fotosíntesis y la productividad primaria. En un bosque,

los *combustibles forestales* son la biomasa de plantas vivas o muertas y sus restos, que se encuentran distribuidos desde el suelo hasta la capa o estrato superior de la vegetación (Keane 2015).

Los combustibles son uno de los tres componentes del “triángulo del ambiente del fuego”, junto con el estado del tiempo atmosférico y la topografía (Pyne *et al.* 1996). Son el único de estos tres factores que puede manipularse, ya sea durante el combate de un incendio (mediante la construcción de guardarrayas y la aplicación de contrafuegos) o cuando se realizan actividades de prevención física de incendios, como quemas prescritas (Agee y Skinner 2005).

La caracterización, cuantificación y clasificación de los combustibles forestales es un aspecto básico del conocimiento necesario para estudiar la ecología del fuego y planificar el manejo del fuego (Morfín-Ríos *et al.* 2012). Se han desarrollado herramientas para simular el comportamiento probable del fuego en incendios forestales a través de “modelos de combustibles” que predicen el comportamiento del fuego en incendios superficiales (Rothermel 1972, Albini 1976, Anderson 1982, Scott y Burgan 2005), así como programas de computo para la simulación del comportamiento del fuego (Burgan y Rothermel 1984, Heinsch y Andrews 2010). Para México se ha elaborado una caracterización general de tipos de combustible para la aplicación de modelos de comportamiento del fuego (Jardel-Peláez *et al.* 2018).

Un concepto central en la caracterización y clasificación de los combustibles forestales, es el de *cama de combustibles* (Sandberg *et al.* 2001, Riccardi *et al.* 2007), que se refiere a “una unidad del paisaje relativamente homogénea que representa un ambiente de combustión que determina el comportamiento y los efectos potenciales del fuego” (Fig. 13).

Las propiedades físicas y el arreglo espacial de los combustibles forestales en el terreno determinan el comportamiento potencial de los incendios forestales y sus efectos, tales como el cambio post-incendio en la estructura de la vegetación o el consumo de combustibles y la generación de emisiones de humo y gases (cómo el CO₂). A partir de la caracterización de la estructura de la vegetación y las propiedades físicas de los combustibles, es posible determinar el *potencial de incendios* y compararlo entre distintas camas de combustible, bajo condiciones de referencia determinadas de humedad de los combustibles, pendiente del terreno y velocidad del viento (Ottmar *et al.* 2007).

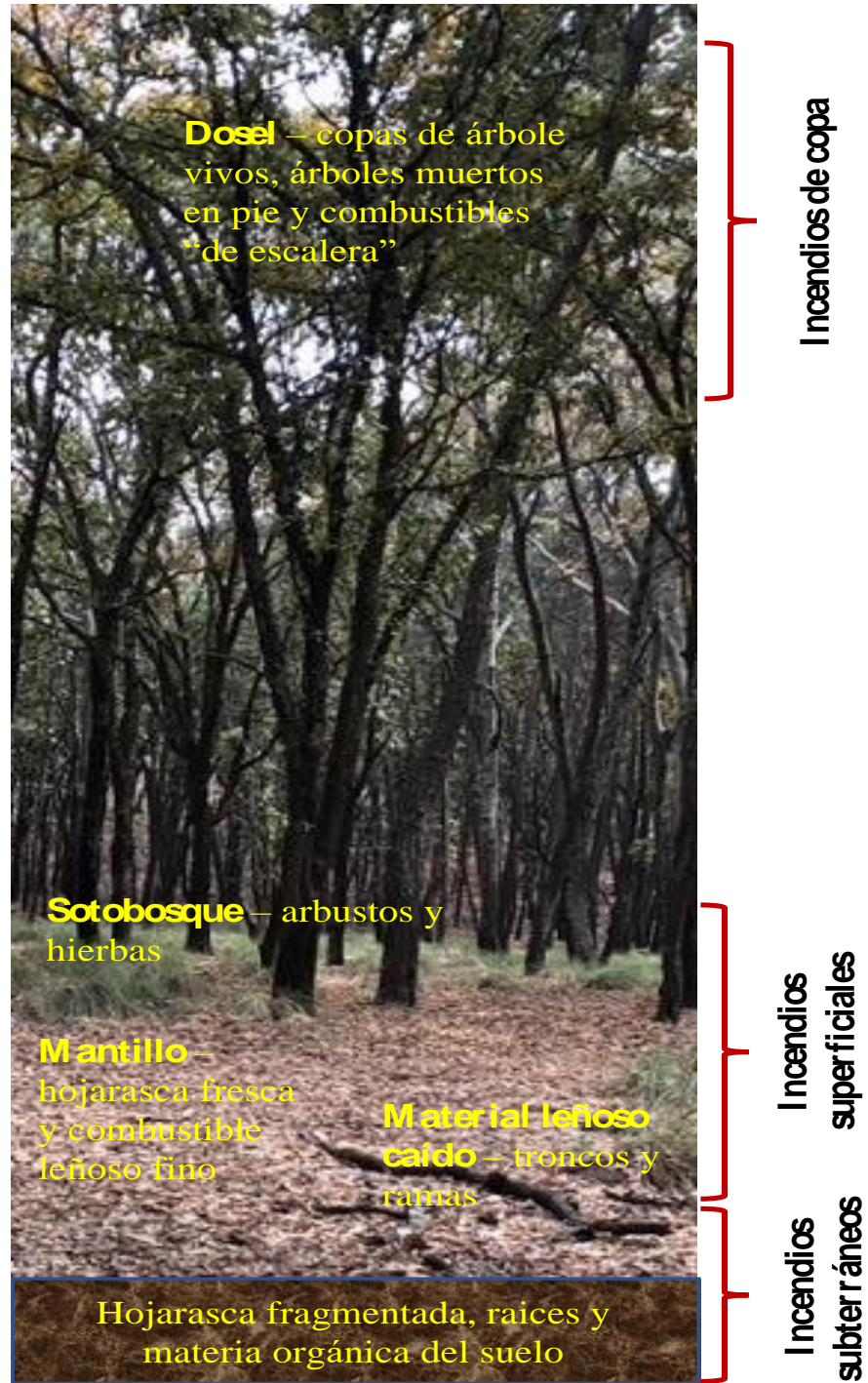


Figura 13. Estratos y componentes de una cama de combustibles en un bosque (basado en Sandberg *et al.* (2001) y Riccardi *et al.* (2007)). El potencial para la propagación del fuego en los distintos estratos, depende de la configuración de las camas de combustibles.

El potencial de incendios de una cama de combustibles consiste en su capacidad para sostener la propagación de un incendio, superficial o de copa, y de proveer combustibles para alimentar

las diferentes fases de la combustión, bajo condiciones de referencia especificadas (Ottmar *et al.* 2007, Riccardi *et al.* 2007). La figura 14 muestra un esquema de los componentes del potencial de incendios, de acuerdo con el Sistema de Clasificación de Características de Combustibles (FCCS por sus siglas en inglés; véase Riccardi *et al.* 2007), y un ejemplo de clasificación del potencial de incendios para una cama de combustibles del Bosque La Primavera.



Figura 14. Esquema de la caracterización y clasificación de las camas de combustibles de acuerdo con el FCCS (basado en Ottmar *et al.* 2007). A partir de las características de una cama de combustibles es posible estimar su potencial de incendios que se divide en los potenciales de comportamiento superficial, propagación de copa y consumo de combustibles. A cada potencial se le asigna un valor de 0 (nulo) y 1 (muy bajo) a 9 (muy alto). Abajo se muestra un ejemplo de una cama de combustibles de bosque de encino-pino en el Bosque La Primavera.

La caracterización de las camas de combustibles es un elemento básico para evaluar el *peligro de incendios*, esto es, el probable comportamiento del fuego y sus efectos y su posible resistencia a las acciones de control y sus implicaciones para la seguridad de los combatientes.

El manejo de combustibles es un componente central de la prevención física de incendios en el manejo del fuego (Chandler *et al.* 1983, Pyne *et al.* 1996).

2.3.3 *Los incendios forestales como fenómeno socioecológico*

El fuego es un fenómeno físico, el comportamiento del fuego está sujeto a la influencia de factores ambientales y los regímenes de incendios son parte de procesos ecológicos que han ocurrido durante millones de años, pero el fenómeno de los incendios forestales en la época actual debe considerarse desde una perspectiva socioecológica, especialmente en el contexto del manejo del fuego (Jardel-Peláez 2020).

Desde que las especies del género *Homo* comenzaron a controlar el uso del fuego, lo cual ocurrió en un periodo que se remonta a 600,000-800,000 años antes del presente (Goren-Imbar *et al.* 2004, Burton 2009, Wrangham 2009), “los humanos han tenido una profunda influencia en la actividad global de los incendios al encender y controlar el fuego, modificar la inflamabilidad de los paisajes y, más recientemente, cambiar el clima a través de la quema de combustibles fósiles” (Bowman *et al.* 2013).

El uso del fuego como fuente de energía para cocinar alimentos, calefacción e iluminación jugó un papel importante en la evolución humana (Burton 2009, Wrangham 2009); ha sido una de las formas más antiguas de manejo del territorio y los recursos naturales (Pyne 1995) y las prácticas tradicionales de manejo del fuego usadas por pueblos indígenas y campesinos (Fowler y Welch 2018) se han incorporado en el manejo del fuego contemporáneo en algunos casos (Gillson *et al.* 2019).

En la historia de la evolución cultural el uso del fuego ha seguido una trayectoria común en distintas partes del mundo (Pyne 1995, Bowmann *et al.* 2013, Gillson *et al.* 2019): (1) el uso del fuego para inducir la productividad de plantas silvestres usadas como recursos, facilitar la cacería, eliminar organismos parásitos (mosquitos, garrapatas) y proveer protección contra los mismos incendios; (2) desmontar terrenos para la agricultura, crear condiciones que mejoran la productividad de los cultivos (liberación de nutrientes en las cenizas, aporte al suelo de carbón y materia orgánica de la combustión parcial, control de plantas competidoras y plagas),

favorecer el rebrote de plantas forrajeras en áreas de pastoreo o crear condiciones para la regeneración natural o plantación de especies de interés forestal; (3) la supresión deliberada de los incendios para la protección de recursos forestales y la protección civil – como resultado de un cambio cultural caracterizado por un enfoque de control humano de las fuerzas de la naturaleza y una percepción negativa de los incendios – y (4) la adopción de un enfoque de manejo del fuego – un cambio en proceso – a partir del reconocimiento del papel ecológico de los incendios en el funcionamiento de los ecosistemas forestales y la conservación de la biodiversidad.

En la mayor parte de los ecosistemas terrestres los regímenes históricos de incendios han estado influidos en mayor o menor grado por las actividades humanas. Esta influencia no ha sido necesariamente negativa y ha formado parte del proceso de configuración de paisajes cuyo valor para la conservación se reconoce actualmente. En países como Estados Unidos, Canadá, Australia o Sudáfrica se ha propuesto que la conservación de la biodiversidad de áreas relevantes para la conservación depende de restaurar regímenes históricos de incendios que fueron – o que aún lo son – resultado del manejo del paisaje por la población indígena, antes de la conquista o la invasión colonial (Fowler y Welch 2018, Gillson *et al.* 2019).

Ahora bien, en la actualidad es importante reconocer que existe un proceso de alteración de los regímenes de incendios por actividades humanas, que no se reducen al aumento de igniciones o quemas, sino también a las transformaciones del complejo de combustibles que modifica el potencial de incendios a escala del paisaje y a la alteración del clima a escala global, como lo señalan Bowman *et al.* (2013).

2.3.4 La alteración de los regímenes de incendios: el problema central del manejo del fuego

Los regímenes naturales o históricos de incendios han sido alterados por factores antropogénicos que operan a escala global, regional o local. Como consecuencia, se presentan cambios en la composición, estructura y estado de salud de los ecosistemas forestales y aumenta la vulnerabilidad de estos a incendios más intensos, de mayor severidad y que son más peligrosos y difíciles de controlar. Los principales factores de alteración de los regímenes de incendios en el mundo son:

- a) Los efectos del cambio climático global. Como se ha señalado, el clima es el factor de primer orden que controla los regímenes de incendios. Como consecuencia del cambio climático, se ha registrado una mayor duración de la estación de incendios, eventos meteorológicos extremos – desde huracanes y tormentas a sequías y ondas de calor – que modifican las características de las camas de combustibles y su potencial de incendios, así como la disponibilidad de combustible, y condiciones del estado del tiempo atmosférico que favorecen la propagación de incendios más intensos de lo normal (Westerling *et al.* 2006, Flannigan *et al.* 2009, Krawchuk *et al.* 2009, Holz *et al.* 2012, Moritz *et al.* 2012, Gergis 2018).
- b) La transformación del paisaje a escala regional, fragmentando la superficie forestal, aumentando las condiciones de borde de las áreas forestales (mayor perímetro en proporción con la superficie) y su contacto con terrenos agrícolas y zonas urbanizadas donde existen múltiples fuentes de ignición, así como modificando las condiciones microclimáticas y la disponibilidad de combustible en los bordes (Holz *et al.* 2012, Badia *et al.* 2019, Gillson *et al.* 2019, Palaiologou *et al.* 2019).
- c) La modificación del complejo de combustibles a escala regional o local debido a la explotación de los recursos forestales o intervenciones de manejo. La explotación maderera sin manejo técnico adecuado aumenta la acumulación de residuos de corta combustibles; las plantaciones forestales monoespecíficas crean camas de combustible uniformes que favorecen la propagación de incendios, y los intentos de eliminación del fuego a través de su prevención y combate en ecosistemas propensos a incendiarse aumentan la acumulación de los combustibles y por lo tanto el peligro de incendios – a lo cual se le ha llamado “la paradoja de la supresión” (Brown y Arno 1991).

En la actualidad están ocurriendo con mayor frecuencia incendios de grandes proporciones, que queman superficies extensas (mayores a 100,000 ha), que han sido denominados “megaincendios” y cuya incidencia esta asociada a los tres conjuntos de factores antes señalados. El Bosque La Primavera es particularmente vulnerable a la combinación de los efectos del cambio climático global, la transformación del paisaje en la matriz circundante y el contacto de sus bordes con áreas agrícolas y urbanas – la llamada interfaz urbano-forestal (Badia *et al.* 2019) – y la modificación del complejo de combustibles por la historia de uso de la tierra

y los recursos forestales y los efectos de la supresión del fuego (ver secciones de diagnóstico y pronóstico).

La alteración de los regímenes naturales o históricos de incendios y no la incidencia de incendios en si misma, es el problema central que se pretende resolver a través de la adopción de una estrategia de manejo del fuego.

2.3.5 *El concepto de manejo del fuego*

El manejo del fuego consiste en el conjunto planificado y organizado de acciones dirigidas al mantenimiento o restauración de los regímenes de incendios forestales con el propósito de conservar la biodiversidad y las funciones de los ecosistemas de las que depende la generación de servicios ambientales, proteger a poblaciones humanas, recursos naturales y valores del patrimonio natural y cultural, y utilizar adecuadamente el fuego como una herramienta en el manejo de los recursos naturales y la agricultura. Constituye un componente de la gestión del territorio y el manejo de ecosistemas (Pyne *et al.* 1996, Plana 2004, Jardel-Peláez 2010, Jardel-Peláez *et al.* 2010).

En las condiciones actuales del Antropoceno (Gillson *et al.* 2019), el manejo del fuego forma parte del proceso de adaptación al cambio climático y a las transformaciones antropogénicas del paisaje (Bowman *et al.* 2013); es también un componente de la mitigación de emisiones de CO₂ y otros gases con efecto de invernadero (Hurteau y North 2009, Hurteau y Brooks 2011).

El manejo del fuego implica no sólo intervenciones de carácter técnico como los tratamientos de combustibles para la prevención física, el combate y supresión del fuego o la restauración de áreas incendiadas, sino también intervenciones institucionales como la formación de organizaciones y el establecimiento de leyes o normas, e intervenciones comunicativas tales como el intercambio de ideas, conocimientos y experiencias, la divulgación y la educación para el manejo del fuego (Jardel-Peláez 2010, Jardel-Peláez *et al.* 2010).

La planificación del manejo del fuego requiere de una base de conocimiento y entendimiento del fenómeno de los incendios forestales desde una perspectiva socioecológica (Bowman *et al.* 2011, Jardel-Peláez 2020).

Debido a la complejidad de los factores sociales y ecológicos involucrados en el manejo del fuego y a las limitaciones del conocimiento actual sobre la socioecología del fuego en unidades

de gestión específicas como el BLP, es necesario adoptar un enfoque de manejo adaptativo, que consiste en un proceso cíclico de planificación con base en el mejor conocimiento disponible, el diseño de las prescripciones de manejo como experimentos que son monitoreados y evaluados, y el ajuste y adaptación de lo planeado conforme se va adquiriendo nuevo conocimiento y experiencia (Walters y Holling 1980, Christensen *et al.* 1996, Jardel-Peláez *et al.* 2008, Gillson *et al.* 2019).

3 Caracterización del Bosque La Primavera

En esta sección se presenta una síntesis descriptiva de las características físico-geográficas, bióticas, ecológicas y sociales del BLP, basada en la información disponible sobre el área de estudio y centrada en los factores relevantes para la planificación del manejo del fuego. La caracterización del área se centró en los factores climáticos, geomorfológicos y de vegetación que determinan la variación espacial de los regímenes de incendios; estos factores fueron integrados en una clasificación de unidades del paisaje. Se identifican los valores naturales y culturales de interés para la conservación y se describen algunos de los factores sociales y demográficos que influyen en el manejo del área y en las causas de incendios. Las lagunas de información identificadas, que requieren de estudios más profundos, se incluyen en el componente de investigación de este programa como actividades por realizar para mejorar la base de conocimiento para el manejo del BLP. Esta caracterización es una síntesis de la información relevante para entender el contexto del lugar donde deberá aplicarse este programa de manejo del fuego; se omitió profundizar en los detalles descriptivos que pueden consultarse en los estudios referidos en la literatura citada. La serie de mapas que se presentan en las figuras, están integrados en un Sistema de Información Geográfica (SIG), que se incluye como anexo de este programa de manejo del fuego (Anexo Cartográfico).

3.1 Localización y límites

3.1.1 Localización y límites

El BLP se encuentra al poniente de la ciudad de Guadalajara, en el territorio de tres municipios del Estado de Jalisco, que en orden de la superficie cubierta por el área protegida son Zapopan (54%), Tala (35%) y Tlajomulco de Zúñiga (11%) (Fig. 15). Las coordenadas extremas del cuadrángulo que comprende al área de estudio son: 20° 32' 21" – 20° 44' 10" de latitud norte y 103° 42' 23" – 103° 26' 36" de longitud oeste⁶. Este cuadrángulo comprende una superficie de 60,195.6 ha, de las cuales 30,636.8 ha corresponden al polígono decretado del área protegida y 29,558.8 ha a su área adyacente.

⁶ Las coordenadas correspondientes en proyección UTM (zona 13N, datum WGS84) son: 2,271,690-2,293,500 km en el eje Y; 634700-662300 en el eje X.

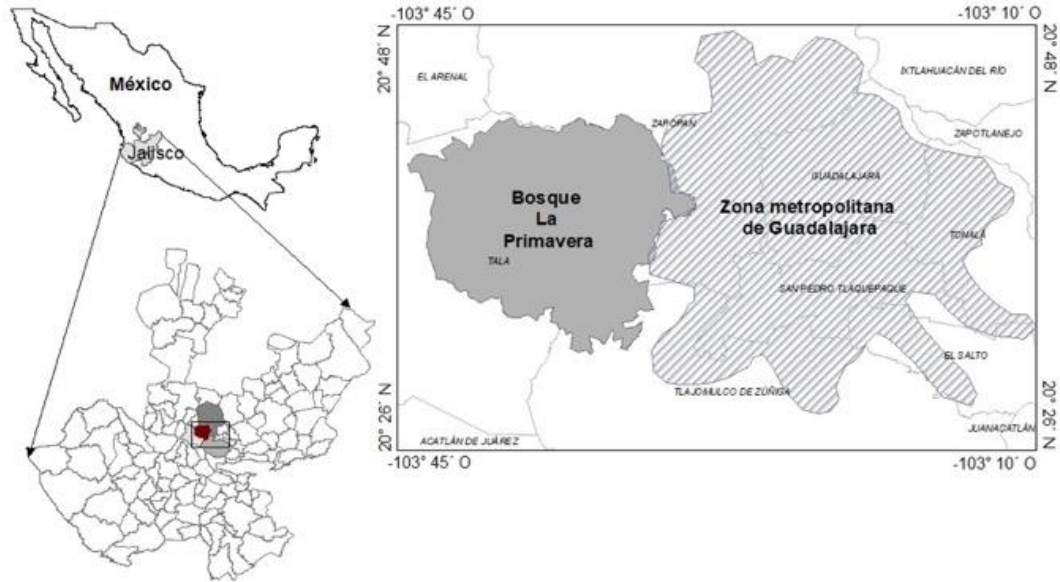


Figura 15. Localización geográfica y límites del Bosque La Primavera.

3.1 Condiciones físico-geográficas y bióticas

3.1.1 Rasgos fisiográficos y topografía

El área protegida está establecida en una unidad fisiográfica de origen volcánico denominada Sierra de la Primavera (González-Torreros *et al.* 2018). Es una elevación montañosa que se encuentra entre los valles de Atemajac al este – ocupado en su mayor parte por la mancha urbana de Guadalajara – y el valle de Ameca al oeste. Por el noroeste se encuentran terrenos de llanuras en medio de las cuales se eleva el volcán de Tequila, al norte un complejo de lomeríos y montañas bajas que se extienden hasta las estribaciones de la Sierra Madre Occidental y al noreste se encuentra el valle de Tesistán. Hacia el sur los terrenos son también predominantemente llanos, con algunas elevaciones y se conectan a la cuenca de las lagunas de San Marcos y Zacoalco. La figura 16 muestra el paisaje circundante al área de estudio.

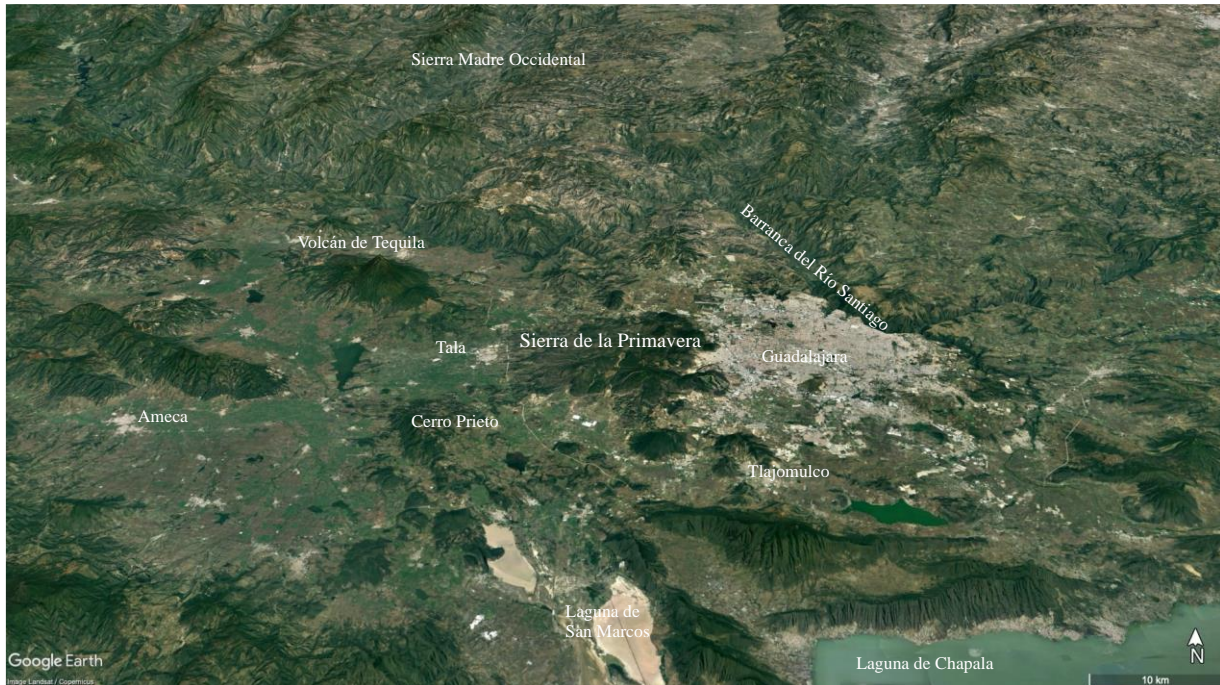


Figura 16. La Sierra de la Primavera y su región circundante.

La Sierra de la Primavera forma parte de la provincia morfotectónica de la Faja Volcánica Transmexicana (Ferrusquía-Villafranca 1993), muy cerca de su límite noroeste con la Sierra Madre Occidental (Maciel-Flores 2006). En términos morfotectónicos, en la región convergen tres rifts o fosas tectónicas alargadas: el de Tepic-Zacoalco que se extiende en dirección al noroeste, el de Colima orientado hacia el sur y el de Chapala al este, que forman los límites entre los bloques tectónicos de Jalisco (al suroeste) y Michoacán (al este) y la Sierra Madre Occidental al norte (Stock 1999). La formación de estos rifts es producto de la tensión generada por el movimiento lateral de las placas tectónicas (Frostic 2004), en este caso las de Norteamérica, Rivera, Cocos y Pacífico que entran en contacto en la porción occidente de México (Fig. 17). La actividad sísmica y volcánica que han caracterizado la historia geológica de la región es resultado de las interacciones entre las placas tectónicas.

La formación del relieve o configuración de la superficie terrestre es resultado de la interacción entre procesos tectónicos, volcánicos y erosivos (Valadas 2004), que en la Sierra de la Primavera y su región circundante se manifiestan de manera compleja. La deformación de la corteza terrestre por la interacción entre las placas tectónicas produjo la formación de cadenas montañosas como las Sierras Madre Occidental y del Sur y el basamento de la Faja Volcánica

Transmexicana (Ferrusquía-Villafranca 1993) y de los rifts de Tepic-Zacoalco, Colima y Chapala (Stock 1999, Frostic 2004). La actividad extrusiva del Plioceno y Pleistoceno generó la formación de volcanes y calderas como Tequila y La Primavera y en nuestros días siguen manifestándose en volcanes activos como El Ceboruco y Sangaguey (Nayarit) o el Volcán de Fuego (límites de Jalisco y Colima), así como en la producción de aguas termales, suelos calientes y fumarolas dentro de la Sierra de La Primavera (Stock 1999, Frostic 2004, Maciel-Flores *et al.* 2011, Torreros *et al.* 2018). Los procesos erosivos subsecuentes han continuado tallando el relieve y son particularmente activos en las formaciones geológicas más recientes como las de la Sierra de la Primavera.



Figura 17. La Sierra de la Primavera (SLP), se localiza en medio de una región tectónicamente activa, donde convergen los rifts de Tepic-Zacoalco, Chapala y Colima.

La historia geológica, la configuración geomorfológica y la diversidad de las formaciones rocosas de la Sierra de la Primavera han sido tratadas ampliamente en los capítulos del libro de González-Torreros *et al.* (2018) y en otros trabajos (Maciel-Flores y Rosas-Elguera 1992, Maciel-Flores *et al.* 2011, Dye 2012), con base en los cuales podemos hacer una regionalización descriptiva de la compleja fisiografía del BLP, dividiéndola en áreas con características fisiográficas comunes, que servirá de referencia en otras partes del presente estudio (Fig. 18).

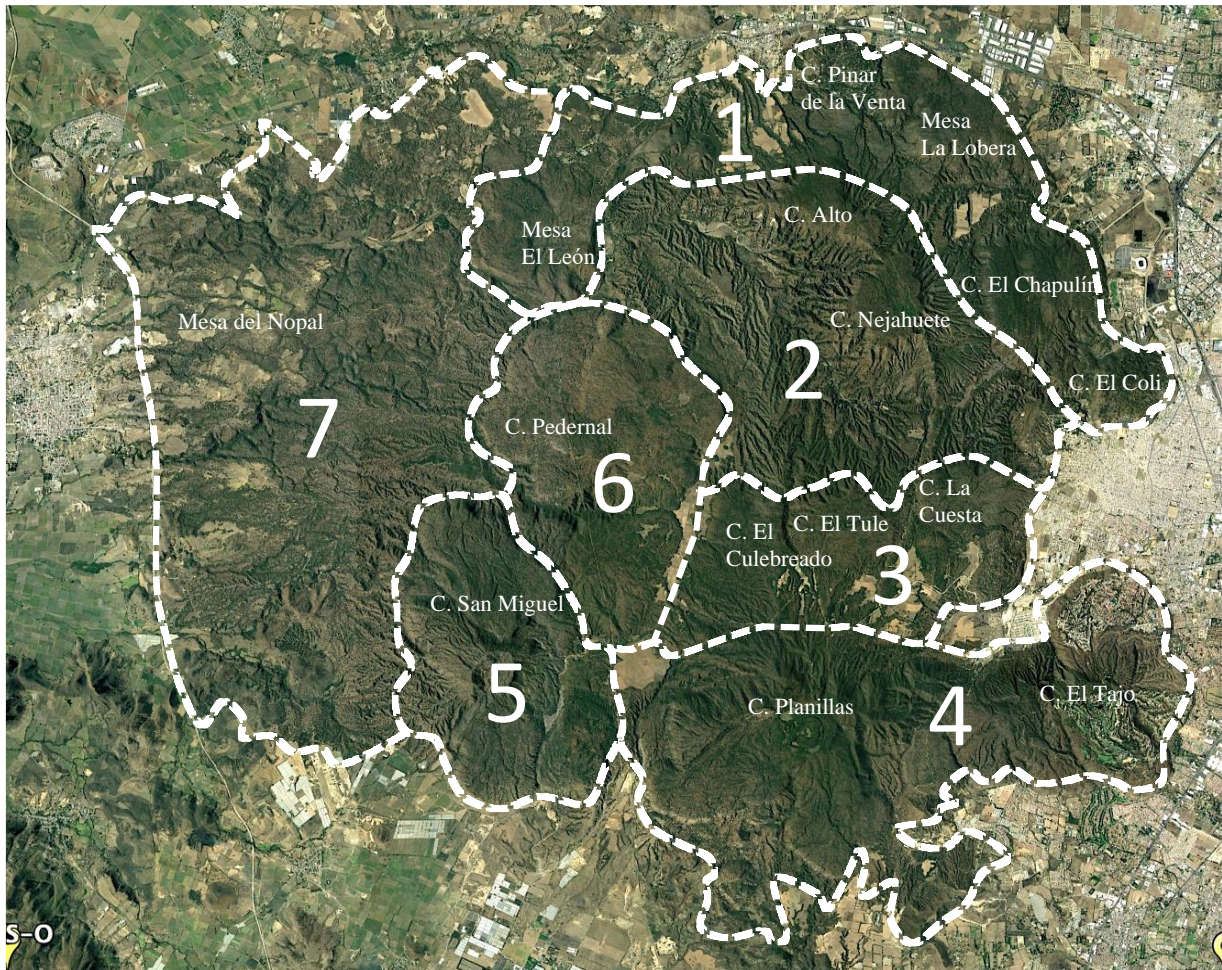


Figura 18. Regionalización fisiográfica descriptiva de la Sierra de la Primavera, sobre una imagen de satélite reciente (2019) de Google Earth. Se muestran las principales elevaciones y la toponimia del área (basado en González-Torres *et al.* 2018). Las regiones son: (1) noreste-domos o elevaciones del anillo caldérico antiguo; (2) subcuenca alta del río Salado y domos postcaldéricos (cerros Alto y Nejahuete); (3) domos del anillo caldérico joven (cerros El Culebreado, El Tule y La Cuesta); (4) sureste-cerros de Planillas a El Tajo (porción oriental del arco sur); (5) Cerro de San Miguel (porción occidental del arco sur); (6) central-Cerro Pedernal; (7) oeste - declive de Tala.

Las áreas en que puede subdividirse a la Sierra de la Primavera tienen características fisiográficas derivadas de su origen geológico y están relacionadas con atributos geomorfológicos. El área 1 forma el límite noreste del BLP y corresponde a la cadena de domos que se extiende desde la Mesa El León al oeste al Cerro Pinar de la Venta y Mesa La Lobera y Cerro El Chapulín al este, con una altitud entre 1900 y 2011 m; estas elevaciones forman parte del anillo caldérico antiguo, constituido por rocas de textura porfírica e incluye también al Cerro de El Coli, la elevación de origen geológico más reciente formada por riolitas (Valdivia-Ornelas

2018). El área 2 corresponde al centro de la antigua caldera volcánica, que ahora forma la parte alta de la cuenca del río Salado, con un sustrato de pómez, riolita y sedimentos aluviales, e incluye las elevaciones postcaldéricas porfiríticas de los cerros Nejahuete (2019 m) y Alto (1960 m). El área 3 está formada por los cerros El Culebreado, El Tule y La Cuesta que son parte del anillo caldérico joven (Valdivia-Ornelas 2018). Las áreas 4 y 5 son las elevaciones del arco joven divididas por el arroyo La Villita en dos partes: al este el Cerro de Planillas que es el más alto (2270 m) de la Sierra de la Primavera y el resto del arco hasta el Cerro de El Tajo (que se encuentra fuera del área protegida), y al oeste el Cerro de San Miguel (2189 m). El área 6 corresponde al Cerro Pedernal (1700-1900 m) y ocupa el centro del BLP. El área 7 está formada por el complejo de lomeríos, colinas y barrancas que forman un declive que desciende a las llanuras onduladas de Tala; es el área con menor altitud (1400-1600 m).

El relieve de la Sierra de la Primavera se caracteriza por un complejo de domos o cerros y mesas con cimas redondeadas, lomeríos y barrancas. Hacia el declive de Tala la inclinación de la pendiente disminuye y el paisaje se caracteriza por colinas y llanuras onduladas en las partes más bajas (Fig. 19). Dentro de los límites del BLP, predominan pendientes moderadas a fuertes (inclinación de 10-30%, aproximadamente 5-16°) en el 41 % de la superficie; en las laderas de montaña las pendientes son abruptas (30-60%, ~16-30°) pero sólo el 3% del área presenta pendientes mayores a 60% (~30-45° o más) en laderas escarpadas de los cerros y barrancas; en el 15% del área la pendiente es de moderada a suave (5-10%, ~3-6°) y 20% son terrenos llanos (pendientes <2%, menos de 3° de inclinación) (Tabla 1).

Tabla 1. Superficie por clase de inclinación de la pendiente (IP) en porcentaje en el Bosque La Primavera.

IP(%)	Superficie	
	ha	%
<2	6,101.6	20
2-5	1,178.2	4
5-10	4,612.1	15
10-30	12,503.6	41
30-60	5,281.4	17
>60	959.9	3
Total	30,636.8	100

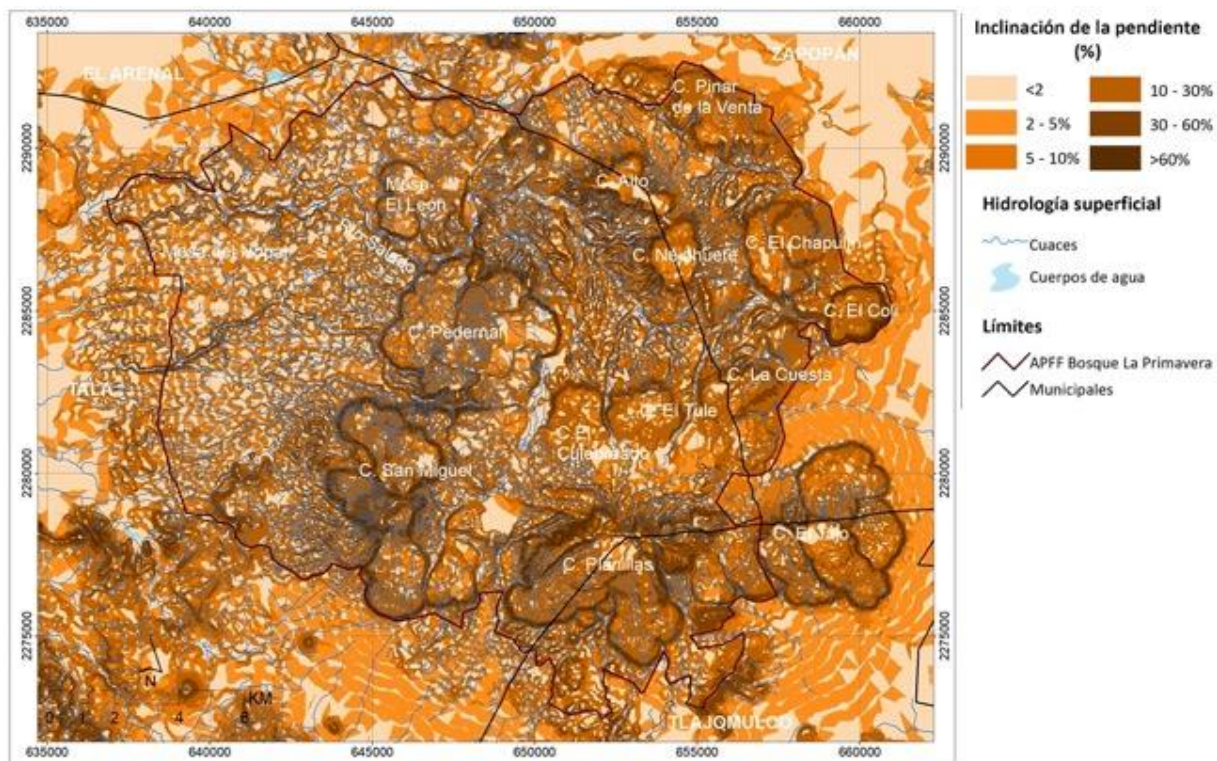


Figura 19. Topografía del Bosque La Primavera y su área circundante. Se muestran las clases de porcentaje de inclinación de la pendiente y la red hidrológica superficial.

3.1.2 Hidrología superficial

La compleja red hidrológica superficial de la Sierra de la Primavera (Fig. 19) está formada principalmente por cauces intermitentes (que llevan agua sólo durante eventos de precipitación) o estacionales (con escurrimiento durante la temporada lluviosa), pero existen también unas 20 corrientes permanentes como la del río Salado o Caliente y los arroyos Zarco, Las Tortugas, Las Ánimas, Ahuisculco, La Villa y Agua Caliente (Villavicencio *et al.*, 2007). Las subcuencas en el área del declive de Tala (arroyos Zarco, Las Tortugas, Las Ánimas, Cerrito Colorado, El Taray, Las Presitas y La Mesa) y el río Salado, ocupan la mayor parte de la superficie del BLP y vierten sus aguas a la cuenca del Río Ameca (región hidrológica, RH 14), mientras que los arroyos de las partes norte (La Cuartilla), este (Arena, Boca de la Arena, Grande o Seco, Ixtahuatonte, El Huiluste) y sureste (Arroyo Colorado, Agua Caliente y La Villita) forman parte de la cuenca del Río Lerma-Santiago (RH 12). El río Salado es el más largo y caudaloso del área; nace en lo que fue el fondo de la caldera volcánica (área 2 en la Fig. 18) para luego

atravesar el declive de Tala (área 7) y está alimentado por manantiales de aguas termales, que afloran con temperaturas de 70-80 °C.

La captación de agua en el BLP es considerada de vital importancia para los centros de población circundantes, el riego agrícola y las agroindustrias azucareras de Tala, Ameca y Bella Vista. Al interior del área protegida existen 35 manantiales y 64 norias, en su mayoría de agua caliente y al exterior existen alrededor de 1,158 pozos, 57 manantiales y 452 norias (CONANP, 2000; Santiago *et al.*, 2006; Villavicencio *et al.* 2007).

3.1.3 Geología

La geología del área de estudio ha sido ampliamente descrita en los capítulos del libro editado por González-Torreros *et al.* (2018), con base en el cual aquí solamente se presentan los aspectos más generales. La Sierra de la Primavera se originó durante la actividad volcánica del Pleistoceno y su evolución geológica abarca un periodo de 144,000 años antes del presente (Valdivia-Ornelas 2018). Los terrenos más antiguos corresponden a domos precaldéricos como la Mesa El León en el norte-centro del área de estudios y existen también afloramientos de andesita basáltica al sureste (Cerro de la Cuchilla) y basalto al suroeste.

La caldera de La Primavera se formó con una erupción explosiva hace aproximadamente 95 ± 10 mil años (ka) antes del presente (Valdivia Ornelas 2018); se estima que unos 40 km^3 de material fueron expulsados por la erupción, cubriendo unos 700 km^2 en la región circundante con el material arenoso conocido con la palabra náhuatl de *xal*, que es la raíz etimológica del nombre de Jalisco. En la caldera se formó un lago y se depositaron sedimentos lacustres; posteriormente ocurrieron procesos de resurgencia de la cámara magmática y la formación de domos volcánicos en medio de la caldera (los cerros Najehuete, Alto y Chato) y se produjeron grandes bloques de pómez que son una de los elementos de mayor interés geológico del área (Dye 2012). La caldera quedó rodeada por el anillo de domos caldéricos relativamente más antiguos al norte (95 ka), como son los cerros de Pinar de la Venta y El Chapulín y la Mesa de la Lobera, y más jóvenes al sur como los cerros de El Tule, La Cuesta y Las Pilas (95-80 ka) y el cerro Pedernal (75-70 ka). Posteriormente, entre 60-30 ka antes del presente se formó el arco sur con las elevaciones de los cerros de San Miguel, Planillas y El Tajo. El domo más reciente, el Cerro El Coli, se formó hace 29 ka (Valdivia-Ornelas 2018).

En la parte oeste de la Primavera (el área 7 en la Fig. 18), el sustrato geológico está formado por la toba de Tala, una de las formaciones de especial interés del área de estudio (Dye 2012). La compleja historia geológica de la Sierra de la Primavera generó sus características geomorfológicas poco comunes y heterogéneas y la notable diversidad del sustrato geológico, compuesto en orden de la superficie que cubren los tipos de roca por tobas (46%), pómez (34%), riolita (10%), obsidiana (8%) y andesita basáltica (2%) (CONANP 2000, Dye, 2012). En el área siguen ocurriendo procesos tectónicos y geomorfológicos de formación del relieve y manifestaciones de actividad hidrotermal como fumarolas, manantiales de agua caliente y suelos calientes (Maciel-Flores 2006, Arias 2010). Esta diversidad del relieve y la litología, junto con la posibilidad de observar en el área distintas manifestaciones de procesos geológicos, representan uno de los valores más interesantes del área protegida y han fundamentado la propuesta de considerar al BLP como un sitio de geopatrimonio o parque geológico (González-Torres *et al.* 2018).

En la sección 3.1.1. se ha hecho referencia a los procesos tectónicos involucrados en la formación del relieve de la Sierra de la Primavera y la región circundante. Las condiciones morfotectónicas de la región son particularmente complejas, con la convergencia de los rifts de Tepic-Zacoalco, Chapala y Colima y el origen geológico de la Sierra de la Primavera es resultado de la interacción de las placas tectónicas y la actividad volcánica y sísmica asociada a esta (Stock 1999, Quintero-Legorreta 2002).

El conocimiento de los procesos geológicos y morfotectónicos es relevante para entender ciertos aspectos particulares de la ecología de la Sierra de la Primavera. En primer lugar, resalta el hecho de que esta sierra se encuentra en medio de la transición entre provincias morfotectónicas, lo cual influye en fenómenos de transición biogeográfica; aunque la fitogeografía del BLP es un tema de estudio pendiente, dichas condiciones de transición pueden explicar en parte la riqueza florística del área. En segundo lugar, las características del sustrato geológico, formado principalmente por rocas extrusivas ácidas, la formación reciente en términos geológicos del área y su morfogénesis aún activa, determinan las propiedades de los suelos, predominantemente someros, ácidos y fácilmente erosionables (ver sección 3.1.4), lo que a su vez influye en las características de la vegetación. Por ejemplo, en condiciones cálidas o semicálidas subhúmedas como las que predominan en gran parte del área de estudio, donde por las condiciones climáticas podría establecerse la selva baja o bosque tropical caducifolio, la

vegetación arbórea está dominada por los géneros *Quercus* y *Pinus*. Ambos géneros están adaptados a suelos pobres en nutrientes y ácidos (Richardson 1988, Johnson *et al.* 2002), lo cual les confiere ventajas adaptativas en las condiciones edáficas del área de estudio. Tercero, la Sierra de la Primavera forma una elevación en medio de terrenos llanos que la separan de las cadenas montañosas vecinas y le confieren características de una isla biogeográfica, factor que ha sido reforzado por la historia del uso del suelo y la transformación del paisaje circundante.

3.1.4 Unidades geomorfológicas y suelos

En la superficie terrestre ocurren procesos geomorfológicos que son particularmente activos en terrenos montañosos de formación reciente en términos del tiempo geológico (Valadas 2004), como es el caso de la Sierra de la Primavera. La interacción entre la actividad tectónica, extrusiva y erosiva ha moldeado la compleja configuración del paisaje del área de estudio, en la que en términos generales podemos diferenciar geoformas convexas erosivo-denudativas, donde ocurren procesos de pérdida de materiales como resultado de la erosión, como es el caso de los domos, cerros y laderas de montaña, y geoformas cóncavas erosivo-acumulativas donde ocurren procesos de sedimentación (laderas bajas, hondonadas y valles).

La formación del relieve es resultado del balance entre procesos de pérdida y acumulación de materiales y fenómenos de morfogénesis (formación del relieve) y pedogénesis (formación de suelos). En cimas y laderas altas el balance es negativo y la erosión produce un rejuvenecimiento continuo del suelo en el cual hay una pobre diferenciación de horizontes, mientras que en las geoformas cóncavas se acumulan materiales. En medios inestables, como es el caso de las cimas y laderas de montaña la morfogénesis predomina sobre la pedogénesis (Tricart 1965, Valadas 2004).

En la Sierra de la Primavera, las características del material parental y el balance entre morfogénesis y pedogénesis, implican el predominio de suelos someros, ácidos y de baja fertilidad. De acuerdo con el Programa de Manejo del área protegida (CONANP 2000) las unidades de suelo predominantes son Regosol y Leptosol, que cubren respectivamente 92 y 8 % de la superficie; se señala también que el 80% de los suelos presenta valores de contenido de materia orgánica menor a 2%, lo cual los hace diferentes de en otros suelos forestales (CONANP 2000, Maciel-Flores 2006, Huerta e Ibarra 2014). Sin embargo, en el área no existe un mapa edafológico actualizado a una escala apropiada; pueden encontrarse también otros tipos

de suelos, como Feozem o Luvisol, asociados a hondonadas y llanuras, así como distintos tipos de Fluvisol en los cauces y márgenes de arroyos.

La Sierra de la Primavera es un geosistema geomorfológicamente activo que evoluciona por la interacción de factores físicos, bióticos y antrópicos (Valadas 2004). Los procesos erosivos son parte de la naturaleza de este sistema, joven en términos geológicos; dichos procesos pueden ser moderados por la cubierta vegetal, alterados por la influencia de factores que modifican la vegetación (como el desmonte, la tala, el sobrepastoreo o los incendios) o modificados por factores como la construcción y el uso de caminos, que en el área de estudio es la principal causa de alteración del flujo hidrológico, erosión e inestabilidad de laderas.

Para caracterizar el relieve de la Sierra de la Primavera, se elaboró un mapa de unidades geomorfológicas utilizando la cruce de mapas de disección vertical (altura relativa del terreno en metros por kilómetro cuadrado), disección horizontal (longitud de cauces en kilómetros por kilómetro cuadrado) y ángulo de inclinación de la pendiente, elaborados a partir de un modelo digital de elevación, siguiendo los métodos propuestos por Bocco *et al.* (2001) y Priego *et al.* (2010).

Las unidades resultantes de la cruce de los mapas fueron interpretadas y reclasificadas realizando recorridos de campo, incluyendo un vuelo en helicóptero, y utilizando las imágenes de satélite y su proyección en tercera dimensión disponibles en Google Earth. El mapa geomorfológico se muestra en la figura 20 y su leyenda aparece en la tabla 2.

Las unidades geomorfológicas 1 y 2 corresponden a las cimas de los cerros o domos y se diferenciaron por la inclinación de la pendiente, ligera o semiplana en la unidad 1 y moderada a fuerte (10-30%) en la unidad 2, que presenta geformas convexas en la transición de las laderas altas a las cimas.

La unidad 3 está formada por las laderas que circundan a los domos y por cañadas o barrancas con pendientes fuertes (30-60%) a muy fuertes (>60 %).

La unidad 4 corresponde a laderas muy fuertemente inclinadas (pendiente >60%) que bordean a barrancas y cauces.

La unidad 5, que ocupa la mayor superficie del área (42 %), está formada por lomeríos medianamente diseccionados, con forma convexa (redondeada) y pendientes moderadas a

fuerzas (10-30%). La unidad 6 consiste en un complejo de formas convexas (colinas) y cóncavas (hondonadas) con pendientes ligeras (2-5 %).

Las unidades 7 y 8, colinas y llanuras onduladas forman la transición escalonada del relieve montañoso a las llanuras circundantes (unidad 9). Por último, la unidad 10 corresponde a los valles y cauces de los principales arroyos permanentes.

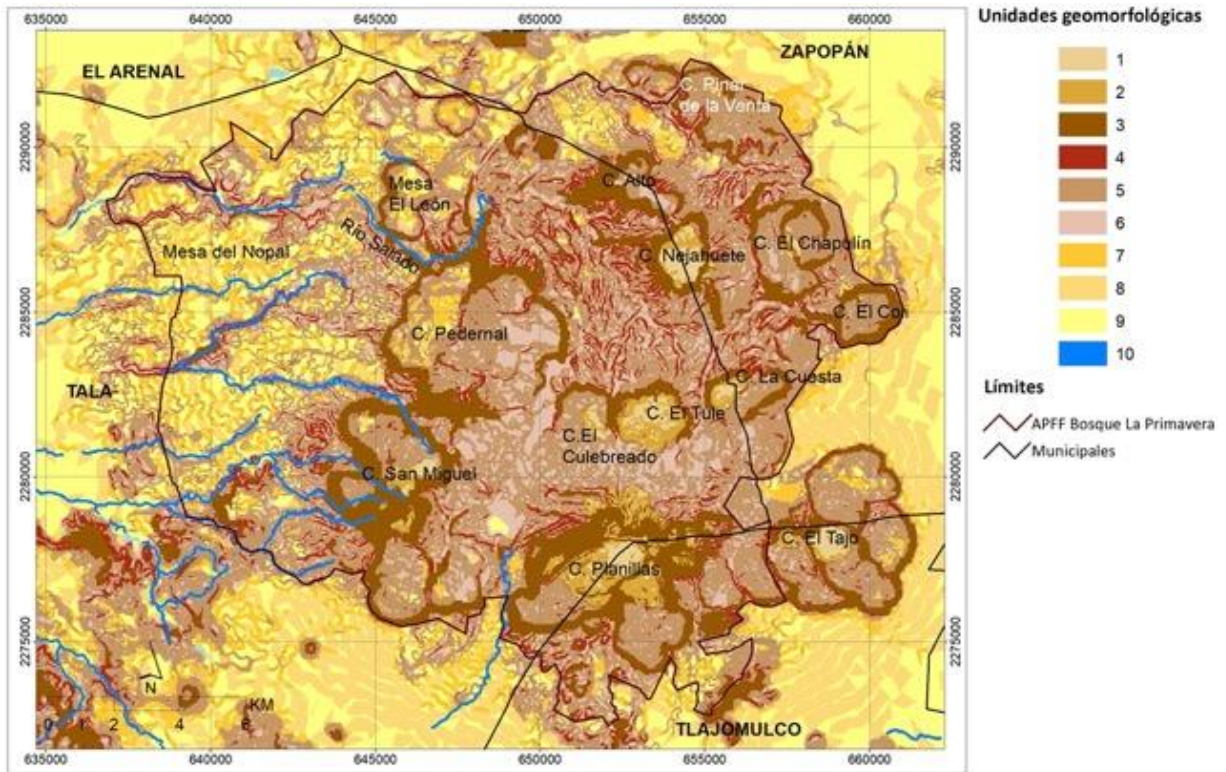


Figura 20. Mapa de la geomorfología de la Sierra de la Primavera. Unidades geomorfológicas: 1, cimas con pendientes ligeras; 2, cimas y laderas altas con pendiente moderada a fuerte; 3, laderas escarpadas de montaña; 4, laderas escarpadas de barrancas; 5, lomeríos; 6, hondonadas y colinas con pendiente ligera; 7, colinas con pendiente moderada; 8, llanuras onduladas; 9, llanuras; 10, valles (ver tabla 2).

Tabla 2. Leyenda del mapa geomorfológico de la Sierra de la Primavera (Fig. 20).

Unidades geomorfológicas	Descripción	Superficie	
		ha	%
1 Cimas de montaña (domos)	Geoformas convexas, con pendiente ligera (<10%) en la parte alta de los cerros de Planillas, San Miguel, El Tajo, El Tule, la Cuesta y Nejahuete.	464.7	1.5
2 Cimas y laderas altas de montaña	Geoformas predominantemente convexas con pendiente moderada a fuerte (10-30%) en la parte alta de los cerros.	777.8	2.5
3 Laderas escarpadas de montaña	Laderas de cerros con pendientes fuertes (30-60%) a muy fuertes (>60%).	4,538.1	14.8
4 Laderas escarpadas de barrancas	Laderas de barrancas o pequeños cañones con pendientes fuertes (30-60%) a muy fuertes (>60%).	2,707.7	8.8
5 Lomeríos	Geoformas convexas de lomeríos redondeados con pendientes moderadas a fuertes (10-30%).	13,004.6	42.4
6 Hondonadas y colinas	Complejo de hondonadas (geoformas cóncavas) y colinas (geoformas convexas) con pendiente ligera (2-5%).	3,907.5	12.8
7 Colinas	Colinas (geoformas convexas) con pendiente moderada (5-10%).	1,989.7	6.5
8 Llanuras onduladas	Llanuras inclinadas con pendientes ligeras (2-5%).	559.3	1.8
9 Llanuras	Terrenos planos o semiplanos, con pendientes muy ligeras (2%).	2,064.7	6.7
10 Valles	Geoformas cóncavas, ligeramente inclinadas (pendiente <5%) en el fondo de valles; corresponde a lechos de cauces permanentes y sus terrazas aluviales.	622.7	2.0
Total		30,636.8	100.0

La geomorfología es un factor clave en los procesos ecológicos a escala del paisaje, ya que determina la redistribución de la energía y los materiales en la superficie terrestre, lo cual influye en la formación de gradientes ambientales y por lo tanto en la disponibilidad de recursos para la productividad primaria, como agua y nutrientes del suelo (Hugett 1995, Bailey 1996). La forma del relieve influye en la distribución de la radiación solar incidente que se manifiestan en diferencias de iluminación y temperatura en laderas con diferente exposición e inclinación; la rugosidad del terreno influye en los vientos y la orografía produce efectos de “sombra de lluvia”; el movimiento del agua, partículas del suelo y nutrientes está determinado por la forma, inclinación y longitud de las pendientes que influye en el escurrimiento y la erosión, así como en la formación de catenas de suelo.

La geomorfología es uno de los factores que influyen en los regímenes de fuego a escala del paisaje (Falk *et al.* 2007). Los gradientes de humedad y nutrientes del suelo determinan la

productividad primaria de las plantas y en una misma zona climática (con la misma temperatura y precipitación) generan variación intrazonal, modificando las condiciones del complejo de combustibles (Jardel-Peláez *et al.* 2009, 2014). El comportamiento del fuego (caracterizado por la velocidad de propagación y la longitud de las llamas) es diferente cuando este avanza en ascenso o descenso en una ladera (Pyne *et al.* 1996) y está influido por barreras topográficas (Falk *et al.* 2007).

Las condiciones del relieve en la Sierra de la Primavera implican que cuando un incendio que se inicia en la periferia del bosque entra al área montañosa y el fuego avanza en geformas con pendientes pronunciadas, la velocidad de propagación y la longitud que alcanzan las llamas representan un alto peligro para los combatientes (Fig. 21), lo que obliga a combatir el fuego a distancia mediante la construcción de guardarrayas y la aplicación de contrafuegos. Debido a esto los incendios llegan a quemar superficies relativamente extensas, como ocurrió en los casos recientes del Cerro 18-Pinar de la Venta (2017), San Miguel (2018) y Planillas (2019).

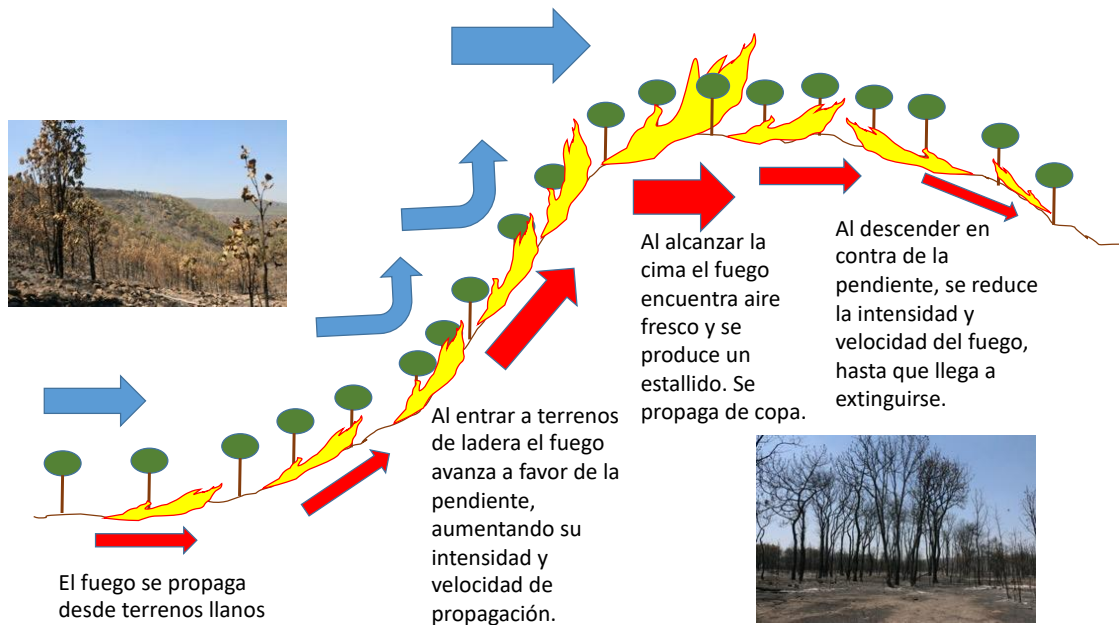


Figura 21. Esquema de la influencia de la forma del relieve y la inclinación de la pendiente en la propagación de un incendio forestal. Las fotografías corresponden al incendios de 2017 en el Cerro 18; a la izquierda la ladera por donde ascendió el fuego y a la derecha la cima donde se produjo el estallido y el incendio de copa. En estas condiciones, cuando el fuego alcanza la ladera de montaña no es posible controlarlo hasta que comienza a descender y se reduce su intensidad y velocidad en la ladera opuesta, donde es posible construir guardarrayas y aplicar contrafuego.

Como ya se señaló, la Sierra de la Primavera es un paisaje geomorfológicamente activo en el que se manifiestan procesos naturales de erosión, inestabilidad de laderas y deslizamientos de suelo o derrumbes, sobre todo cuando el sustrato rocoso no consolidado se satura de agua durante los eventos de precipitación. En el área ocurren lluvias torrenciales que producen eventos erosivos, arrastre de sedimentos y formación de riadas, lo que implica un riesgo de desastres en las zonas urbanas adyacentes al bosque. Los incendios llegan a tener efectos importantes en los procesos geomorfológicos al modificar la cubierta vegetal y consumir el mantillo exponiendo el suelo a la erosión (ver sección 4.4.3); pero no sólo los incendios, sino sobre todo las brechas y caminos contribuyen a aumentar el potencial erosivo y la inestabilidad de laderas.

3.1.5 Clima

El clima del área de estudio se caracteriza por la transición de zonas cálidas (con una temperatura media anual, T_{ma} , $\geq 19^{\circ}\text{C}$) en las partes por debajo de los 1400 m de altitud a templadas (T_{ma} 12-18 $^{\circ}\text{C}$) en los terrenos altos, arriba de 1800 m. La precipitación anual (P) es moderada (800-900 mm) y el balance entre la cantidad de lluvia y la evapotranspiración potencial (ETP) produce condiciones subhúmedas (el cociente ETP/P varía entre 1 y 2); el régimen de lluvias es de verano (más del 60% de la precipitación ocurre en el periodo cálido del año). La figura 22 muestra los diagramas ombrotérmicos para tres localidades ubicadas en el transecto oeste-este, de Tala a Zapopan, pasando por el Cerro de Planillas que es la mayor elevación de la Sierra de la Primavera.

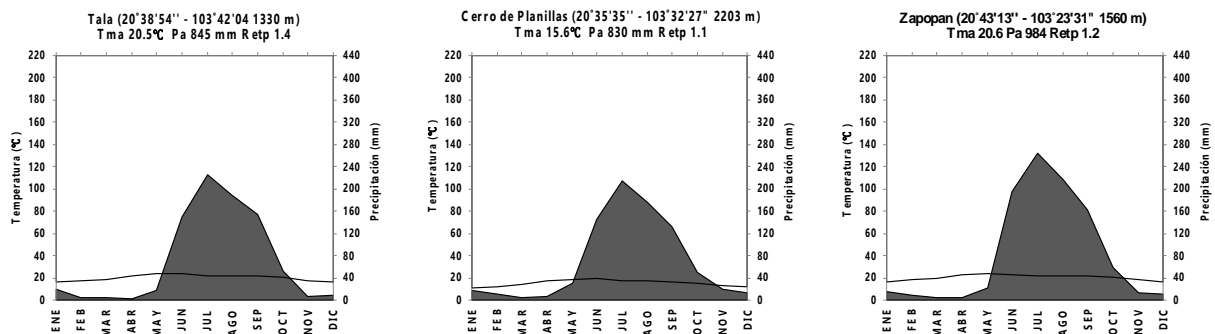


Figura 22. Diagramas ombrotérmicos de tres localidades en el área del Bosque La Primavera. Para Tala (izquierda) y Zapopan (derecha) se utilizaron datos de las normales meteorológicas de las estaciones de acuerdo a los registros del Servicio Meteorológico Nacional (periodo 1951-2010). Para el Cerro de Planillas se obtuvieron datos de la

temperatura media y precipitación media mensuales del Atlas Climático Digital de México (www.uniatmos.unam.mx).

La estacionalidad del clima se caracteriza por tres periodos del año: (1) la estación seca y cálida que corresponde a la primavera y se extiende desde marzo a inicios de junio; (2) la temporada lluviosa de verano que va de principios o mediados de junio a septiembre y (3) la estación relativamente fresca de otoño-invierno (de octubre a febrero del año siguiente) en la que hay una alta oscilación térmica, pueden presentarse heladas y ocurren lluvias ocasionales. Esta variación estacional está relacionada con fenómenos climatológicos que ocurren a escala continental y que se manifiestan en la transición entre las regiones latitudinales tropical y subtropical: el desplazamiento hacia el sur de zonas de alta presión atmosférica que dan lugar a condiciones de aridez durante la primavera, seguidas del desplazamiento hacia el norte de la Zona de Convergencia Intertropical que produce la estación lluviosa, seguida de un periodo de transición en otoño hacia la estación invernal con temperaturas más bajas e influencia de frentes fríos.

El patrón de estacionalidad y la variación interanual del clima están determinados por las características generales de los fenómenos atmosféricos de la mitad meridional de México, en la que por la estrechez de la masa continental se manifiesta una importante influencia marítima (Rzedowski 1978), aún en lugares que, como es el caso de la Sierra de la Primavera, se encuentran tierra adentro. En la mayor parte del país (exceptuando el extremo noroeste), el patrón de lluvias tiene un comportamiento de monzón, con una temporada lluviosa bien definida durante el verano (Mosiño y García 1974, Pavia *et al.* 2006). Al inicio de la temporada lluviosa, la precipitación está influida por las masas de aire húmedo del noreste, que proceden del Golfo de México y durante el invierno están asociadas a frentes polares que entran en contacto con masas de aire caliente y húmedo del Pacífico. Durante el verano y el otoño, pueden ocurrir eventos de alta precipitación asociados a tormentas y ciclones tropicales.

Las fluctuaciones en la precipitación y la temperatura están asociadas con los frentes fríos o nortes durante el invierno y los huracanes y ondas de vientos del este durante el verano. Un fenómeno importante que influye en la variación interanual del clima es El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) (Magaña *et al.* 2003). Los efectos de ENOS modifican los patrones normales del clima; en general, su efecto en México se manifiesta con un aumento de la precipitación de invierno en el noroeste del país y su disminución al sur del Istmo de Tehuantepec durante los

años de El Niño. Un comportamiento a la inversa se observa en los años de La Niña. La señal de El Niño en el verano se refleja, en general, como déficit de precipitación (Magaña *et al.* 2003). Este patrón no está tan definido en el área de estudio, ya que esta se encuentra en una zona de transición donde se manifiesta el dipolo de ENOS. Por ejemplo, en los eventos de El Niño de 1965-66, 1986-87 y 1991-92, se presentaron anomalías de aumento de la precipitación durante el invierno, mientras que en 1972-73, 1982-83 y 1997-98 ocurrió lo inverso y disminuyó la precipitación.

Como lo señalan Magaña *et al.* (2003), existen varios mecanismos asociados con El Niño que dan como resultado anomalías negativas de precipitación sobre la mayor parte de México: una subsidencia reforzada por causa de un desplazamiento hacia el sur de la Zona Intertropical de Convergencia, alisios más intensos de lo normal, un menor número de ciclones tropicales en los Mares Intra Americanos y una reducción en la humedad relativa, pueden producir sequías severas. De acuerdo con los autores antes citados, durante los años de La Niña, las condiciones del clima en México regresan a la normal e incluso pueden resultar en una precipitación por encima de la media.

Las fluctuaciones climáticas tienen una gran relevancia por sus efectos en desastres asociados a fenómenos hidro-meteorológicos como huracanes, inundaciones, sequías, ondas de calor o de frío y su impacto sobre la producción agropecuaria, forestal y pesquera, el manejo del agua y las condiciones de salud (Magaña *et al.* 2003). Debido a que el clima es un factor clave que determina la productividad primaria y, por tanto, la acumulación de combustibles forestales así como su humedad y por ende la eficiencia de ignición, la incidencia de incendios forestales está estrechamente relacionada con las fluctuaciones interanuales del clima (Gedalof 2011). En las condiciones subhúmedas de la Sierra de la Primavera, las anomalías de lluvia mayor a la normal pueden favorecer la acumulación de combustibles, mientras que en años con anomalías de sequía se presentan condiciones para la propagación de incendios intensos.

El clima es el factor de primer orden que controla los regímenes de incendios a escala del paisaje (Agee 1993, Falk *et al.* 2007, McKenzie *et al.* 2011, Jardel *et al.* 2014). La temperatura y la precipitación determinan el potencial de la productividad primaria neta de los ecosistemas terrestres (Chapin *et al.* 2001) y por lo tanto la acumulación de biomasa o combustible potencial, así como la velocidad de la regeneración post-incendio de la vegetación y las camas de

combustible. Las condiciones de precipitación y humedad atmosférica influyen en el combustible disponible, esto es, la biomasa de plantas vivas o muertas y sus restos en el mantillo del suelo que está lo suficientemente seca para encenderse y mantener la propagación del fuego. El riesgo de incendios (la probabilidad de que ocurran) aumenta con el tiempo desde la última lluvia. En el área de estudio pueden ocurrir incendios desde finales de noviembre a febrero del año siguiente, pero el periodo más crítico se presenta durante los meses de marzo, abril y mayo en los que coincide la falta de lluvia, baja humedad atmosférica y altas temperaturas. Estas condiciones pueden extenderse hasta principios o mediados de junio.

Las lluvias invernales o “cabañuelas”, así como las precipitaciones que ocurren en la transición de las estaciones seca y lluviosa entre la segunda mitad de mayo y la primera de junio, aportan humedad que puede moderar la disponibilidad del combustible. Sin embargo, estas lluvias están asociadas a la caída de rayos que, en condiciones naturales (*i.e.*, sin presencia humana), son la principal causa de incendios. Aún durante eventos de precipitación, los rayos pueden encender árboles, tocones o material leñoso caído que se mantienen ardiendo y, cuando cesa la precipitación y siguen días cálidos y secos, el fuego puede propagarse. Los rayos pueden caer también en los bordes entre un área en la que está lloviendo y otra adyacente que se mantiene seca (Gedalof 2011). En áreas densamente pobladas, las igniciones antropogénicas predominan sobre las igniciones causadas por rayos y puede decirse que compiten por el combustible disponible; además, hay un subregistro de los incendios causados por rayos, porque estos caen muchas veces en lugares remotos y por el tiempo que transcurre entre las descargas y la manifestación del fuego con llamas y humo que permiten detectarlo.

Las condiciones del estado del tiempo atmosférico durante la temporada de incendios en el área de estudio pueden llegar a ser bastante críticas, como se muestra en la figura 23 con los datos de variación de la temperatura y la humedad del aire en un ciclo diurno con datos del 15 de abril al 17 de mayo de 2020. Puede observarse que durante la tarde (de las 12:00 a las 17:00 horas) la temperatura promedio alcanzó valores entre 31 y 34°C y la humedad relativa de 14 a 19%; en este periodo se registraron valores máximos de 37.6 °C para la temperatura y mínimos de 2% para la humedad. Esto indica que en el área pueden presentarse condiciones del estado del tiempo favorables para un comportamiento extremo del fuego.

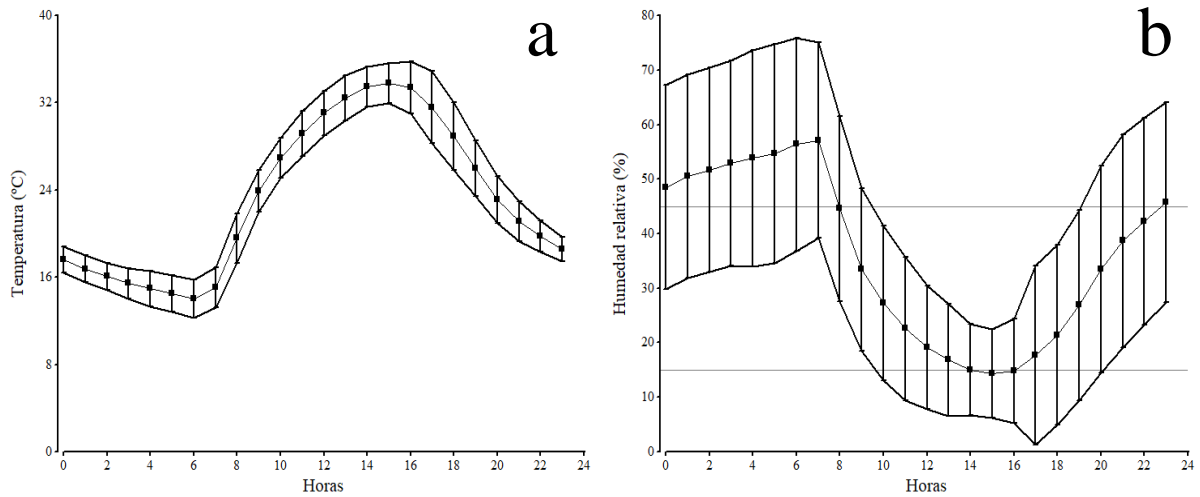


Figura 23. Variación diurna de la temperatura (a) y humedad relativa (b) atmosféricas en la estación meteorológica automática de La Primavera (1468 m de altitud) durante el periodo del 15 de abril al 17 de mayo de 2020. Los puntos indican los valores promedio, las barras la desviación estándar y la envolvente el intervalo de confianza de 95%.

Con el fin de caracterizar a escala del paisaje las condiciones del clima que constituyen un componente clave del ambiente del fuego, se elaboró un mapa de zonificación bioclimática (Fig. 24; tabla 3), basado en el Sistema de Zonas de Vida de Holdridge (1987). Este sistema permite clasificar unidades del paisaje en función de tres parámetros del clima que influyen directamente en procesos biológicos: la biotemperatura (el promedio de las temperaturas mayores a 0°C y menores a 30°C), la precipitación anual y la razón de evapotranspiración potencial (RETP, el cociente que resulta de dividir la evapotranspiración potencial entre la precipitación), que definen las condiciones en que se desarrollan distintos tipos de zona de vida o biomas. La biotemperatura establece la estación de crecimiento de las plantas y es un parámetro especialmente importante en zonas frías o muy cálidas donde la temperatura es un factor limitante de la productividad primaria. Para la latitud y altitud del área de estudio, la biotemperatura es muy cercana a la temperatura media anual, ya que pocos días del año se registran temperaturas por debajo de los 0°C o por encima de 30°C. La precipitación representa la entrada de agua a los ecosistemas y la RETP el balance hídrico, que es el factor clave en la disponibilidad de agua para la productividad primaria.

En el área de estudio se encuentran tres zonas bioclimáticas: templado-cálida subhúmeda en las elevaciones mayores a 1800 m, semicálida subhúmeda entre los 1600-1800 m y cálida subhúmeda por debajo de los 1600 m. Estas corresponden respectivamente a los bosques secos montano bajo, premontano y basal del Sistema de Zonas de Vida de Holdridge (Fig. 24, Tabla 3).

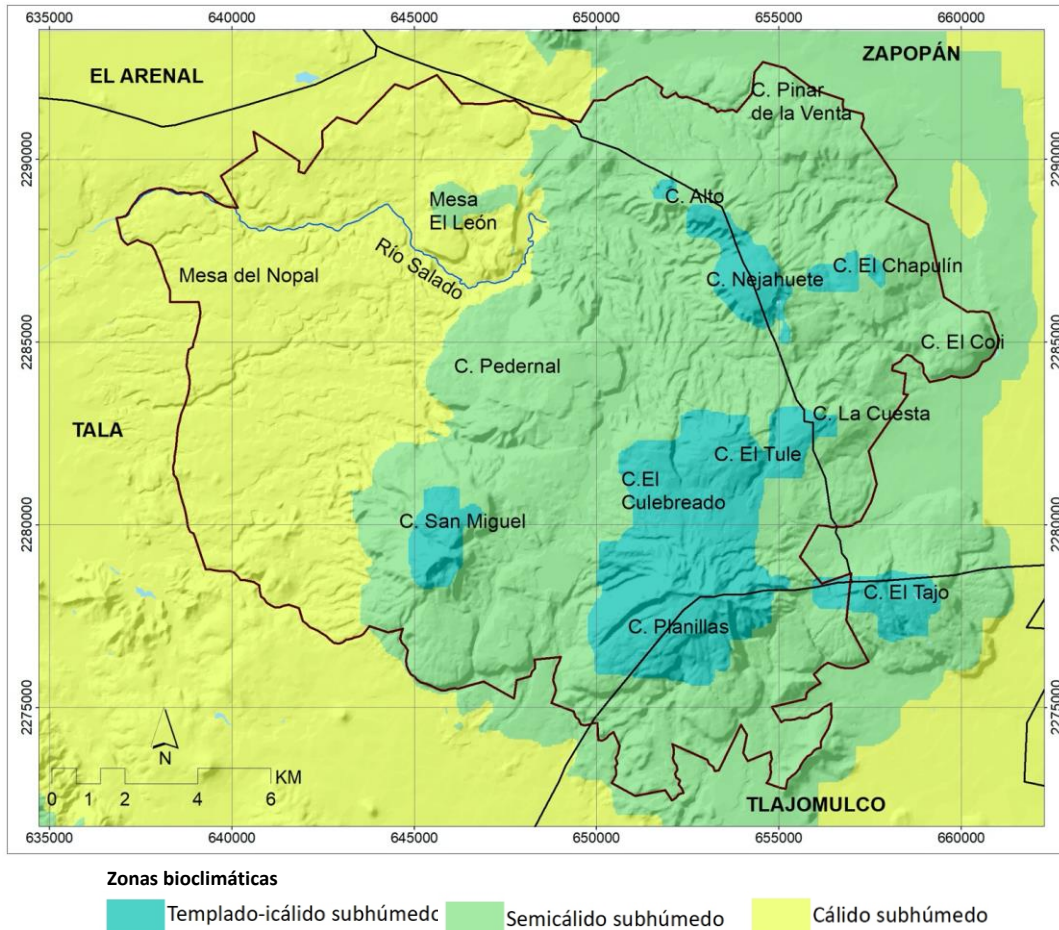


Figura 24. Mapas de zonas bioclimáticas de la Sierra de La Primavera. Clases: 1, zona templado-cálida subhúmeda; 2, zona semicálida subhúmeda; 3, zona cálida subhúmeda.

Tabla 3. Zonas bioclimáticas de la Sierra de la Primavera. Se describe el tipo de clima en función de la termicidad y la humedad y se muestra el tipo de vegetación potencial de acuerdo con el Sistema de Zonas de Vida de Holdridge. Los parámetros bioclimáticos son la temperatura media anual (T_{ma}), la precipitación anual (P) y la razón de evapotranspiración potencial ($Retp$).

Zona bioclimática		Parámetros bioclimáticos			Altitud (msnm)
Tipo de clima	Vegetación potencial	T_{ma} (°C)	P (mm)	$Retp$	
Templado-cálida subhúmeda	Bosque seco montano bajo	15-17	800-1000	1.0-1.2	>1800

Semicálido subhúmedo	Bosque seco premontano	18-19	800-900	1.2-1.4	1600-1800
Cálido subhúmedo	Bosque seco basal	19-21	800-900	1.1-1.4	1200-1600

3.1.6 Vegetación y uso del suelo

El Programa de Manejo del BLP señala que, de acuerdo con la clasificación de la vegetación de México de Rzedowski (1978), en el área existen tres tipos de vegetación: bosque de encino (*Quercus*), bosque de pino (*Pinus*) y bosque tropical caducifolio; se añade un cuarto, el bosque de encino-pino (*Quercus-Pinus*), y se hace referencia a “tres comunidades vegetales: riparia, rupícola y ruderal, que se desarrollan dentro de los diferentes tipos de vegetación antes mencionados” (CONANP 2000). En otro trabajo, Villavicencio *et al.* (2007) consignan que “según el inventario de la masa forestal del área natural protegida, el 13.1 % está cubierto por bosque de pino, el 42.9 % por bosque de encino y el 44.1 % es de bosque de encino-pino” y no se hace referencia al bosque tropical caducifolio. Reyna (2004) indica que el bosque tropical caducifolio está pobremente representado en el área y solo se localiza en pequeñas áreas en el Cerro El Colli y en la parte sureste, en altitudes entre 1450 y 1600 m.

La cartografía de la vegetación de la Sierra de la Primavera plantea dificultades porque el mosaico de la cubierta vegetal está formado por rodales que varían gradualmente en su composición y densidad; por lo tanto es difícil establecer límites entre unidades de vegetación claramente definidas que además correspondan, a la escala del área de estudio, con tipos de vegetación descritos a escala nacional. Para el presente trabajo se adoptó un enfoque de caracterización de la vegetación basado en formaciones fisonómicas descritas primero en función de la forma de vida dominante y segundo por la densidad de la cobertura. Para el mapa de vegetación se elaboró una clasificación supervisada de una imagen de satélite multispectral Landsat, con una resolución de 30 × 30 m, del año 2017.

Se definieron 6 clases de cobertura vegetal y uso del suelo; dos de estas corresponden a bosques mixtos de latifoliadas esclerófilas (encinos) y coníferas (pinos), diferenciados por la densidad de su cobertura de copas: (1) bosques densos, cobertura >60 % y (2) bosque abierto, cobertura 30-60 %. La clase 3 corresponde a formaciones sabanoides dominadas por pastos, con árboles y arbustos dispersos (5-30% de cobertura). Estas tres clases corresponden a coberturas forestales (Fig. 25). Las otras tres clases corresponden a coberturas fuertemente transformadas por

actividades humanas e incluyeron las siguientes: (4) terrenos desmontados o en barbecho con cobertura de pastizales ralos y arbustos dispersos o rastrojos de cultivos de temporal; (5) terrenos agrícolas de cultivo irrigado permanente, y (6) zonas urbanas. El mapa de cobertura vegetal y uso del suelo se muestra en la figura 26 y en la tabla 4 se presenta su leyenda y datos de superficie. La descripción de la composición y estructura de la vegetación se presenta en la sección 3.1.7, integrada con la caracterización de las unidades de paisaje y discutiendo las relaciones entre los factores bioclimáticos, geomorfoedáficos y antropogénicos con la cubierta vegetal. En la sección 3.1.8 se discuten los aspectos relacionados con la diversidad florística.

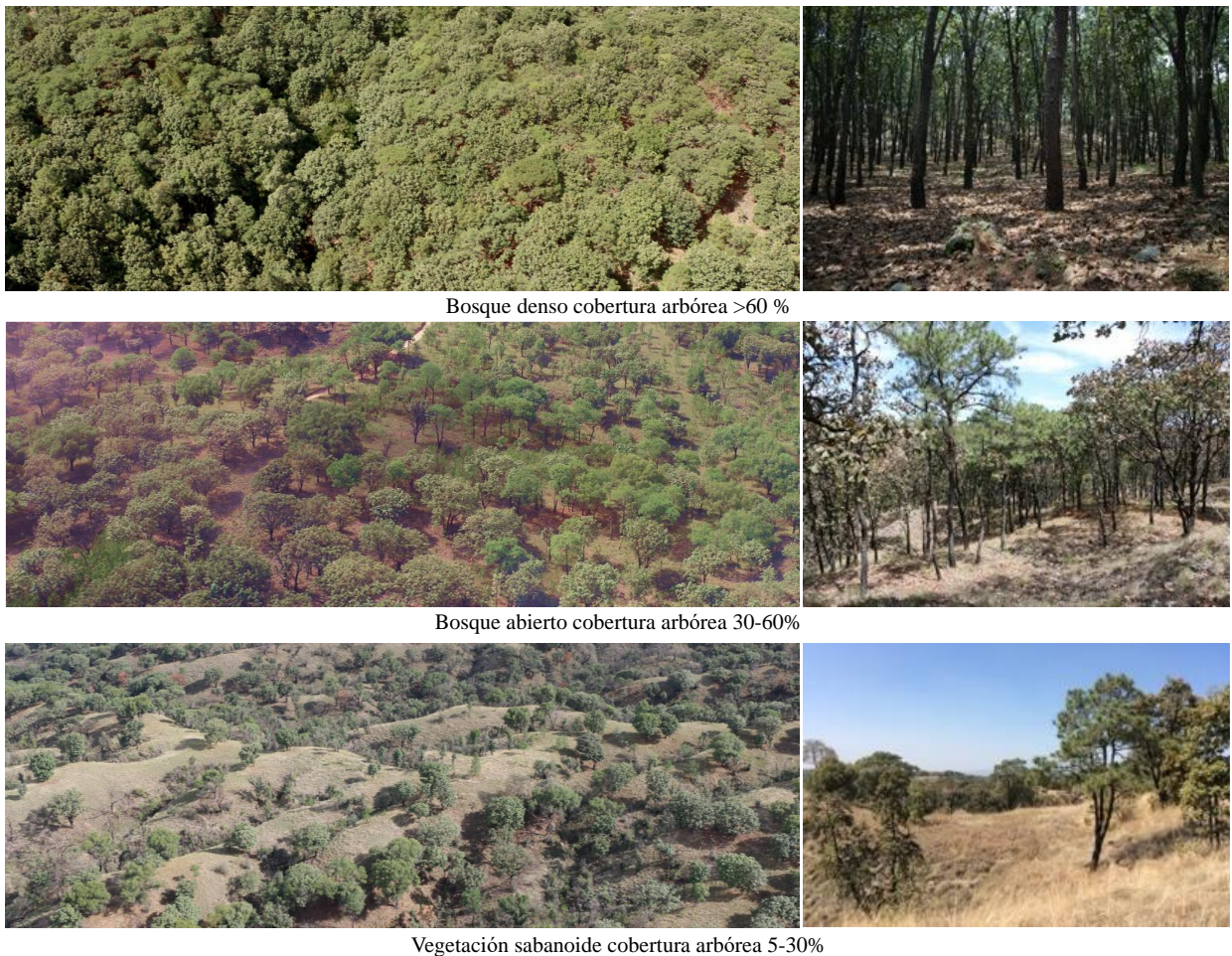


Figura 25. Las fotografías muestran las características de las tres formaciones de vegetación forestal presentes en el mosaico del paisaje del Bosque La Primavera, definidas en función de la densidad de la cobertura arbórea. Arriba a la derecha se muestra un bosque denso y puede apreciarse el límite entre dos rodales, uno de encino-pino (a la izquierda) y a su lado otro de pino-encino. La vista desde el terreno (arriba a la derecha) muestra que en estos bosques densos el sotobosque es escaso. En el centro se aprecia el bosque abierto con mezcla de pinos y

encinos y un sotobosque continuo de pastos. Abajo aparecen las formaciones sabanoides de pastizal con árboles dispersos. Fotografías: E.J. Jardel.

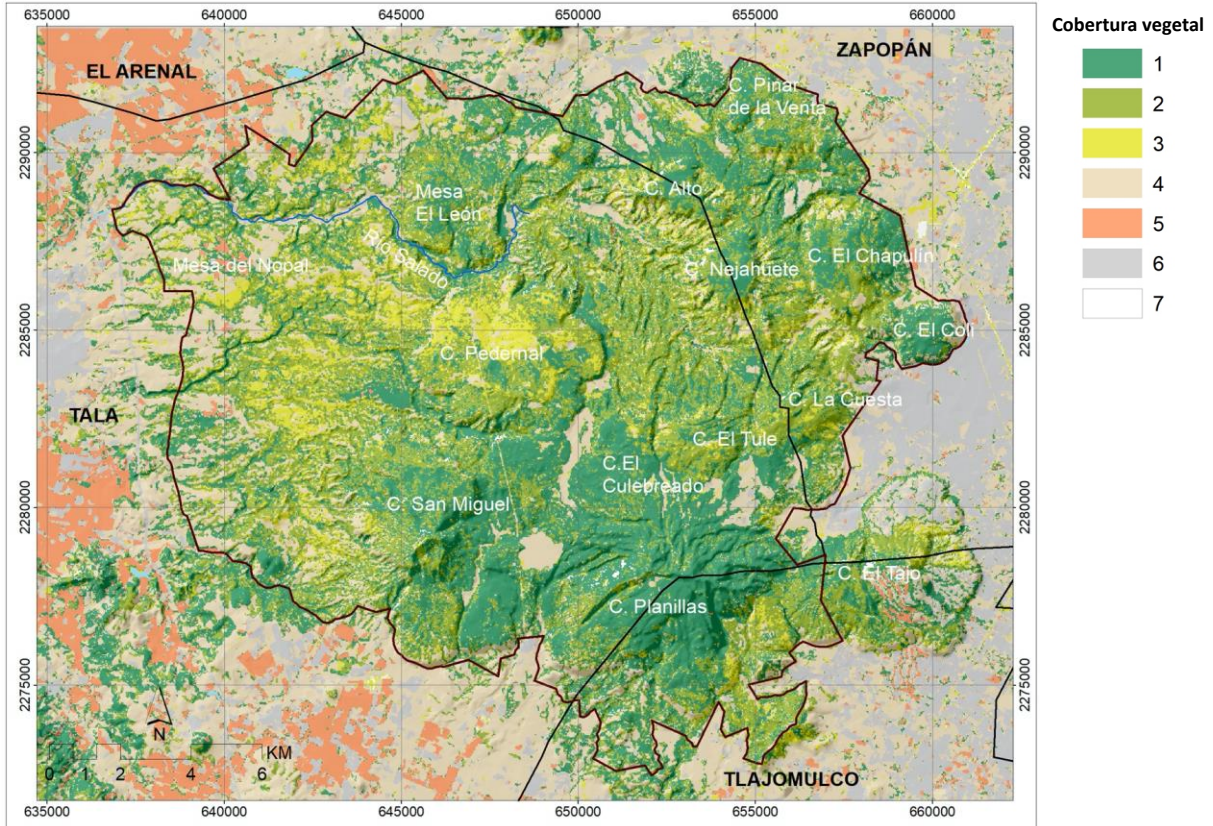


Figura 26. Mapa de cobertura vegetal y usos del suelo. Las clases son: (1) bosque denso; (2) bosque abierto; (3) vegetación sabanoide; (4) pastizales inducidos y terrenos agrícolas en barbecho; (5) agricultura; (6) zonas urbanas y (7) no clasificado.

Tabla 4. Clases de coberura vegetal y usos del suelo y superficies dentro del área protegida del Bosque La Primavera (BLP) y el área adyacente.

Clases	BLP		Área adyacente	
	ha	%	ha	%
1 Bosque denso	10,830.8	35.4	3,341.3	11.3
2 Bosque abierto	11,409.9	37.2	2,224.6	7.5
3 Vegetación sabanoide	2,534.9	8.3	632.9	2.1
4 Pastizal-agricultura	5,419.5	17.7	12,588.8	42.6
5 Agricultura	141.4	0.5	4,025.1	13.6
6 Zonas urbanas e infraestructura	150.3	0.5	6,638.9	22.5

7 No clasificado	149.9	0.5	107.3	0.4
Total	30,636.8	100.0	29,558.8	100.0

3.1.7 Unidades de paisaje

El paisaje es el conjunto de elementos observables sobre la superficie terrestre, como las geoformas y la cubierta vegetal; su estudio permite identificar patrones que sirven como indicadores de procesos ecológicos (González-Bernáldez 1980, Hugget 1995). La cartografía de los paisajes es una herramienta clave para entender patrones y procesos ecológicos (Bailey 1996) y se aplica al ordenamiento territorial (Priego et al. 2010), la caracterización de hábitats para la conservación de la biodiversidad (Jardel-Peláez 2015) y el estudio de la ecología del fuego (Jardel *et al.* 2014, 2018). Tomando esto en consideración, para la caracterización de las condiciones físico-geográficas y ecológicas del BLP y su área adyacente se adoptó un enfoque de paisaje, clasificando unidades que integran los principales atributos físicos (clima y la geomorfología), bióticos (vegetación) y antrópicos (usos del suelo). Los métodos utilizados se basan en el trabajo de Jardel-Peláez (2015); se hicieron cruces de los mapas de geomorfología (Fig. 20), zonas bioclimáticas (Fig. 24) y cobertura vegetal (Fig. 26), a partir de lo cual se elaboró la clasificación del paisaje a dos niveles, uno general de unidades mayores (Fig. 27) y otro más detallado (Fig. 28 y Tabla 5).

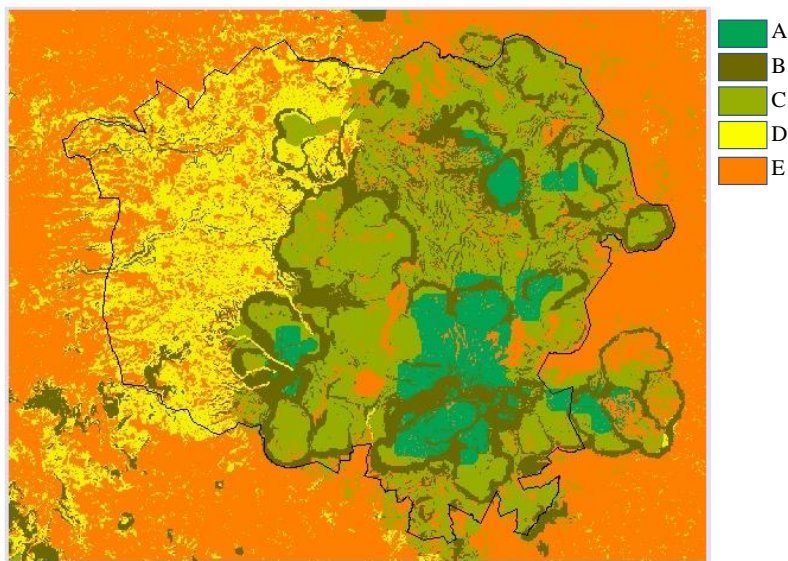


Figura 27. Unidades mayores de paisaje de la Sierra de la Primavera: A, cimas y laderas altas de montaña con cobertura forestal bajo clima templado-cálido subhúmedo; B, laderas escarpadas de montaña y barrancas con cobertura forestal en el gradiente de clima de cálido a templado-subhúmedo; C, lomeríos con cobertura forestal bajo clima semicálido subhúmedo; D, paisajes transformados por actividades humanas.

En la clasificación del paisaje se obtuvieron 5 unidades mayores (Fig. 27) subdivididas en 15 clases (Fig. 28), de las cuales 11 corresponden a coberturas forestales cuya vegetación se desarrolla en forma espontánea o natural y 4 son áreas transformadas con una antropización fuerte, resultado de desmontes, apacentamiento de ganado, agricultura o uso urbano (construcciones e infraestructura). Las unidades de paisaje forestales se describen a continuación iniciando con las características generales de geomorfología y clima de las unidades mayores, para luego describir las unidades del segundo nivel, numeradas progresivamente del 1 al 15, diferenciadas en función de la cobertura vegetal y uso del suelo. La tabla 5 presenta los datos de la superficie de cada unidad del paisaje dentro del área protegida del BLP.

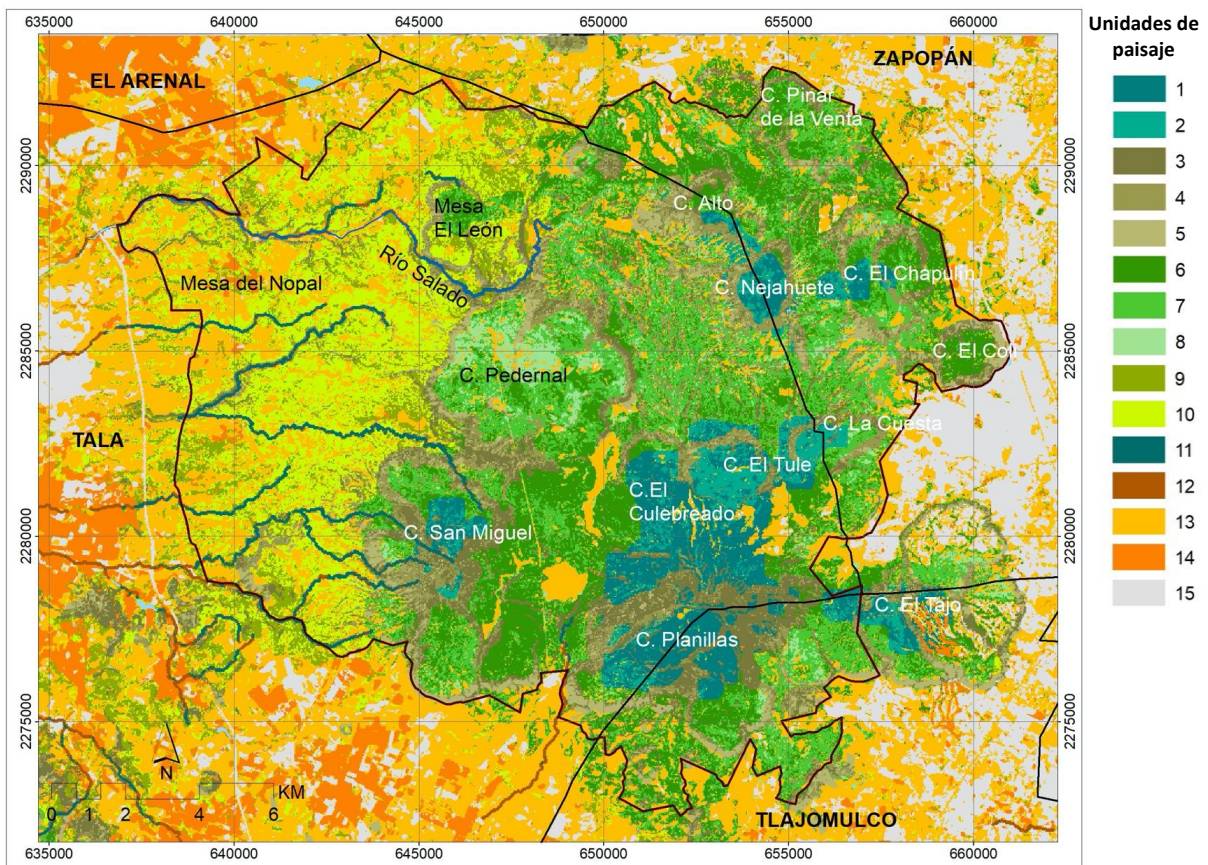


Figura 28. Mapa de unidades del paisaje (nivel 2) del Bosque La Primavera. La leyenda del mapa se presenta en la tabla 5 y las unidades se describen en el texto.

Tabla 5. Leyenda del mapa de unidades de paisaje del Bosque La Primavera y superficie dentro del área protegida.

Unidades de paisaje	Superficie	
	ha	%
A Bosques sobre cimas y laderas de montaña bajo clima templado subhúmedo	2,779.8	9.1
1 Bosque denso	1,826.1	6.0
2 Bosque abierto	953.7	3.1
B Bosques y sabanas en laderas escarpadas de montaña en el gradiente de clima cálido a templado subhúmedo	6,595.5	21.528
3 Bosque denso	2,638.2	8.6
4 Bosque abierto	2,735.9	8.9
5 Sabanas y pastizales	1,221.4	4.0
C Bosques y sabanas sobre el complejo de lomeríos, colinas y hondonadas bajo clima semicálido subhúmedo	10,055.0	32.82
6 Bosque denso	4,566.4	14.9
7 Bosque abierto	4,679.5	15.3
8 Sabanas y pastizales	809.1	2.6
D Bosques sobre el complejo de llanuras onduladas, colinas y lomeríos bajo clima cálido subhúmedo	5,737.4	18.727
9 Bosque denso	1,473.8	4.8
10 Bosque abierto y sabana	3,746.7	12.2
11 Bosque ribereño	516.9	1.7
E Áreas transformadas por desmontes y uso agropecuario	5,469.1	17.851
12 Riberas con pastizales o agricultura.	105.8	0.3
13 Pastizales inducidos y terrenos de cultivo en barbecho.	5,088.0	16.6
14 Cultivos agrícolas.	129.7	0.4
15 Mancha urbana, carreteras y otra infraestructura.	145.6	0.5
Total	30,636.8	100.0

Las unidades de paisaje se describen a continuación:

A. Cimas y laderas altas de montaña con cobertura forestal bajo clima templado-cálido subhúmedo. Esta unidad corresponde a las partes más altas de la Sierra de la Primavera, que se

encuentran a una altitud mayor a 1800 m. El clima es templado-cálido (T_{ma} 15-17°C), subhúmedo (P, 800-1000 mm, Retp, 1.0-1.2); son las condiciones más frescas y húmedas que se encuentran en el área de estudio; la Retp indica que durante el año la evapotranspiración potencial es igual o ligeramente más alta que la precipitación. La geoforma predominante es convexa, formada por las cimas redondeadas de los domos o cerros; las pendientes varían de moderadas a fuertes (10-30 % de inclinación) en más del 50% de la superficie; entre 30-40% del área tiene pendientes moderadas a ligeras (<10 % de inclinación) en las cimas que tienen forma de mesas (por ejemplo, en el Cerro del Nejahuete); menos del 10 % del área presenta escarpes, laderas pronunciadas o cabeceras de barrancas con pendiente fuerte o muy fuerte (>30 % de inclinación). Se divide en dos subunidades:

1. Bosque templado-cálido subhúmedo denso de pinos y encinos. Los géneros *Pinus* y *Quercus* se alternan como el componente dominante (el que representa 50 % o más de la cobertura del dosel) en los rodales. Las especies presentes pueden ser los pinos *P. douglasiana*, *P. oocarpa* o *P. devoniana* y los encinos *Q. magnoliifolia*, *Q. castanea*, *Q. laeta*, *Q. obtusata*, *Q. coccolobifolia* o *Q. viminea*; se encuentran también *Clethra rosei*, *Arbutus glandulosa*, *A. xalapensis*, *Agarista mexicana* y *Prunus serotina*. El sotobosque es bajo y disperso debido a la densidad del dosel arbóreo que tiene una cobertura mayor a 60%.

2. Bosque templado-cálido subhúmedo abierto de pinos y encinos. La cobertura de dosel (30-60%) es menor que en la unidad 1 y esto favorece el desarrollo de un sotobosque más denso en el que predominan pastos de géneros como *Muhlenbergia*, *Eragrostis* y *Aristida*. La composición del estrato arbóreo es semejante a la de la unidad 1 y los encinos o pinos se alternan en dominancia en los rodales.

B. Laderas de montaña y barrancas. Son terrenos con disección vertical fuerte y pendientes pronunciadas; más del 80% de la superficie presenta una inclinación mayor a 30%. Las laderas de montaña se extienden en el gradiente altitudinal desde 1400-1600 m a 2000 m y atraviesan los tres pisos térmicos del área de estudio, desde la zona cálida a la templada. Las laderas tienen en general una forma de arco que rodea a las cimas de los domos y mesas. Se incluyen en este grupo las barrancas con pendientes pronunciadas y las paredes rocosas. Se subdivide en tres unidades por la densidad del estrato arbóreo:

3. **Bosque denso de laderas.** La cobertura del dosel es mayor a 60%. Predominan rodales con dominancia de encinos (>50% de la cobertura), donde la especie más común es *Quercus resinosa*, seguida por *Pinus oocarpa* y *Q. viminea*. El sotobosque es ralo y está formado por arbustos y pastos.

4. **Bosque abierto de laderas.** La cobertura del dosel varía entre 30-60% y el sotobosque formado por pastos y arbustos puede llegar a ser denso.

5. **Vegetación sabanoide y pastizales de laderas.** Los pastos son el elemento dominante y se presentan árboles (*P. oocarpa* y *Q. resinosa*) y arbustos dispersos. La cobertura arbórea es menor a 30% y en algunas áreas inexistente.

C. Lomeríos. Complejo de lomeríos redondeados con pendientes moderadas a fuertes (cerca del 60% de la superficie presenta con una inclinación de 10-30%), cuyas cimas forman mesas con pendiente ligeras a moderadas (<10% de inclinación), bajo clima semicálido subhúmedo (T_{ma} 18-19°C; P 800-900 mm, Retp 1.2-1.4). Por su cubierta vegetal, se divide en tres subunidades:

6. **Bosque semicálido subhúmedo denso.** La cobertura de dosel es mayor a 60% y predomina bosque de encino-pino de *Q. resinosa*, *Q. viminea* y *P. oocarpa*, con sotobosque ralo de pastos y arbustos. En el estrato arbustivo son comunes *Calliandra hirsuta* y *Vaccinium stenophyllum*. Otros elementos arbóreos que se encuentran en este bosque son *P. devoniana*, *Q. coccolobifolia*, *Q. magnoliifolia*, *Comarostaphylis glaucescens* y *Agarista mexicana*.

7. **Bosque semicálido subhúmedo abierto.** La cobertura de dosel varía entre 30-60%; predomina el bosque de encino-pino de *Q. resinosa*, *Q. viminea* y *P. oocarpa*, con sotobosque denso de pastos y arbustos dispersos. Otro elemento arbóreo común, pero generalmente disperso es *Clethra rosei*. Los géneros de pastos más comunes son *Muhlenbergia*, *Eragrostis* y *Aristida*.

8. **Vegetación sabanoide semicálida subhúmeda.** Pastizales de *Muhlenbergia*, *Eragrostis* y *Aristida*, con árboles dispersos de *P. oocarpa*, *Q. resinosa*, *Q. viminea* y *Clethra rosei* y arbustos como *Acacia pennatula*.

La vegetación de esta unidad del paisaje y su variación en estructura y composición bajo distintas clases de densidad de cobertura en la cuenca del río Salado ha sido descrita en detalle por Santiago *et al.* (2006) y Gómez-Vega (2019); estos trabajos mostraron que *Q. resinosa*, *P. oocarpa* y *Q. magnoliifolia* (esta última en los sitios de mayor altitud en la transición con la unidad de paisaje “A”) fueron las especies con mayor valor de importancia en la composición y estructura de la vegetación. Se encontró también *Bursera palmeri*, una especie arbórea de un género común en el bosque tropical caducifolio.

D. Colinas y llanuras onduladas del declive occidental. Esta unidad de paisaje corresponde a los terrenos de altitudes más bajas del área de estudio (1200-1600 m). El terreno está formado por un declive escalonado de colinas y llanuras onduladas, cruzado por barrancas y cauces. La pendiente varía de ligera a moderada (<10% de inclinación) en el 60% de la superficie de esta unidad y el resto presenta una inclinación de 10-30%. El clima es cálido subhúmedo (T_{ma} 19-21°C; P 800-900 mm, Retp 1.1-1.4).

9. Bosque cálido subhúmedo denso. Los elementos arbóreos dominantes son *P. oocarpa* y *Q. resinosa*. El sotobosque está dominado por pastos, con algunos arbustos dispersos.

10. Bosque cálido subhúmedo abierto. La composición del estrato arbóreo es la misma de la subunidad 9, pero el estrato herbáceo es más denso y está dominado por pastos. Algunos rodales tienen una baja cobertura de dosel y una fisonomía sabanoide. *Acacia pennatula* puede formar matorrales (huizacheras) en terrenos que han estado sobrepastoreados.

11. Bosques de ribera. Esta vegetación se desarrolla en los márgenes de los cauces permanentes, principalmente en los ríos Salado, Ahuisculco y en los arroyos Las Ánimas, El Taray y Caliente. Los elementos dominantes en el estrato arbóreo son los sauces (*Salix humboldtiana*) y se han registrado también *Lysiloma acapulcense*, *Leucaena macrophylla*, *Myrica mexicana*, *Tecoma stans*, *Psidium guajava* y *C. rosei*, con un estrato herbáceo de poáceas y ciperáceas (CONANP 2000, Reyna 2004, Contreras *et al.*, 2011). Se han registrado también en sitios húmedos otras especies arbóreas como *Fraxinus uhdei* y *Oreopanax peltatus* (Villa-Galaviz *et al.* 2020). Un

componente arbóreo de importancia para la conservación por ser endémico del BLP es *Populus primaveralepis* (Vázquez-García *et al.* 2019).

E. Unidades con transformación antropogénica fuerte. Se agruparon aquí las áreas con cobertura vegetal severamente transformada por factores antropogénicos, incluyendo las subunidades de riberas con vegetación alterada (subunidad 12), formada por matorrales secundarios, pastizales o desmontes; los pastizales inducidos y terrenos de agricultura de temporal (subunidad 13); las áreas de agricultura de riego (subunidad 14) y las áreas urbanas, infraestructura como carreteras o construcciones, y terrenos desprovistos de vegetación, como son minas o bancos de material a cielo abierto (subunidad 15).

Las fotografías de las páginas siguientes (Figs. 29-32) muestran las características del paisaje del área de estudio.



Figura 29. Cima del Cerro de San Miguel (2189 m de elevación), correspondiente a la unidad de paisaje “A” cimas y laderas altas de montaña con cobertura forestal bajo clima templado-cálido subhúmedo. En este caso la vegetación corresponde a bosque de pino-encino. La fotografía muestra la ladera norte.



Figura 30. Vista de sur a norte de la parte central del Bosque La Primavera (entre las áreas 3 y 4 de la figura 18), mostrando la unidad de paisaje “C” formada por lomeríos cubiertos por bosque de encino-pino bajo clima semicálido subhúmedo. En la barranca en el primer plano se observa una ladera con pendiente fuerte, cubierta por bosque abierto de encino pino, que corresponde a la unidad de paisaje “B”.



Figura 31. Complejo de lomeríos y barrancas con alternancia de bosque denso y abierto y vegetación sabanoide (unidad de paisaje “C”) en la cuenca del Río Salado (área 2 de la figura 18).



Figura 32. Unidad de paisaje “E”, correspondiente a las colinas y llanuras onduladas del declive occidental de la Sierra de la Primavera hacia la llanura de Tala, cubiertas por bosque de encino-pino bajo clima cálido subhúmedo. Se observan también áreas desmontadas y cultivos (correspondientes a la subunidad 13) y al fondo el Cerro de San Miguel.

3.1.8 *Diversidad biológica*

Aunque generalmente se asume que los bosques de encino y de pino tienen una baja riqueza biológica, esta es una afirmación que sólo es válida cuando se hacen comparaciones con las selvas tropicales o los bosques mesófilos de montaña a la escala de rodales. En el ámbito nacional, considerando el conjunto de especies de plantas registradas, los bosques de pino y de encino, que se encuentran desde las zonas templadas de las montañas hasta elevaciones cercanas al nivel del mar con clima cálido (Rzedowski 1978) y ocupan extensas superficies, tienen una mayor riqueza total de especies que otros tipos de vegetación (Challenger y Soberón 2009). Además es importante considerar que en México se encuentra alrededor del 50% de las especies del mundo de los géneros *Pinus* (Farjon *et al.* 1997, Richardson 1988) y *Quercus* (Johnson *et al.* 2002) y que muchas de estas especies son endémicas del territorio mexicano o incluso de ciertas localidades. La conservación de los bosques de pino y encino de México es por lo tanto

relevante para la conservación de la biodiversidad, no sólo en el contexto nacional sino internacional.

El BLP ocupa una superficie relativamente reducida pero posee una notable riqueza biológica; el número de especies de plantas vasculares de la Sierra de la Primavera representa 16% de la flora vascular de Jalisco y la riqueza de aves y mamíferos es respectivamente el 29 y 31% de la riqueza de especies del estado. Además de esto en el área están presentes elementos raros, amenazados o endémicos tanto de plantas como de animales silvestres.

Siendo un área relativamente bien explorada por botánicos y zoólogos, aún se sigue incrementando el número de nuevos registros de especies e incluso el descubrimiento de especies nuevas para la ciencia, como es el caso de *Populus primaveralepensis* (Vázquez-García *et al.* 2019).

En el Programa de Manejo del BLP (CONANP 2000) se reportaron 961 especies de plantas vasculares pertenecientes a 419 géneros y 107 familias. Otro trabajo (Ramírez *et al.* 2006) da una cifra de 849 especies (más 30 taxa infraespecíficos), 393 géneros y 106 familias para el área de estudio. Una revisión reciente (Herrera-Palacios *et al.*, en preparación), realizada como parte de la elaboración de este programa de manejo del fuego, presenta un listado de 950 especies de 414 géneros y 104 familias (Tabla 6).

Las familias con mayor riqueza de especies son Poaceae (pastos), Asteraceae (compuestas) y Fabaceae (leguminosas); juntas constituyen el 48% de la flora vascular del BLP. Es importante señalar que muchas de las especies de estas familias presentan características morfofuncionales asociadas con adaptaciones a los efectos de los regímenes de incendios, como tejidos subterráneos de reserva, capacidad de rebrote o formación de bancos de semillas cuya germinación responde al estímulo del choque térmico o el humo (Bond y van Wilgen 1996).

Los pastos (familia Poaceae) son particularmente diversos; en el BLP Villalpando-Prieto (1994) registró 160 especies incluidas en 63 géneros, de las cuales 71% son nativas y 22% introducidas; en el listado de Herrera-Palacios *et al.* (en preparación), el registro de especies de pastos aumentó a 183 especies (Tabla 6).

La riqueza de especies de orquídeas terrestres es un aspecto notable de la flora del BLP. Orchidacea fue la cuarta familia con mayor número de especies registradas (58) de 20 géneros, entre los que destacan con el mayor número de taxa *Bletia*, *Habenaria* y *Stenorrhynchos* con

14, 11 y 6 especies respectivamente. Estas orquídeas terrestres pueden ser favorecidas por la modificación de la capa de hojarasca después de incendios superficiales, una cuestión que debe ser estudiada.

Tabla 6. Riqueza florística del Bosque La Primavera; se muestran los géneros y especies de las 10 familias con mayor número de especies, más las familias Fagaceae y Pinaceae. Fuente: Herrera-Palacios *et al.* (en preparación).

Familias	Géneros	Especies	% de especies
Poaceae	63	183	19
Asteraceae	67	156	16
Fabaceae	39	114	12
Orchidaceae	20	58	6
Solanaceae	9	34	4
Cyperaceae	7	23	2
Malvaceae	14	24	3
Scrophulariaceae	11	17	2
Euphorbiaceae	5	17	2
Lamiaceae	5	16	2
Fagaceae	1	11	1
Pinaceae	1	5	1
Otras familias (n=92)	172	292	31
Total	414	950	100

Tabla 7. Riqueza florística del Bosque La Primavera por forma de vida. Los datos de pastos y helechos se muestran por separado de otras hierbas terrestres. Fuente: Herrera-Palacios *et al.* (en preparación).

Forma de vida	Total	%
Árboles	77	8
Arbustos altos	11	1
Arbustos	115	12
Cactáceas y agaves	8	1
Hierbas terrestres	452	48
Pastos	183	19
Orquídeas terrestres	48	5
Helechos	15	2
Epífitas, trepadoras y lianas	22	2
Hierbas acuáticas	19	2
Total	950	100

Reyna (2004) reportó la presencia de 40 especies arbóreas en el BLP, entre las que destacan *Quercus resinosa*, *Q. magnoliifolia*, *Q. viminea*, *Pinus oocarpa*, *P. devoniana*, *Clethra rosei* y *Acacia pennatula* por ser las más frecuentes. La cifra de especies arbóreas aumenta a 77 especies en el listado más reciente, más 11 especies de arbustos altos (Tabla 7).

Las plantas de los estratos herbáceo y arbustivo, que sufren directamente los efectos de incendios, representan el 86% de la riqueza total de especies y esta cifra aumenta a 96% si se incluyen las especies de árboles y arbustos altos que pasan parte de su ciclo de vida en ese estrato (Tabla 7). Observaciones preliminares en el área de estudio indican que muchas de estas especies de plantas pueden tolerar o resistir el fuego o incluso ser favorecidas por las condiciones de hábitat que producen los incendios (Jardel-Peláez *et al.* 2017, Herrera-Palacios *et al.*, en preparación).

Un componente importante de la flora del BLP son las especies de plantas rupícolas, que crecen sobre afloramientos rocosos, entre las cuales se han registrado *Begonia gracilis*, *Pitcairnia karwinskiana*, *Agave guadalajarana*, *Sedum* spp., *Echeveria dactylifera*, *Mammillaria jaliscana*, *Opuntia robusta* y *Ficus petiolaris* (CONANP 2000; Reyna 2004; Contreras *et al.* 2011). También es relevante destacar la flora asociada al hábitat de paredes recosas con condiciones húmedas y sombreadas, que funcionan como refugio de los incendios), en cuya composición se encuentran elementos endémicos como la campanulácea *Lobelia villaregalis* (Villa-Galaviz *et al.* 2020). Asociadas a dicha especie y su hábitat, las autoras citadas encontraron 140 especies de plantas vasculares (de 102 géneros y 44 familias) en tan sólo dos localidades.

En las áreas abiertas o alteradas por factores antropogénicos se establecen plantas ruderales como los huizaches *Acacia farnesiana* y *A. pennatula*, el toloache *Datura stramonium*, la chía *Hyptis albida* y otras como *Nicotiana glauca*, *Senecio salignus*, *Wigandia urens* o *Verbesina greenmanii* (CONANP 2000, Reyna 2004, Contreras *et al.* 2011).

Una observación importante es que de las 950 especies registradas (Tabla 6), 887 son nativas (93%), 60 se consideran exóticas y para 3 especies no se identificó su origen (Herrera-Palacios *et al.*, en preparación). La proporción de especies exóticas es importante y algunas como el pasto africano rosado *Melinis repens*, común en áreas abiertas y en los bordes de caminos, así como en sitios recientemente quemados, se comportan como invasoras.

La riqueza de la fauna del área protegida es también notable (Tabla 8). En el BLP se han registrado 7 especies de peces asociadas a aguas termales (CONANP 2000), 17 de anfibios y 39 de reptiles (Reyna *et al.* 2007), 135 de aves (Reyna 2010) y 59 de mamíferos (Zalapa *et al.* 2014), entre los que destacan el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el puma (*Puma concolor*) y el lince rojo (*Lynx rufus*). Es notable que en un área relativamente aislada en medio de un paisaje severamente transformado y al lado de una zona metropolitana se encuentren poblaciones en buen estado de estas especies. Además, el BLP es considerado como un área relevante por su riqueza de mamíferos y el considerable número de endemismos presentes (Zalapa *et al.* 2014).

Tabla 8. Riqueza de la fauna de vertebrados del Bosque La Primavera por grupos de especies. Fuente: Santiago-Pérez (comunicación personal, 2020).

Grupo	Familias	Géneros	Especies
Peces	3	6	7
Anfibios	8	12	17
Reptiles	11	30	39
Aves	41	118	162
Mamíferos	19	48	59

Dentro del grupo de los vertebrados destacan algunas especies por estar consideradas bajo de categorías de protección especial. Entre las especies de peces, *Poecilia butleri* se encuentra como amenazada; en anfibios, *Isthmura belli* y *Lithobates neovolcanicus* como amenazadas; en reptiles *Lampropeltis triangulum*, *Leptophis mexicanus*, *Pituophis deppei* y *Ctenosaura pectinata* se encuentran también como amenazadas; *Crotalus basiliscus* y *Plestiodon dugesii* con categoría de protección especial. En aves, *Melanotis caerulescens* y *Myadestes occidentalis* se consideran como amenazadas, y *Accipiter cooperii*, *Geranoaetus albicaudatus*, *Myadestes townsendi* en estado de protección especial. Finalmente, entre los mamíferos, *Cratogeomys fumosus*, *Herpailurus yagouaroundi*, *Leptoncyteris yerbabuenae* y *Choeronycteris mexicana* se encuentran amenazadas (Santiago-Pérez, comunicación personal 2020).

Entre los reptiles se han registrado las lagartijas *Elgaria kingii*, *Anolis nebulosus*, *Urosaurus bicarinatus*, *Sceloporus horridus*, *Sceloporus scalaris*, *Aspidoscelis communis* y *Pleistodon*

dugesii y las serpientes *Leptophis mexicanus*, *Masticophis mentovarius* y *Tantilla bocourti* (Cruz-Saenz 2008).

3.1.9 Valores del patrimonio natural y cultural

Como ya se mencionó antes el BLP es un área de especial relevancia para la conservación por los servicios ambientales de los ecosistemas, su diversidad biológica y sus características geológicas y geomorfológicas únicas. En el panel 3 se resumen los principales valores naturales y culturales del área protegida.

El manejo del fuego debe de contribuir a la preservación de los valores del patrimonio natural y cultural del BLP. Esto implica tomar en cuenta tanto el papel de los regímenes naturales o históricos de incendios en el mantenimiento del mosaico de hábitats del cual depende la conservación de la biodiversidad, como los efectos negativos de incendios de alta severidad que generan problemas de contaminación o que aumentan el riesgo de desastres por deslizamientos de suelo y riadas en los centros de población adyacentes.

En el caso de la biodiversidad, puede considerarse que una parte importante de las especies de plantas del área están adaptadas a las condiciones del régimen de incendios frecuentes de baja severidad característico de los bosques de pino y encino del área (Jardel-Peláez *et al.* 2017, Herrera-Palacios *et al.*, en preparación). Especies endémicas como *Agave guadalajarana* son resistentes al fuego e incluso su reproducción puede ser favorecida por incendios superficiales (Fig. 33). Se ha registrado una mayor riqueza de reptiles (Cruz-Sáenz 2008) y aves en áreas con incendios superficiales recientes. Sin embargo, otros componentes de la diversidad florística dependen de hábitats que funcionan como refugios de fuego, tales como riberas de arroyos y ríos en el caso de *Populus primaveralepensis*, paredes rocosas (*Lobelia villaregalis*) o afloramientos rocosos (*Mammillaria jaliscana*) (Fig. 33). La relación entre regímenes de incendios y biodiversidad debe ser considerado como un tema importante de investigación en el BLP, con el fin de generar conocimiento que permita mejorar las prácticas de manejo del fuego.

Un aspecto importante del BLP es que presenta condiciones excepcionales para el desarrollo de actividades de investigación y educación por sus atributos físico-geográficos y ecológicos y por su proximidad a una zona metropolitana en la que se concentran centros de investigación y una numerosa población estudiantil. El potencial educativo del BLP no ha sido suficientemente

aprovechado; además de los aspectos relacionados con la educación e interpretación ambiental, las áreas protegidas y la conservación de la naturaleza, se trata de un lugar privilegiado para el estudio y la enseñanza de temas relacionados con la geología, la geomorfología, la ecología del paisaje y la ecología del fuego, entre otros.

Panel 3. La importancia del Bosque La Primavera para la conservación del patrimonio natural y la generación de servicios ambientales de los ecosistemas en el entorno de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

- El Bosque la Primavera es uno de los últimos espacios silvestres que persisten en la región circundante a la Zona Metropolitana de Guadalajara, la segunda concentración urbana más grande de México.
- Los ecosistemas forestales del Bosque La Primavera juegan un papel clave en la generación de servicios ambientales, entre los que destacan la regulación del clima, la protección de cabeceras de cuencas y fuentes de agua, y la oferta de espacios para la recreación al aire libre.
- El paisaje volcánico del área presenta condiciones geológicas y geomorfológicas excepcionales.
- En el área se protegen bosques de pinos y encinos de la transición entre zonas templadas y cálidas subhúmedas; estos bosques son diferentes a otros pinares y encinares y están escasamente representados en otras áreas protegidas del país.
- El área tiene una notable riqueza florística, incluyendo especies de plantas raras, endémicas y amenazadas.
- Los bosques del área representan un hábitat esencial como refugio de fauna silvestre en medio de un paisaje severamente transformado por las actividades humanas.
- En el área se protegen ecosistemas únicos como los arroyos de aguas termales que son hábitat de especies endémicas.
- El Bosque La Primavera es un Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre (APFF), que forma parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) de México, lo cual resalta su relevancia nacional.
- El Bosque La Primavera cuenta con una declaratoria internacional de Reserva de la Biosfera y forma parte de la red del Programa MAB-UNESCO; como reserva de la biosfera, además de la conservación la generación de conocimiento a través de la investigación y educación son funciones clave del área protegida.
- El Bosque La Primavera es un área protegida emblemática para la conservación de la naturaleza en Jalisco.
- Por su cercanía a la ZMG, el área representa un espacio privilegiado para la enseñanza de la geografía física, geología, biología y ecología, así como para la educación ambiental.



Figura 33. Ejemplos de componentes de la flora del Bosque La Primavera que representan valores del patrimonio natural del área. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: *Populus primaveralepensis*, una especie endémica descrita recientemente, de hábitats rivereños que funcionan como refugios del fuego; un árbol de grandes dimensiones de *Quercus* sp. en una hondonada en el centro del BLP, relicto de lo que probablemente fueron bosques más altos en terrenos con suelos profundos, ahora desmontados; *Agave guadalajarana* y *Mamillaria jaliscana*, dos plantas endémicas, la primera resistente a incendios y la segunda de hábitats de afloramientos rocosos que sirven como refugios del fuego.

La oferta de espacios para la recreación al aire libre es otro de los servicios ambientales relevantes del BLP. Recientemente se ha elaborado un Plan Maestro de Actividades Recreativas, en el que se describen ampliamente los atractivos para la visita pública en el área (Gea Sostenible y OPD-BLP 2020).

3.2 Condiciones socioeconómicas y demográficas

3.2.1 Población del área y su región de influencia

El BLP se encuentra rodeado por una región densamente poblada. De acuerdo con las proyecciones de la Conapo (Consejo Nacional de Población) en la Zona Metropolitana de Guadalajara existe actualmente una población aproximada de 5,304,000 habitantes. Considerando únicamente los cuatro municipios de Zapopan, Tlajomulco, Tala y El Arenal, en donde se localizan los terrenos del área protegida, la población pasó de 229,493 a 1,981,979 habitantes entre 1970 y 2015, lo cual representa un aumento de 8.6 veces en la cantidad de habitantes (Fig. 34). La tasa de incremento anual durante este periodo fue de 4.8%.

El municipio de Zapopan presentó una elevada tasa de crecimiento demográfico de 9.2% anual entre 1970-1980, disminuyendo a 1.4% entre 2000 y 2015; en el caso de Tlajomulco, el crecimiento fue notablemente acelerado alcanzando 12.7% de crecimiento anual entre 2005 y 2010; entre 2010 y 2015 los cuatro municipios presentaron tasas de crecimiento relativamente elevadas, que alcanzaron en conjunto 2.5% anual (Tabla 9). Esto indica una creciente presión del crecimiento poblacional en el entorno del BLP, que se refleja tanto en la urbanización del paisaje circundante como en una tendencia a una mayor afluencia de visitantes al área protegida (Gea Sostenible-OPD-BLP 2020).

Dentro del polígono del área protegida se estima una población permanente de aproximadamente 127 personas, que habitan principalmente en las localidades de El Roble, Las Tinajitas y La Misión (43, 16 y 12 habitantes, respectivamente). Las otras 12 localidades en el área corresponden a caseríos. Otras 16 localidades tienen ocupación temporal; los lugares habitados dentro del BLP corresponden a ranchos o a residencias secundarias con ocupación durante fines de semana y periodos vacacionales.

La afluencia de visitantes al BLP contrasta con la baja población dentro del polígono del área protegida. En el año 2008 se registraron 67,184 visitantes mientras que en 2017 y 2018 fueron 246,696 y 220,185, respectivamente (Gea Sostenible-OPD-BLP 2020). Esta población temporal se concentra principalmente en los balnearios y sitios de día de campo o acampada que cuentan con cierta infraestructura y servicios y que se concentran principalmente al noroeste y norte del BLP entre Villa Felicidad (Tala), Las Tinajas y el poblado de La Primavera, y al sureste en la

entrada de Mariano Otero. En el área se registran unos 28 sitios de interés turístico (González-Torreos *et al.* 2018).

Tabla 9. Tasas de crecimiento anual en porcentaje de los municipios circundantes al Bosque La Primavera 1970-2015. Elaboración propia a partir de datos de los Censos de Población y Vivienda 1970-2010 y

Municipio	1970-1980	1980-1990	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015
Zapopan	9.2	6.0	5.2	1.6	2.9	1.5	1.4
Tlajomulco	3.7	3.0	7.7	4.1	11.6	12.7	5.5
Tala	2.5	1.1	2.3	1.0	1.0	4.1	3.0
El Arenal	2.2	2.4	3.1	1.4	0.7	3.0	2.5
Total	7.6	5.4	5.3	1.8	3.9	3.8	2.5

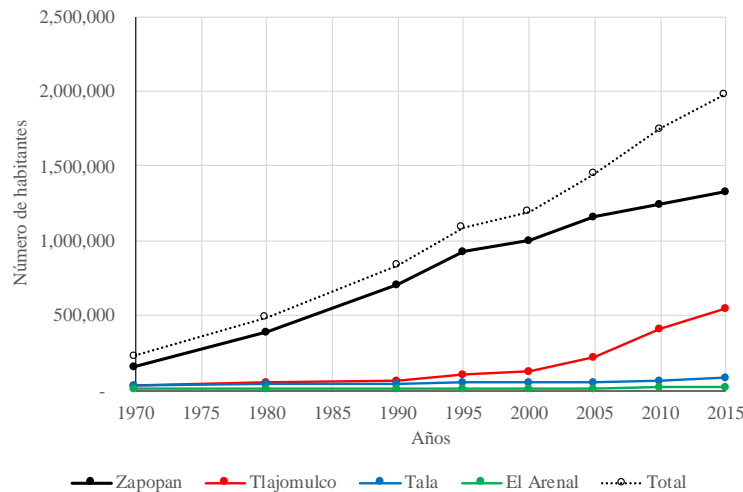


Figura 34. Crecimiento demográfico de los municipios de Zapopan, Tlajomulco, Tala y El Arenal en el entorno del BLP durante el periodo 1970-2010.

3.2.2 Tenencia de la tierra

De acuerdo con el Programa de Manejo del BLP (CONANP 2000), 50% de la superficie dentro del polígono del área protegida es propiedad privada; 35% pertenece a 10 ejidos y el 15% restante es propiedad del Gobierno del Estado de Jalisco. Sin embargo, los datos de la superficie

estimada con base en el mapa de tenencia de la tierra (Figs. 35) presentan diferencias con estas cifras.

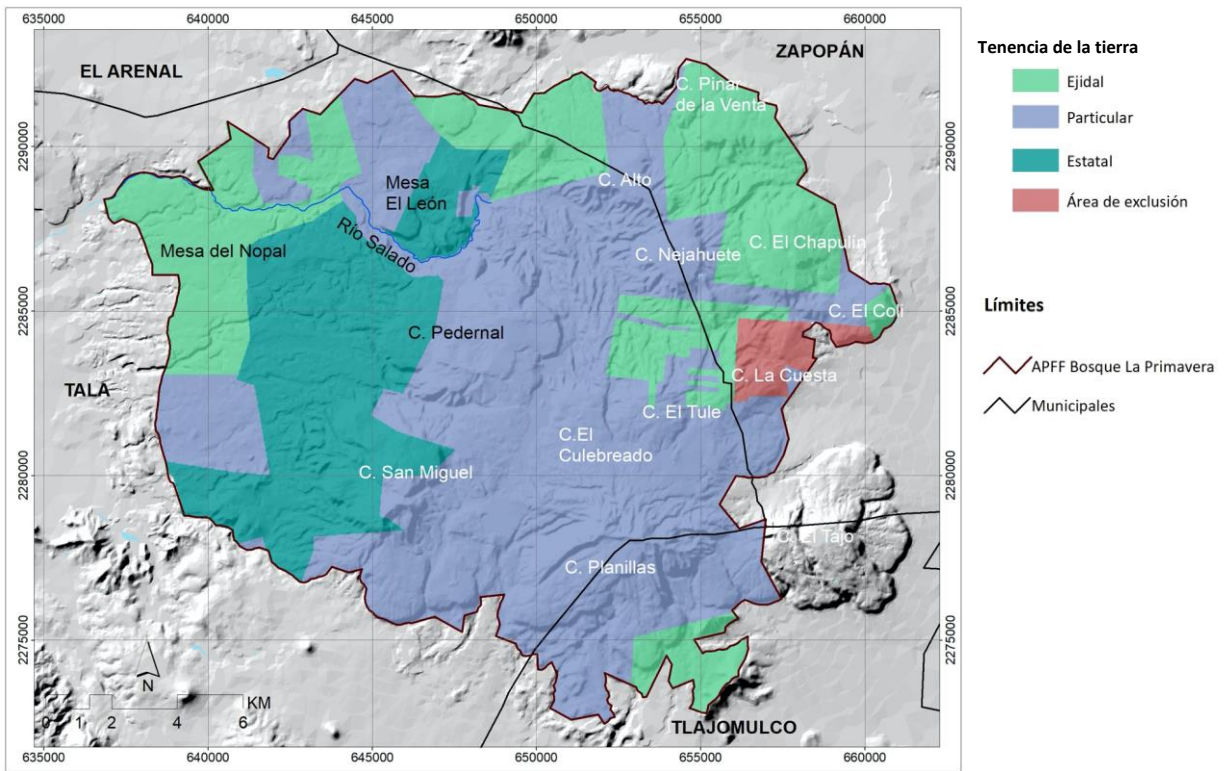


Figura 35. Mapa de tenencia de la tierra del Bosque La Primavera.

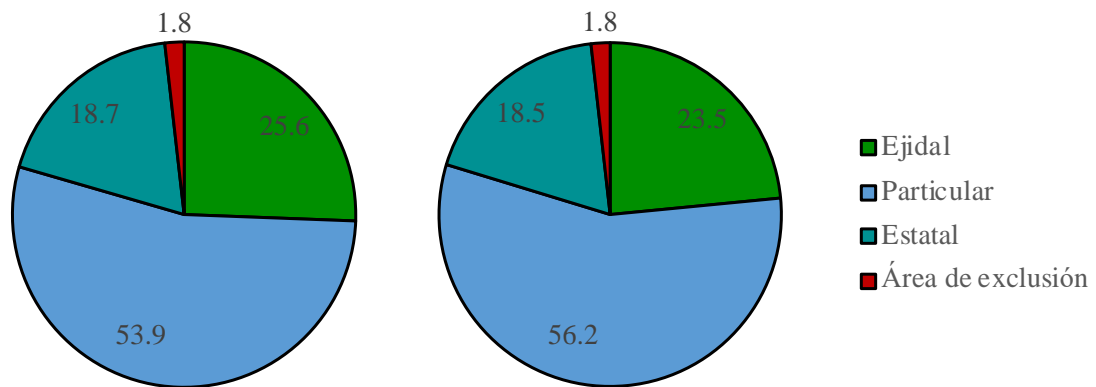


Figura 36. Superficie por tipo de tenencia de la tierra dentro del Bosque La Primavera en porcentaje; a la izquierda superficie total y a la derecha superficie forestal.

La propiedad privada ocupa más de la mitad de los terrenos del área protegida (53.9% del total, 16,508.3 ha) y 56.2% del área cubierta por terrenos con cobertura forestal; los terrenos ejidales ocupan 25.6% del área total (7,838.6 ha) y 23.5% de la superficie forestal, mientras que en el 1.8% del área, perteneciente al ejido de Santa Ana Tepetitlán existe una situación especial de un amparo legal en contra del decreto del área protegida que excluye cerca de 550.8 ha del área protegida. Esta es una zona conflictiva por la expansión de centros de población y desmontes sobre el área boscosa. Otras 468.5 ha (1.5% del área del BLP) se encuentran dentro del espacio señalado en la zonificación como “área de aprovechamiento especial” (CONANP 2000), que corresponde a los terrenos de exploración geotérmica de la Comisión Federal de Electricidad. Solamente el 18.7% del BLP (5,739.1 ha) son de propiedad estatal y representan 18.5% de la superficie forestal (Fig. 36).

Cómo es el caso en otras áreas protegidas de México, el decreto del BLP no modifica formalmente la tenencia de la tierra, sino que establece una serie de reglas para la conservación del área en función del interés público. Esta situación implica una constante negociación con los dueños de los terrenos del área que establece condiciones especiales para la puesta en marcha de acciones de manejo del fuego. Es importante señalar que, dada la proximidad a zonas urbanas en expansión y el interés existente en el desarrollo inmobiliario, el área protegida está sujeta a procesos de especulación con el valor de mercado de los terrenos y a un constante cambio de propietarios; por lo tanto no existe un registro catastral completo y actualizado, lo cual limita las acciones basadas en la gestión del territorio que son fundamentales para una unidad de conservación. La especulación inmobiliaria incluye no sólo a los terrenos de propiedad privada, sino también a tierras ejidales, especialmente desde la modificación de la legislación agraria en 1992.

3.2.3 *Actividades económicas y uso del suelo*

Históricamente los bosques de la Sierra de la Primavera han estado sujetos al aprovechamiento de recursos forestales y mineros desde la época prehispánica. La región tiene un poblamiento muy antiguo y existen vestigios arqueológicos alrededor del área (Weigand *et al.* 2008). Los estudios sobre la arqueología regional hacen referencia al aprovechamiento y comercialización de la obsidiana, un material rocoso abundante en estos lugares. El aprovechamiento de los yacimientos de *xal* o material arenoso han sido importantes y en la actualidad son explotados en

las inmediaciones del área protegida, especialmente al suroeste. En cuanto a la madera, es importante considerar que esta ha sido un importante material para la construcción, la fabricación de muebles y artefactos diversos y, hasta bien entrado el siglo XX, la leña y el carbón han sido una de las principales fuentes de energía para el procesamiento de alimentos en la cocina, la iluminación y la calefacción, las actividades artesanales e industriales, desde la alfarería y la producción de ladrillo, hasta la industria del azúcar y el tequila.

Actualmente el aprovechamiento forestal maderable no representa una actividad económica importante en el BLP, pero existen evidencias de que sí lo fue en el pasado, abasteciendo la demanda de madera y leña combustible para los centros de población vecinos, incluyendo la ciudad de Guadalajara. Aunque la historia del uso de los bosques de la Sierra de la Primavera es todavía un tema pendiente de investigación, existen referencias generales (por ejemplo en CONANP 2000, Gerard 1996, van Young 1997, Alcocer 2019) al aprovechamiento de madera, leña, carbón y resina desde las épocas prehispánica y colonial hasta la década de 1960.

La explotación maderera ha tenido sin duda efectos sobre la composición y estructura de los bosques del área, una cuestión que no ha sido estudiada. Puede suponerse que la explotación selectiva de pinos, que se reproducen por semilla y son intolerantes a la sombra, pudo ser un factor asociado al aumento de la densidad de encinos, que aunque también fueron explotados para leña y carbón principalmente, presentan capacidad de rebrote. La mayor parte de los rodales en el BLP son relativamente jóvenes y de segundo crecimiento por la combinación de los efectos de la explotación maderera y los incendios forestales. Los resultados del estudio de sitios permanentes de investigación forestal en la cuenca del Río Salado (Gómez-Vega 2019), indica que los rodales de bosque de encino-pino o pino-encino se encuentran en una etapa de autoclareo. En el área no se observan condiciones de rodales antiguos o de viejo crecimiento y los árboles de grandes dimensiones se localizan en puntos aislados, principalmente en hondonadas (ver por ejemplo la figura 33).

Actualmente los principales usos del suelo en el BLP son la conservación de los terrenos boscosos (82% del área) que constituyen espacios para la recreación al aire libre, las actividades de recreación y turismo, la agricultura y la ganadería.

En el área y sus inmediaciones se cultivan principalmente caña de azúcar y maíz, pero también se han introducido otros cultivos como agave, frutillas y aguacate. Una superficie de 5,323.5 ha

dentro del polígono del área protegida, esto es, 17.3% de su extensión, corresponde a terrenos dedicados a la agricultura temporal o permanente y a pastizales; a esto se suma el apacentamiento de ganado (principalmente bovino) en algunas áreas con cobertura forestal, lo cual indica que los usos agropecuarios siguen siendo una actividad significativa en el área, que merece una consideración especial como parte de una estrategia de conservación y en el manejo del fuego.

La recreación y turismo son actividades económicas importantes en el BLP. Como ya se señaló, existe una importante afluencia de visitantes que generan ingresos por el cobro de acceso y de algunos servicios. Sin embargo, no existe una evaluación económica de esta actividad. Otro uso del suelo ha sido la exploración para la generación de energía geotérmica entre 1980 y 1990, pero esta se encuentra actualmente suspendida.



Figura 37. Estas fotografías muestran los marcados contraste en las desiguales condiciones socioeconómicas en el entorno y el interior del Bosque La Primavera. Arriba una colonia popular dentro del área de exclusión (izquierda) y un fraccionamiento residencial de lujo (derecha). Abajo un rancho ganadero en medio del bosque y residencias de ocupación secundaria, ambos dentro del polígono del área protegida.

La especulación inmobiliaria es sin duda una actividad económica importante, que genera presiones de cambio de uso del suelo asociadas al crecimiento urbano y a la construcción de residencias secundarias de descanso (Fig. 37). Como se discute en la sección de diagnóstico, tanto las actividades agropecuarias como la urbanización están relacionadas con las causas de los incendios forestales en el BLP.

4 Diagnóstico

En esta sección se aborda el diagnóstico del régimen de fuego potencial y actual de incendios forestales en el Bosque La Primavera, de sus efectos ecológicos y causas y de las capacidades existentes para la puesta en marcha de un programa de manejo del fuego en el área protegida.

El orden en que se presenta este diagnóstico se basa en el planteamiento hecho en el marco conceptual de que el problema central del manejo del fuego es la alteración antropogénica de los regímenes de incendios, es decir, la desviación de su amplitud de variación natural o histórica. En primer lugar, se analizan las características físico-geográficas y del complejo de combustibles forestales que determinan el régimen potencial de incendios y el comportamiento del fuego a escala del paisaje. A partir de este análisis, se hace una evaluación de la incidencia de incendios en los últimos 20 años – el régimen actual de incendios – y esta se compara con el régimen potencial o esperado. Se analizan también el estado del conocimiento acerca de los efectos ecológicos e impactos ambientales de los incendios en el área de estudio, para luego discutir las causas de los incendios. Finalmente, se presenta una evaluación de las prácticas actuales de protección contra incendios y de las capacidades existentes para el manejo del fuego en el área protegida. Como parte de este análisis se identificaron las lagunas de información o de conocimiento existentes, que deberán ser consideradas como parte de la planificación de las actividades de investigación y monitoreo.

4.1 Régimen potencial de incendios

Como se señaló en el marco conceptual (sección 2.3), un régimen de incendios se caracteriza por la frecuencia o intervalo de retorno, estacionalidad, intensidad, severidad, tamaño o patrón espacial de los incendios a través del tiempo y su sinergia con otros agentes de disturbio ecológico (Agee 1993, Sughiara *et al.* 2006). Para una unidad del paisaje, el régimen potencial de incendios esperado está determinado en primera instancia por las condiciones del clima, la geomorfología y la vegetación actual (Falk *et al.* 2007, McKenzie *et al.* 2011, Jardel *et al.* 2014). Partiendo de la caracterización de las condiciones climáticas, geomorfológicas y de vegetación integradas en la clasificación del paisaje del BLP y siguiendo el enfoque planteado en el marco

conceptual, primero se analizaron los atributos del complejo de combustibles forestales para determinar el comportamiento potencial del fuego y luego se determinó el régimen potencial de incendios de los ecosistemas forestales del área de estudio.

4.1.1 *Combustibles forestales y potencial de incendios*

El enfoque conceptual del Sistema de Clasificación de Características de Combustibles (FCCS por sus siglas en inglés; Ottmar *et al.* 2007, Riccardi *et al.* 2007, Prichard *et al.* 2013) fue utilizado como punto de partida para determinar los atributos de las camas de combustibles – unidades del paisaje relativamente homogéneas que representan un ambiente de combustión que determina el comportamiento potencial del fuego y sus efectos – y evaluar su potenciales de incendios, esto es, de propagación superficial, propagación de copa y consumo de combustibles. Las unidades de paisaje (Fig. 28, Tabla 5), descritas en la sección 3.1.7, fueron reinterpretadas como camas de combustibles a partir de observaciones de campo y un inventario preliminar de combustibles forestales (Morfín *et al.* 2017). El mapa de camas de combustibles del BLP se muestra en la figura 38 y estas se describen en la tabla 10, en la cual se agregó información sobre los tipos de combustibles que sirven de base para los modelos estandarizados de comportamiento superficial del fuego que son utilizados en la simulación de incendios y quemas prescritas (Scott y Burgan 2005).

Se identificaron cinco tipos de camas de combustibles forestales, más otras tres unidades que representan áreas transformadas significativamente por factores antropogénicos. Las camas de combustibles forestales incluyen dos tipos de bosque denso que se caracterizan por un dosel cerrado, sotobosque ralo (cobertura menor a 25-30%) y un mantillo (hojarasca) continuo y profundo en lugares que no se han quemado recientemente y que es el estrato que determina el comportamiento del fuego. Ambas unidades se diferenciaron entre sí por las condiciones bioclimáticas y la composición del estrato arbóreo; en la zona templado-cálida subhúmeda los pinos tienden a dominar sobre los encinos mientras que en las zonas semicálida y cálida subhúmeda tienden a ser dominantes los encinos.

En los dos casos la hojarasca formada por la mezcla de acículas de pino y hojas esclerófilas de encino forman un mantillo acolchado altamente inflamable. El modelo de comportamiento del fuego corresponde a mantillo bajo dosel arbóreo (TL, *timber-litter* de acuerdo con Scott y Burgan 2005) y la carga de combustibles varía en función del tiempo transcurrido desde el

último incendio. En una muestra de 12 sitios de muestreo (siguiendo los métodos descritos en Morfín *et al.* 2012) en bosque de encino-pino semicálido, se estimó una carga de combustibles del mantillo entre 10.7 y 39.1 Mg ha⁻¹ (media 26.5 ± 2.7 Mg ha⁻¹) en bosque denso de encino-pino con más de 15 años de tiempo desde el último incendio. En bosque denso de pino-encino templado-cálido subhúmedo con 5 años post-incendio superficial la carga de combustibles del mantillo varió de 26.0 a 37.0 Mg ha⁻¹, pero sólo se contó con datos para tres sitios de muestreo.

La cama de bosques ribereños (clase 3) está formada por árboles latifoliados que crecen en los márgenes de ríos y arroyos; el sotobosque puede ser denso y el mantillo está formado por hojas membranosas; la carga de hojarasca es baja por la acción de la descomposición biológica y los combustibles vivos (hierbas y arbustos) se mantienen húmedos y verdes la mayor parte del año, de manera que esto limita la propagación del fuego.

En los bosques abiertos (clase 4) aumenta la cobertura de arbustos y pastos, que alcanza valores entre 30 y 90%; los combustibles superficiales formados por el sotobosque herbáceo-arbustivo junto con la hojarasca determinan el comportamiento de los incendios superficiales. Esta cama de combustibles corresponde al modelo de comportamiento del fuego de sotobosque bajo dosel arbóreo (TU, *timber-understory*) de acuerdo Scott y Burgan (2005). En sitios con más de 5 años desde el último incendio, la carga de combustibles del mantillo varió entre 26.7 y 32.9 Mg ha⁻¹.

En las formaciones sabanoides los combustibles superficiales están formados por el estrato dominado por pastos con una altura de 30-60 cm y cargas moderadas a altas, que se estimó pueden variar entre 1 y 3 Mg ha⁻¹. Esta cama de combustibles fue asignada a los modelos GR (*grassland*) de Scott y Burgan (2005) utilizados para simular el comportamiento del fuego en pastizales de zonas semiáridas (modelos GR2 y GR3).

La clase 6 de las camas de combustibles corresponden a terrenos que han sido desmontados, en los cuales puede encontrarse cobertura de pastos bajos con altura menor a 30 cm), cuya densidad varía de media a alta; el mantillo es muy delgado o inexistente. Puede incluir también rastrojos de cultivos, arbustos dispersos o en manchones, o terrenos barbechados sin cubierta vegetal. Se consideró que en estos terrenos abiertos pueden propagarse los incendios y se les asignó el modelo GR1 de pastizales ralos de zonas secas (Scott y Burgan 2005).

Por último, las clases 7 y 8 corresponden a áreas de agricultura permanente y centros de población o infraestructura, que corresponden a la categoría “NB” de Scott y Burgan (2005); no

se consideran como camas de combustible, pero en el caso de cultivos como la caña de azúcar o incluso en rastrojos de maíz con pastos y hierbas, pueden propagarse incendios intensos. En los bordes entre las zonas urbanas o en inmediaciones de los centros de población, pueden encontrarse tiraderos de basura que consisten en camas de combustibles no-naturales en las cuales pueden iniciarse incendios.

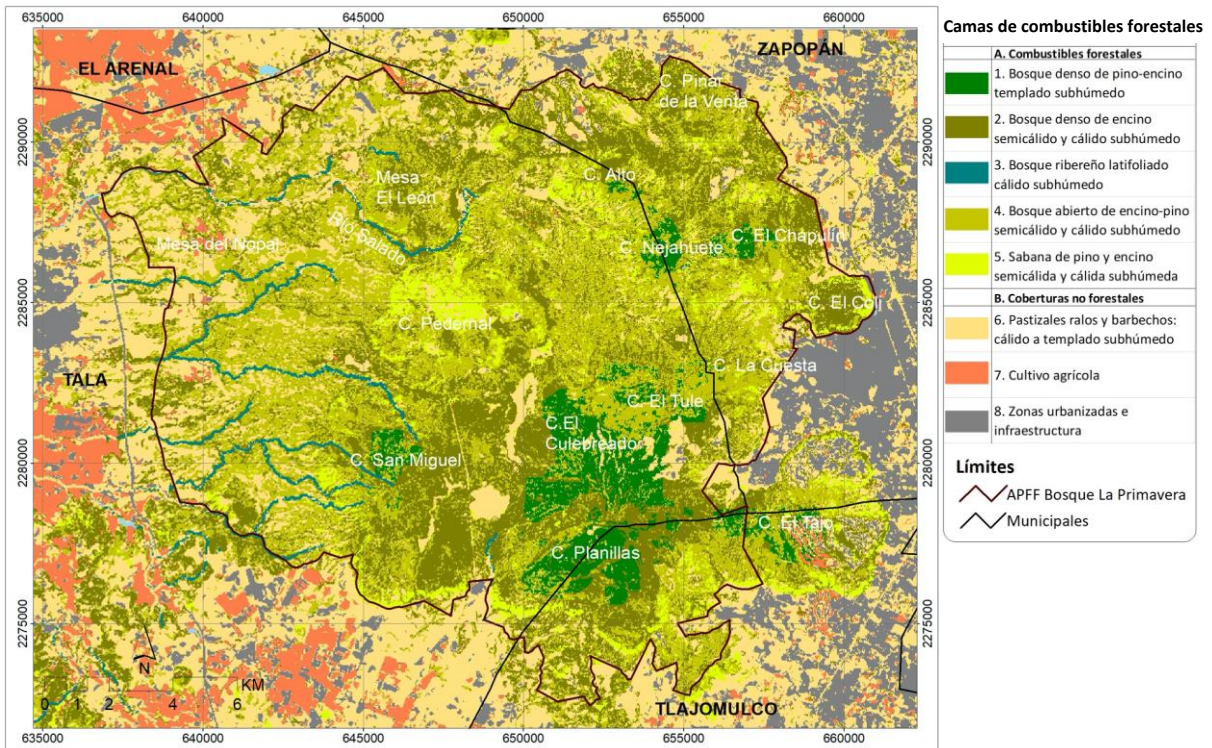








Figura 38. Mapa de camas de combustibles forestales del Bosque La Primavera y su área adyacente: (1) bosque denso de pino-encino templado subhúmedo; (2) bosque denso de encino-pino semicálido y cálido subhúmedo; (3) bosque ribereño latifoliado; (4) bosque abierto de encino-pino cálido y semicálido subhúmedo; (5) sabana de pino y encino semicálida y cálida subhúmeda; (6) pastizales y barbechos; (7) áreas de cultivo agrícola; (8) áreas urbanas. Ver tabla 10.



Tabla 10. Tipos de camas de combustibles del Bosque La Primavera. Se describen sus características generales, el modelo de comportamiento del fuego aplicable^(a), el potencial de propagación de incendios superficiales (SUP), incendios de copa (COP) y consumo de combustibles (CON) en clases de 1 (muy bajo) a 9 (muy alto), basado en el FCCS^(b), y se indica su superficie dentro del área protegida de acuerdo con el mapa de la figura 38.

Camas de combustibles	Descripción	Modelos	Comportamiento del fuego	Potenciales de incendio			Superficie			
				SUP	COP	CON	ha	%		
1 	Bosque denso de pino-encino templado-cálido subhúmedo		Dosel de altura media (15-20 m) con cobertura >60%, con poca continuidad vertical de los combustibles, sotobosque ralo, mantillo de acículas y latifoliadas esclerófilas con carga de combustibles finos moderada (30-40 Mg ha ⁻¹). Cargas bajas de material leñoso caído (MLC).	TL8 (TL9)	El fuego se propaga por el mantillo con velocidad lenta a moderada y llamas bajas a moderadas; pueden producirse antorchamientos.	4	3	4	1,826.1	6.0
2 	Bosque denso de encino-pino semicálido y subhúmedo		Dosel de altura baja (5-15 m) con cobertura >60%, poca continuidad vertical de combustibles, sotobosque ralo, mantillo de latifoliadas esclerófilas, cargas moderadas a altas (20-40 Mg ha ⁻¹); MLC escaso.	TL6 (TL2, TL9)	El fuego se propaga por el mantillo con velocidad moderada y llamas bajas a moderadas; pueden ocurrir antorchamientos.	5	3	3	8,678.4	28.3
3 	Bosque ribereño latifoliado cálido subhúmedo		Bosques con dosel denso (>60%) en márgenes de arroyos, con sotobosque denso de arbustos y hierbas; mantillo de latifoliadas con cargas bajas (n.d.). La vegetación se mantiene verde (húmeda) la mayor parte del año y las corrientes arrastran el mantillo, aunque este puede acumularse en algunos sitios.	TL2	La humedad y la baja carga de mantillo limitan la propagación del fuego. Funciona como refugio de incendios, pero puede ser afectado por el fuego de áreas adyacentes.	3	1	3	516.9	1.7

PROGRAMA DE MANEJO DEL FUEGO DEL BOSQUE LA PRIMAVERA

4		<p>Bosque abierto de encino-pino semicálido y cálido subhúmedo</p> <p>Dosel de altura baja (5-20 m) con cobertura de dosel de 60%, continuidad vertical moderada, sotobosque denso de pastos y arbustos, mantillo de latifoliadas esclerófilas y acículas con cargas moderadas (10-30 Mg ha⁻¹).</p>	TU3 (TU1)	<p>El fuego se propaga por el sotobosque y el mantillo con velocidad y altura de las llamas moderada a alta; pueden ocurrir antorchamientos y en pendientes fuertes fuego de copa.</p>	6	4	2	12,115.8	39.5
5		<p>Sabana de pino y encino semicálida y cálida subhúmeda</p> <p>Pastizales (altura 30-60 cm) con densidad media a alta, con árboles bajos (<15 m) y arbustos dispersos (cobertura <10%), mantillo muy delgado con cargas muy bajas o inexistente. Cargas de pasto moderadas; el pasto está seco durante la estación de incendios.</p>	GR2 (GS3)	<p>El fuego se propaga por el estrato de pastos con velocidad rápida o muy rápida y llamas altas. Los árboles y arbustos pueden producir antorchamientos y dispersión de pavesas.</p>	9	1	1	2,030.5	6.6
Superficie de camas de combustibles forestales 25,167.7 82.1									
6		<p>Pastizales raros y barbechos; cálido a templado subhúmedo</p> <p>Pastizales bajos (<30 cm), con densidad media a alta, mantillo muy delgado o inexistente. Puede incluir rastrojos de cultivos, arbustos dispersos o en manchones, o terrenos barbechados sin cubierta vegetal.</p>	GR1	<p>El fuego se propaga por el pasto seco. La velocidad de propagación y altura de las llamas pueden ser de moderada a altas.</p>	7	0	0	5,193.8	17.0

PROGRAMA DE MANEJO DEL FUEGO DEL BOSQUE LA PRIMAVERA

7		Cultivo agrícola	Áreas bajo cultivo permanente (puede incluir jardines y áreas verdes urbanas). No es una cama de combustible forestal, pero la biomasa de los cultivos en pie puede encenderse y mantener la propagación del fuego. Puede haber combustibles artificiales como plástico y construcciones inflamables.	NB	En cultivos de caña las quemas producen fuego con llamas altas y velocidad de propagación muy rápida.	9	0	0	129.7	0.4	
8		Zonas urbanizadas e infraestructura	Áreas con construcciones e infraestructura en centros de población y carreteras pavimentadas. Incluyen jardines, basureros y sitios con acumulación de materiales potencialmente inflamables.	NB	El fuego puede propagarse desde áreas urbanas o derechos de vía hacia terrenos forestales o viceversa.	n.a.	n.a.	n.a.	145.6	0.5	
									Superficie no forestal	5,469.1	17.9
									Superficie total	30,636.8	100.0

(a) Modelos estandarizados del comportamiento del fuego (Scott y Burgan 2005).

(b) FCCS: Sistema de Clasificación de Características de Combustibles (Ottmar *et al.* 2007).

Esta caracterización y clasificación de camas de combustibles debe considerarse como una primera aproximación, de carácter general, que permite hacer algunas inferencias sobre el comportamiento potencial del fuego en el área de estudio, pero es importante señalar dos cosas que deben ser tomadas en cuenta: (1) la clasificación presentada es una generalización y dentro de cada cama de combustibles existe variabilidad relacionada tanto con las condiciones de sitio y el estado de la vegetación, como con el tiempo transcurrido desde el último incendio (el mapa se basa en una imagen de satélite de 2017 y ha habido cambios en los combustibles de las áreas incendiadas en 2018 y 2019); (2) es necesario contar con un inventario de camas de combustibles con mayor número de unidades de muestreo y desarrollar un catálogo más amplio que facilite hacer evaluaciones rápidas del estado de los combustibles para propósitos de manejo del fuego.

A partir de la caracterización de las camas de combustibles (Fig. 38) y con los datos disponibles de observaciones de campo e inventarios cuantitativos de combustibles se seleccionaron los modelos de comportamiento del fuego en incendios superficiales de Scott y Burgan (2005) que son aplicables al área de estudio. Se utilizó también como referencia un mapa nacional de tipos de combustibles forestales y modelos de comportamiento de incendios superficiales (Jardel-Peláez *et al.* 2018). Con esta información se realizó un análisis del probable comportamiento superficial del fuego para las camas de combustibles del BLP, bajo diferentes escenarios de simulación con el programa *Behave Plus 5.0* (Heinsch y Andrews 2010). Los resultados se muestran en las figuras 39 y 40.

Los modelos TL que corresponden a las camas de combustible de bosque denso (clases 1 y 2), indican una propagación superficial del fuego por el mantillo bajo dosel arbóreo; muestran una velocidad de propagación de muy lenta (menor a 1 m min^{-1}) en TL2 (bajas cargas de hojarasca) a moderada en TL8 y TL9 (cargas moderadas a altas de hojarasca) en pendientes fuertes (hasta $5-7 \text{ m min}^{-1}$). En pendientes menores a 30 % la longitud de las llamas es baja, menor a 1 m, pero en pendientes fuertes alcanza más de 1.5 m en TL8 y con cargas altas de hojarasca (modelo TL9) pueden sobrepasar los 2 m de altura; considerando que la altura a la copa de los árboles en los bosques del área de estudio es baja (5-10 m), esto puede producir antorchamientos que en condiciones de vientos fuertes pueden producir un comportamiento de incendios de copa. En las condiciones de terreno abrupto del BLP, aún las velocidades de propagación relativamente lentas que muestran los modelos TL implican dificultades para el combate directo del fuego,

que no puede realizarse cuando las llamas superan un metro de altura. Esto implica la necesidad de realizar un combate indirecto construyendo guardarrayas relativamente alejadas del frente del incendio y aplicando contrafuegos.

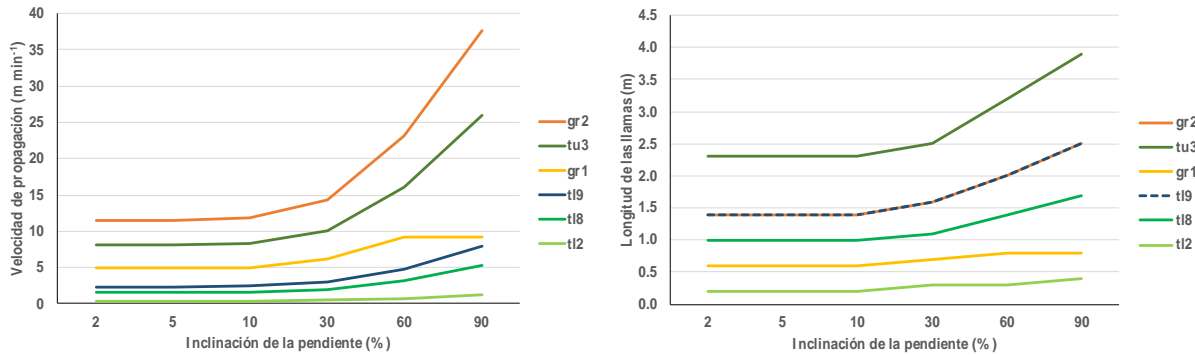


Figura 39. Comportamiento del fuego simulado en Behave Plus 5.0 para los modelos GR 2 (pastizal denso <30 cm), TU3 (sotobosque de pastos y arbustos), GR1 (pastizal ralo), TL9 (carga alta de mantillo acolchado), TL8 (carga moderada de mantillo acolchado) y TL2 (carga ligera de mantillo acolchado), en distintas condiciones de inclinación de la pendiente. A la izquierda se muestra la velocidad de propagación y a la derecha la longitud de las llamas. En la simulación se utilizó un escenario “muy seco” de humedad de los combustibles (porcentaje de humedad de 3, 4 y 5% para combustibles muertos de 1, 10 y 100 horas y de 30 y 60% para combustibles vivos herbáceos y leñosos, respectivamente) y 5 kmh de velocidad del viento.

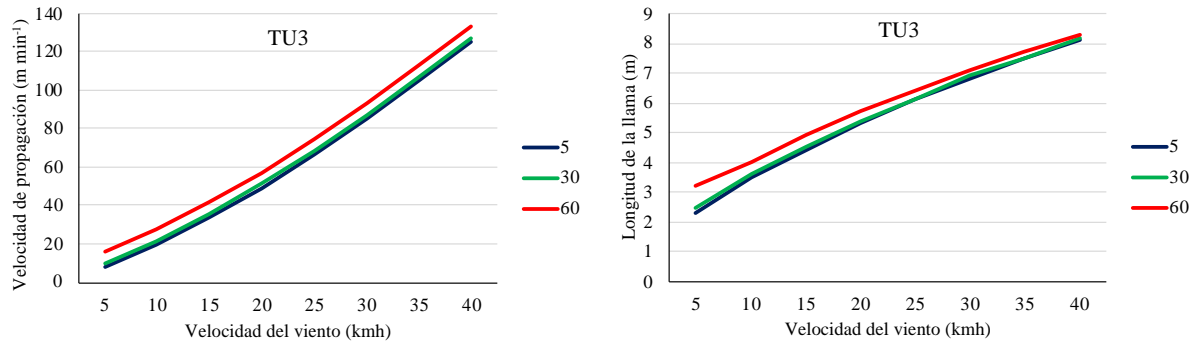


Figura 40. Comportamiento del fuego simulado en Behave Plus 5.0 para el modelo TU3 (sotobosque de pastos y arbustos) utilizado para la cama de combustibles de bosque de encino-pino abierto, en distintas condiciones de inclinación de la pendiente (5, 30 y 60%) y velocidad del viento (de 5 a 40 kmh). A la izquierda se muestra la velocidad de propagación y a la derecha la longitud de las llamas. En la simulación se utilizó un escenario “muy seco” de humedad de los combustibles, con los mismos parámetros que se indican en el pie de la figura 39.

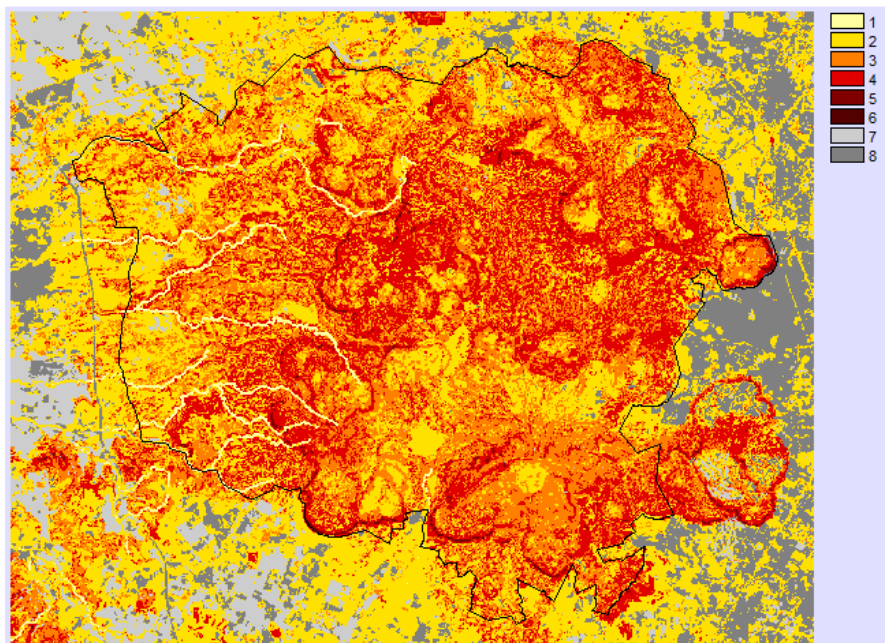
El modelo TU3 utilizado para simular el comportamiento probable del fuego en los bosques abiertos de encino-pino con sotobosque de pastos y arbustos, presenta mayores valores de

velocidad de propagación y longitud de las llamas (Fig. 39). La velocidad de propagación de 9-10 m que se observa para pendientes menores a 30% se considera alta (equivale a la velocidad con la cual puede desplazarse pendiente arriba un combatiente de incendios en buenas condiciones físicas cargando su equipo). En pendientes mayores a 30%, la velocidad de propagación llega a ser muy alta (mayor a 15 m min^{-1}), de acuerdo con los estándares de combate de incendios (Scott y Burgan 2005). La longitud de las llamas alcanza más de 2 m de altura (3-4 m en pendientes mayores a 60%), lo cual se considera alto a muy alto, e igual al caso anterior puede producir antorchamientos y comportamiento de copa.

Hay que tomar en cuenta que en la simulación se asumen condiciones uniformes de la cama de combustibles en las que la cubierta arbórea modera el efecto del viento, pero en la realidad se presentan en el terreno cambios en la densidad del arbolado, la carga de combustibles, la pendiente y el efecto del viento que modifican el comportamiento del fuego. Los modelos de simulación sólo son una ayuda para estimar condiciones probables, pero la experiencia de combate de incendios en el BLP indica que pueden presentarse ráfagas de viento que dispersan pavesas encendiendo focos secundarios, con lo cual se aumenta la velocidad de propagación, y que además cuando la lumbre asciende por cañadas o pendientes fuertes puede provocar estallidos (Fig. 21). La figura 40 muestra la simulación del comportamiento del fuego bajo distintas condiciones de inclinación de la pendiente y velocidad del viento, e indica que hay condiciones en el área para el comportamiento extremo del fuego.

A partir de la cruce del mapa de camas de combustibles (Fig. 38) y el mapa de pendientes (Fig. 19), utilizando los modelos de combustibles de Scott y Burgan (2005) asignados a cada cama y la simulación del comportamiento probable del fuego en *Behave Plus 5.0* (Heinsch y Andrews 2010), se construyeron mapas de velocidad de propagación y longitud de las llamas (Fig. 41). En ambos casos en la simulación se utilizaron condiciones estándar de humedad de los combustibles (escenario muy seco) y velocidad del viento uniforme (5 kmh). La división en 6 clases de velocidad lenta a extrema y de longitud de la llama muy baja a extrema, se basan en las categorías estándar definidas por Scott y Burgan (2005).

Longitud de las llamas



Velocidad de propagación

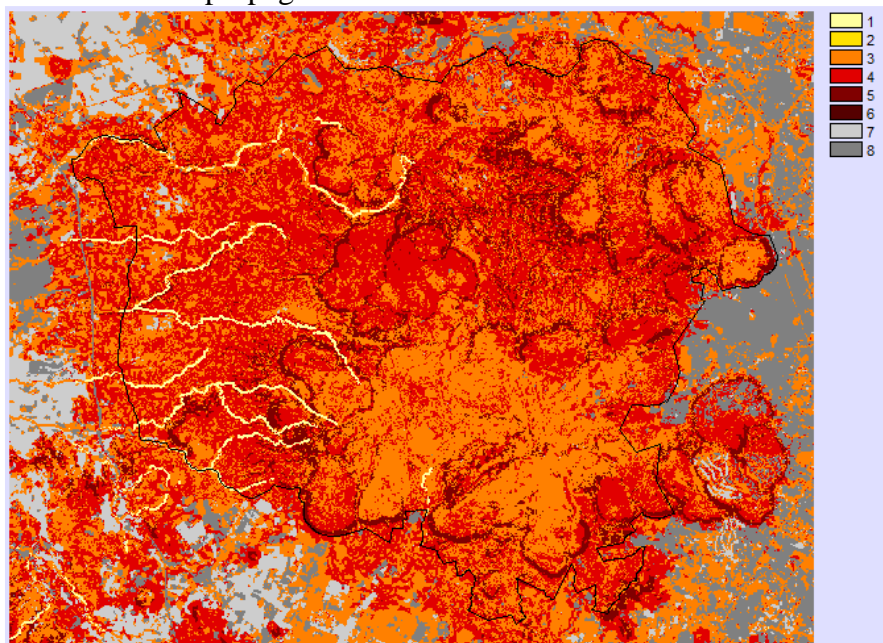


Figura 41. Mapas del comportamiento potencial de incendios superficiales, elaborados a partir de la simulación en *Behave Plus 5.0*. Arriba clases definidas por la longitud de las llamas (en metros): 1, muy baja (<0.5); 2, baja (0.5-1.5); 3, moderada (1.5-2.5); 4, alta (2.5-4.0); 5, muy alta (4.0-8.0); 6, extrema (>8.0). Abajo clases definidas por la velocidad de propagación (en metros por minuto): 1, muy lenta (<0.5); 2, lenta (0.5-1.5); 3, moderada (1.5-5); 4, rápida (5-15); 5, muy rápida (15-50); 6, extrema (>50).

Los dos mapas antes señalados se cruzaron para producir un nuevo mapa que indica el peligro de incendios en el BLP. En este caso se utilizaron 9 clases de peligro: bajo (1-3), moderado (4-6) y alto (7-9). La tabla 11 muestra los datos de superficie en hectáreas y porcentaje por categoría de peligro de incendios dentro del polígono del BLP y en su área circundante. En la mayor parte de la superficie dentro del área protegida (67.3%) el peligro de incendios se clasificó como moderado, con predominio de incendios superficiales que pueden ser intensos; en 11.1% del área, que corresponde a laderas con pendientes abruptas, el peligro puede ser alto y sólo en 20.6% se clasificó como bajo; el 0.9% restante corresponde a áreas agrícolas y urbanas.

Prácticamente todo el terreno del BLP es susceptible a incendiarse y esto incluye los campos agrícolas y zonas urbanas que se encuentran en medio o adyacentes a los terrenos forestales. En los mapas de las figuras 41 y 42 puede apreciarse que zonas urbanizadas como los fraccionamientos de Pinar de la Venta al noreste y en el área del Cerro del Tajo al sureste, o las colonias populares alrededor del Cerro de El Coli, se encuentran adyacentes o dentro de terrenos boscosos donde el peligro de incendios varía de moderado a alto. En estos terrenos de la interfaz urbano-forestal el fuego iniciado dentro de los centros de población (por ejemplo, por la quema de basura o causas accidentales) puede propagarse hacia el bosque, mientras que los incendios forestales pueden alcanzar las áreas urbanizadas causando daño a la infraestructura o poniendo en riesgo la vida de personas.

Tabla 11. Superficie por clase de peligro de incendios (ver Fig. 42) dentro del Bosque La Primavera (BLP) y su área adyacente (AA).

Clases de peligro de incendios	Superficie BLP		Superficie AA	
	ha	%	ha	%
1 Muy bajo	516.9	1.7	141.2	0.5
2 Bajo	0.0	0.0	0.0	0.0
3 Bajo a moderado	5,806.1	19.0	9,004.1	30.5
4 Moderado a bajo	9,534.5	31.1	6,963.9	23.6
5 Moderado	4,217.7	13.8	967.3	3.3
6 Moderado a alto	6,879.4	22.5	1,227.9	4.2
7 Alto a moderado	3,134.5	10.2	666.7	2.3
8 Alto	272.4	0.9	60.3	0.2
9 Muy alto	0.0	0.0	0.0	0.0
10 Agricultura	129.7	0.4	3,923.3	13.3
11 Zonas urbanas	145.6	0.5	6,604.0	22.3
Total	30,636.8	100.0	29,558.8	100.0

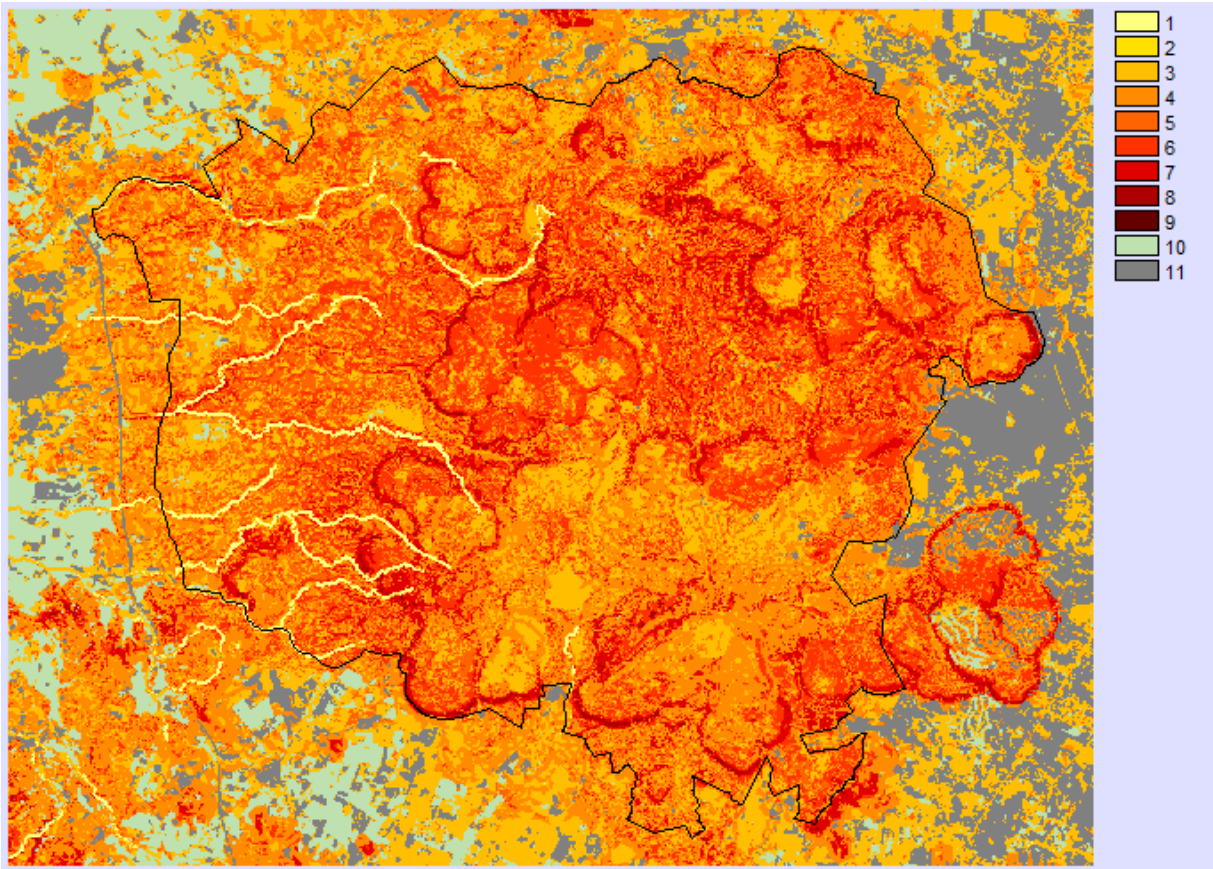


Figura 42. Mapa de peligro de incendios superficiales en función del comportamiento potencial del fuego (velocidad de propagación y longitud de las llamas). Las clases son: 1, muy bajo; 2, bajo; 3, bajo a moderado; 4, moderado a bajo; 5, moderado; 6, moderado a alto; 7, alto a moderado; 8, alto; 9, muy alto. Las clases 10 y 11 corresponden a las áreas de agricultura permanente y urbanas, respectivamente.

El FCCS (Ottmar *et al.* 2007, Riccardi *et al.* 2007, Prichard *et al.* 2013) fue utilizado para clasificar los potenciales de incendios – de propagación superficial, de incendios de copa y de consumo de combustibles – a partir de datos del catálogo de camas de combustibles del BLP (Morfín *et al.* 2017) y haciendo comparaciones con otras camas análogas de otros lugares de Jalisco (Alvarado *et al.* 2008, Graf, en preparación) así como de Norteamérica (que se encuentran en www.fs.fed.us/pnw/fera). Se alimentó el programa del FCCS con datos de las camas de combustible y se determinaron sus potenciales de incendios, haciendo comparaciones con el análisis previo de comportamiento del fuego superficial. Posteriormente, se asignaron los potenciales a las clases del mapa de camas de combustibles (Fig. 38), obteniéndose los mapas que se muestran en la figura 43 y los resultados de la tabla 12.

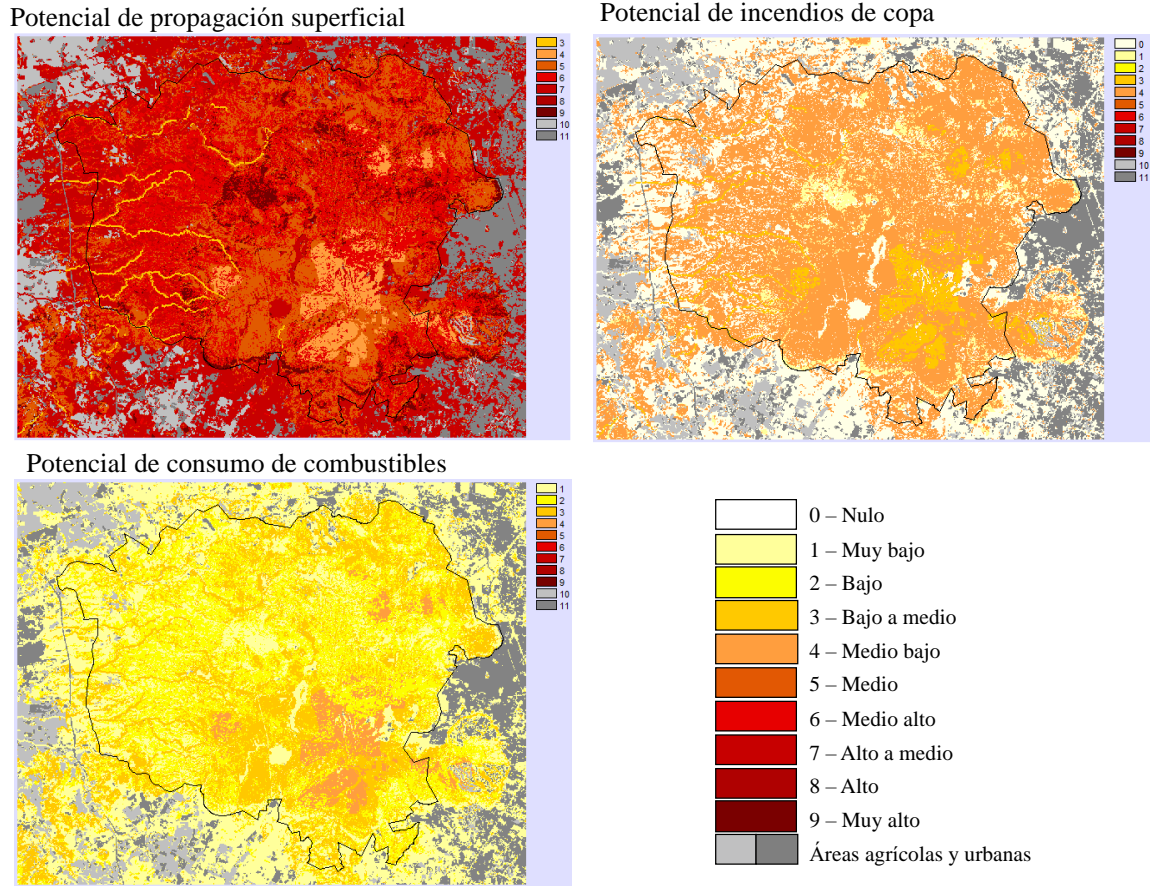


Figura 43. Mapas de potencial de incendios basado en el Sistema de Clasificación de Características de Combustibles (FCCS). A, potencial de propagación superficial del fuego; B, potencial de incendios de copa y C, potencial de consumo de combustibles. Los potenciales están clasificados en 0 (nulo) y de 1 (muy bajo) a 9, muy alto).

Tabla 12. Potenciales de incendios de las camas de combustibles del Bosque La Primavera, basados en el Sistema de Clasificación de Características de Combustibles (FCCS).

Clase	Superficial		Copa		Consumo	
	ha	%	ha	%	ha	%
0 Nulo	0.0	0.0	5,193.8	17.0	0.0	0.0
1 Muy bajo	0.0	0.0	2,030.5	6.6	7,224.3	23.6
2 Bajo	0.0	0.0	0.0	0.0	12,115.8	39.5
3 Bajo a moderado	516.9	1.7	2,343.0	7.6	9,195.3	30.0
4 Moderado a bajo	1,826.1	6.0	20,794.2	67.9	1,826.1	6.0
5 Moderado	8,678.4	28.3	0.0	0.0	0.0	0.0
6 Moderado a alto	12,115.8	39.5	0.0	0.0	0.0	0.0
7 Alto a moderado	5,193.8	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 Alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9 Muy alto	2,030.5	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0
10 Agricultura	129.7	0.4	129.7	0.4	129.7	0.4
11 Zonas urbanas	145.6	0.5	145.6	0.5	145.6	0.5
Totales	30,636.8	100.0	30,636.8	100.0	30,636.8	100.0

Los resultados de la tabla 12 indican que en el área de estudio predomina un potencial de comportamiento superficial del fuego, que en la mayor parte del del área varía de moderado (28.3%) en los bosques densos a moderado-alto (39.5%) en los bosques abiertos. El potencial alto-moderado y muy alto de comportamiento superficial, corresponde a las camas de combustibles de sabanas y pastizales. En cuanto al potencial de incendios de copa este fue moderado-bajo en el 67.9% del área; este tipo de incendios se producen sólamente en lugares donde se combinan condiciones de topografía fuertemente inclinadas, humedad atmosférica muy baja con vientos fuertes y alta acumulación de combustibles después de varios años sin incendios.

Debido a las condiciones subhúmedas del área, la acumulación de biomasa combustible que puede consumirse en las fases de la combustión es relativamente baja (si la comparamos por ejemplo con bosques de coníferas de zonas húmedas o con el bosque mesófilo de montaña o el bosque tropical perennifolio); los potenciales de consumo de combustibles fueron por lo tanto de muy bajos en los pastizales a bajos o moderado-bajos en los bosques.

Para poder comparar entre sí distintas camas de combustibles en diferentes lugares del mundo o en una región, los potenciales de incendios son estimados a partir de las mismas condiciones de referencia (humedad de los combustibles, pendiente y velocidad del viento). Mientras que el análisis de peligro de incendios (Fig. 42) se centra en el probable comportamiento del fuego que pueden enfrentar los combatientes de incendios en las condiciones locales, los potenciales del FCCS nos permiten hacer una comparación entre las propiedades de las camas de combustibles del área de estudio con otras partes de México o el mundo y sirve como un paso para la caracterización de los regímenes potenciales de incendios.

4.1.2 Regímenes potenciales de incendios

De acuerdo con la clasificación de regímenes de incendios establecida en la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007 que define las especificaciones técnicas para el uso del fuego en terrenos forestales y en las actividades agropecuarias, los bosques de pino y encino son considerados de manera general como “ecosistemas adaptados o mantenidos por el fuego”. Esta clasificación está basada en un estudio mundial (Hardesty *et al.* 2005), pero no refleja adecuadamente la variabilidad de los regímenes de incendios en el complejo de condiciones ecológicas presentes en el territorio mexicano; por esta razón, la CONAFOR solicitó un estudio

más detallado a escala nacional sobre la caracterización, clasificación y mapeo de los regímenes potenciales de incendios en los ecosistemas terrestres de México (Jardel *et al.* 2018). Utilizamos dicho trabajo como referencia para el caso del BLP, los regímenes potenciales de incendios (RPI) fueron analizados a un mayor de detalle.

Partiendo de las bases teóricas de la ecología fuego a escala del paisaje (Agee 1993, Falk *et al.* 2007, Bradstock 2010, McKenzie *et al.* 2011), el modelo conceptual del RPI parte de que existe una relación zonal, esto es, asociada con clima, entre los factores como la temperatura y el balance hídrico y los regímenes de incendios de unidades del paisaje (Jardel *et al.* 2009, 2014). El clima determina la productividad primaria neta (PPN) de los ecosistemas terrestres (Chapin *et al.* 2002) y por lo tanto la cantidad de biomasa (combustible potencial) que puede acumularse, así como la tasa de reconstrucción post-incendio de las camas de combustibles. El primer factor, la PPN, está relacionado no sólo con el combustible potencial sino también con las características fisonómicas de la vegetación (altura, densidad, estratificación vertical, tipo y fenología de hojas) así como con la acumulación de biomasa en el mantillo del suelo (Jardel *et al.* 2017, 2018) que son determinantes de las propiedades físicas de las camas de combustibles y su potencial de incendios (Ottmar *et al.* 2007, Prichard *et al.* 2013). La combinación de mapas de zonas bioclimáticas-vegetación potencial utilizando el Sistema de Zonas de Vida de Holdridge (Holdridge 1987) y mapas de vegetación actual, permite construir unidades de paisaje que, junto con datos de inventarios de combustibles permiten evaluar el potencial de comportamiento superficial o de copa del fuego, como se mostró en la sección anterior. Esto nos da una primera aproximación al RPI identificando el tipo de incendios que pueden ocurrir en las unidades de paisaje.

El segundo factor, la tasa o velocidad a la cual se recupera el material combustible con el tiempo post-incendio está relacionado con la frecuencia o intervalo de retorno del fuego. En formaciones herbáceas como los pastizales y sabanas, las camas de combustible pueden recuperarse en la temporada de crecimiento inmediata al incendio y soportar fuegos con un intervalo de retorno de pocos años; lo mismo ocurre en bosques con incendios superficiales. En el caso de camas de combustibles con potencial de incendios de copa, el fuego reinicia la sucesión; se habla entonces de un régimen de incendios severos o de remplazo de rodales y el intervalo de retorno del fuego será largo, variando en su duración en función de la productividad de sitio que puede estar restringida por bajas temperaturas o por baja disponibilidad de agua.

Estas relaciones han permitido explicar ciertos patrones en los regímenes de incendios y su asociación con zonas bioclimáticas (para una revisión general véase Scott *et al.* 2014; para el noroeste de Estados Unidos Agee 1993, y para México Jardel-Peláez *et al.* 2009, 2014).

Otro componente del RPI es la estacionalidad de los incendios, que está determinada por la duración de la temporada seca del año. En resumen, factores como el potencial en el tipo e intensidad de los incendios, su frecuencia y su estacionalidad pueden ser inferidos a partir de los factores clima y vegetación que caracterizan las condiciones de zonas ecológicas.

La severidad potencial de los incendios es un componente más complejo del RPI, ya que se relaciona no sólo con los efectos inmediatos o de primer orden de la intensidad del fuego, sino también con la respuesta de la vegetación. En ecosistemas propensos a incendios predominan comunidades de plantas adaptadas a este régimen de fuego (Bond y van Wilgen 1996), como es el caso de pastizales, sabanas, pinares y encinares, que pueden resistir y recuperarse de incendios intensos, mientras que en el caso de los bosques tropicales perennifolios o los bosques mesófilos de montaña aún incendios de muy baja intensidad pueden tener efectos severos (Jardel-Peláez *et al.* 2014).

A escala del paisaje en bosques pueden identificarse tres clases básicas de severidad (basado en Agee 1993 y 1998b, con modificaciones para el área de estudio): (1) severidad baja cuando el fuego consume la superficie del mantillo del suelo y la vegetación del sotobosque, sin formar claros grandes en el dosel y con una reducción de la cobertura arborea o área basal menor a 20%; (2) severidad moderada o mixta, cuando el fuego forma un mosaico de claros (menores a 10 ha) por la muerte de árboles en el dosel en medio de una matriz donde predominan áreas quemadas de baja severidad y la reducción de la cobertura de dosel o el área basal varía entre 20-60%; (3) severidad alta cuando el fuego produce claros extensos, del orden de decenas de hectáreas o más, y la reducción de cobertura o área basal es mayor a 60%. Para el caso de los pastizales, los incendios se consideran de baja severidad si la cobertura se recupera en la temporada de crecimiento (la estación lluviosa) siguiente al incendio (asumiendo que no hay otros factores diferentes al fuego que impidan la regeneración).

La variación en las condiciones de la pendiente y la forma del relieve, como ya se señaló antes, influyen generando variación en los RPI en el paisaje, ya sea por la creación de condiciones más húmedas o secas asociadas al relieve que influyen en la vegetación y su productividad (y por lo

tanto en el combustible potencial y disponible), barreras a la propagación del fuego, áreas inundables o laderas expuestas a la radiación solar incidente y con pendientes fuertes donde el fuego se propaga con mayor velocidad. Ejemplos de esto en el BLP son las barrancas, márgenes de cuerpos de agua y paredes rocosas sombreadas que funcionan como refugios de los incendios y que son hábitat de especies sensibles o intolerantes al fuego, o las laderas secas con pendientes abruptas que rodean a los domos y mesas, que son un rasgo distintivo del paisaje del área y donde ocurren incendios intensos.

Siguiendo estos criterios en el BLP se identificaron tres de 13 tipos de regímenes de incendios de ecosistemas forestales, de acuerdo con la clasificación que presentan Jardel *et al.* (2014); dos corresponden a ecosistemas propensos a incendios con formaciones herbáceas (clase I) o boscosas (clase II) y una a ecosistemas reluctantes a incendios en condiciones azonales definidas por inundación temporal o permanente (clase X). Dos clases adicionales corresponden a unidades de paisaje transformadas por actividades agropecuarias (XII) o urbanización (XIII). La clase II fue subdividida en tres clases en función del comportamiento potencial del fuego asociado a la variación en las propiedades de las camas de combustibles. Estas clases se describen a continuación en la tabla 13 y el mapa de RPI se presenta en la figura 44.

Exceptuando los bosques ribereños que cubren menos del 2% de la superficie, la mayor parte del BLP (80.5%) corresponde a ecosistemas propensos a incendios frecuentes, superficiales de intensidad moderada a alta y severidad baja a mixta; estos incendios ocurren durante el fin del invierno y la primavera (febrero-junio). La superficie restante (17.9%) está ocupada por terrenos fuertemente transformados por la acción humana.

El tamaño y patrón espacial de los incendios no fue determinado como parte de la caracterización del RPI y es un tema sobre el que se requiere más información y sobre el cual sólo se pueden apuntar algunas observaciones generales. El tamaño de los incendios, al igual que otros componentes del RPI, está determinado por la variación climática, las condiciones topográficas y el estado del complejo de combustibles, pero tiende a ser más variable en función de condiciones locales (Turner *et al.* 1997, Díaz y Pons 2001, Schoenber *et al.* 2003, Schoennagel *et al.* 2008).

Los incendios tienden a ser más extensos (del orden de miles de hectáreas) en áreas con poca variación topográfica y camas de combustibles uniformes, como se ha observado por ejemplo

en el caso de los bosques boreales de coníferas (Johnson 1992, Bergeron *et al.* 2002); en terrenos montañosos, la heterogeneidad del relieve favorece incendios de extensión relativamente más pequeña, del orden de decenas a cientos de hectáreas (Jardel-Peláez *et al.* 2009). En años con condiciones de clima extremo favorable a la propagación del fuego los incendios en un área pueden ser mucho más extensos que en años dentro de las normales climatológicas (Schoennagel *et al.* 2008, Jardel-Peláez *et al.* 2009). Puede conjeturarse que en un terreno montañoso como el de la Sierra de la Primavera y bajo la existencia de un mosaico de rodales quemados en distintos años y con distinto grado de severidad, el tamaño de los incendios sería del orden de cientos de hectáreas.

Puede asumirse un intervalo medio de retorno de 5-10 años, con un máximo de 35 años, un valor semejante al promedio determinado en estudios de datación de incendios en otros bosques de pino del país. Cinco años es también el tiempo promedio en que se reconstruye la cama de combustibles después de incendios superficiales hasta alcanzar cargas de hojarasca y material leñoso fino del orden de 20 Mg ha^{-1} , de acuerdo a observaciones realizadas en el área de estudio. Considerando estos valores, en un área como la del BLP podrían estarse quemando en incendios superficiales entre mil y 6 mil hectáreas anuales (entre el 3 y 20% de su extensión), un tamaño del mismo orden que la observada en algunos de los años más críticos de las últimas dos décadas, pero con efectos de menor severidad. Aunque estas son superficies proporcionalmente grandes comparadas con la extensión total del área protegida, no corresponden a lo que en los medios se han denominado de manera sensacionalista megaincendios, término que técnicamente se utiliza para superficies quemadas mayores a 100,000 ha (Tedim *et al.* 2018), esto es, tres veces mayores que la extensión total del BLP.

En el área de estudio se carece actualmente de información sobre el régimen histórico de incendios (RHI), que puede ser reconstruido para periodos de tiempo de cientos a miles de años mediante la datación de carbón en sedimentos o cicatrices de fuego en los anillos de crecimiento de los árboles (McKenzie 2004). Sin embargo la presencia de restos fósiles de pinos y otro material vegetal carbonizados en sedimentos del antiguo cráter del lago de la caldera de La Primavera, con una antigüedad entre 38 y 39 mil años (Maciel-Flores *et al.* 2011) indica que los incendios forestales han estado presentes en el área desde tiempos remotos, al igual que en otros bosques de pino o encino del mundo (Scott 2018).

El predominio de ecosistemas propensos a incendios frecuentes de severidad baja a mixta, implica que la supresión del fuego puede producir acumulaciones de combustibles que favorezcan la propagación de incendios más intensos y con efectos más severos de lo normal. Esto implica la necesidad de mantener o restaurar, mediante prácticas de manejo del fuego, la amplitud de la variación natural o histórica en el régimen de incendios.

Tabla 13. Régimenes potenciales de incendios (RPI) en el Bosque La Primavera.

Régimen potencial de incendios		Clase	Cama de combustibles	Superficie	
RPI	Descripción			ha	%
Ecosistemas propensos a incendios					
I	Incendios frecuentes (intervalo de retorno, IR, <30 años) en formaciones herbáceas, superficiales de intensidad moderada a alta, severidad baja.	1	Sabanas y pastizales	2,030.5	6.6
II	Incendios frecuentes (IR <30 años) en formaciones boscosas, superficiales de intensidad moderada, severidad baja a mixta.	2	Bosque abierto de encino-pino semicálido o cálido subhúmedo	12,115.8	39.5
		3	Bosque denso de encino-pino semicálido o cálido subhúmedo	8,678.4	28.3
		4	Bosque denso de pino-encino templado-cálido subhúmedo	1,826.1	6.0
				24,650.8	80.5
Ecosistemas reluctantes a incendios por condiciones azonales					
X	Incendios infrecuentes (limitados por humedad), superficiales de intensidad baja, severidad baja a mixta.	5	Bosque ribereño latifoliado	516.9	1.7
Ecosistemas antropizados					
XII	Régimen alterado por actividades agropecuarias.	6	Pastizales y cultivos agrícolas	5,323.5	17.4
XIII	Régimen alterado por urbanización y construcción de infraestructura.	7	Áreas urbanizadas e infraestructura	145.6	0.5
				5,469.1	17.9
Total				30,636.8	100.0

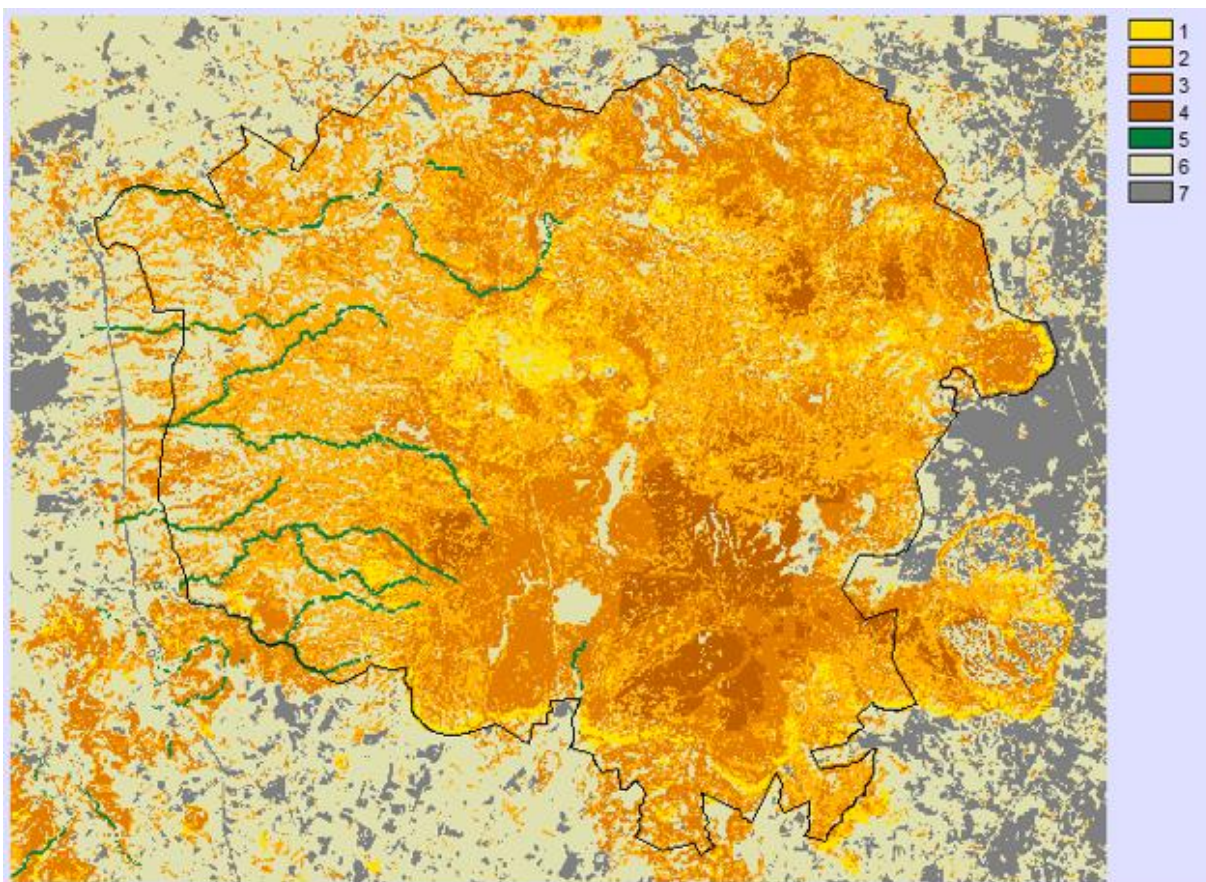


Figura 44. Mapa de regímenes potenciales de incendios (RPI) en el Bosque La Primavera. Las clases 1-4 corresponden a un RPI de ecosistemas propensos a incendios frecuentes de severidad baja a mixta y se diferenciaron por el comportamiento potencial del fuego y el tipo de vegetación. Sólo la clase 5 corresponde a ecosistemas reluctantes al fuego. Las clases 6 y 7 corresponden a áreas transformadas por actividades agropecuarias y urbanización, respectivamente.

El RPI es una hipótesis sobre los que debería ser el tipo, frecuencia, estacionalidad, intensidad, severidad y patrón espacial de los incendios forestales en un paisaje con ciertas características físico-geográficas, que nos sirve como referencia para evaluar el régimen de incendios observado actualmente, el RAI, cuando se carece de suficiente información sobre el régimen histórico de incendios.

4.2 Condición actual del régimen de incendios

De acuerdo con los registros existentes en el OPD-BLP en el área y sus inmediaciones han ocurrido incendios forestales todos los años durante las últimas dos décadas. En el periodo 1998-2019 la superficie promedio anual incendiada fue de $2,377.4 \pm 690.0$ ha y se registraron en total

1,582 incendios, con una media de 83 ± 8 incendios por año (Tabla 14). La superficie que se quema cada año es variable y el valor de la mediana, 1,108.4 ha año⁻¹, refleja mejor la tendencia anual. Los años con menor superficie incendiada fueron 2003 y 2014 con 251.6 ha y 274.0 ha respectivamente, mientras que los años con mayor extensión fueron 2012 (8,566.8 ha) y 2005 (13,158.6 ha). No se encontró correlación entre número de incendios y superficie incendiada ($r= 0.15$, $p >0.05$).

Tabla 14. Número de incendios registrados y superficie incendiada por año en el Bosque La Primavera durante el periodo 1998-2019. La última columna muestra el porcentaje incendiado del área protegida y se indican las sumas acumuladas, medias con su error estándar (EE) y la mediana.

Año	Número	Superficie (ha)	% del BLP
1998	s.d.	6,138.0	20.0
1999	s.d.	480.0	1.6
2000	s.d.	4,766.0	15.6
2001	99	937.4	3.1
2002	101	2,232.2	7.3
2003	37	251.6	0.8
2004	59	1,279.4	4.2
2005	106	13,158.6	43.0
2006	65	604.5	2.0
2007	62	422.2	1.4
2008	51	2,369.8	7.7
2009	110	659.6	2.2
2010	93	629.8	2.1
2011	89	2,054.2	6.7
2012	73	8,566.8	28.0
2013	100	563.8	1.8
2014	62	274.0	0.9
2015	55	362.1	1.2
2016	130	652.0	2.1
2017	150	2,468.0	8.1
2018	115	3,368.2	11.0
2019	25	3,038.8	9.9
Suma	1,582.0	55,277.0	180.4
Media	83.3	2,512.6	8.2
EE	7.5	681.6	2.2
Mediana	89.0	1,108.4	3.6

En los gráficos de la figura 45 se muestra con datos estandarizados la desviación del número de incendios y de la superficie incendiada respecto a la media del periodo de referencia. En la mitad de los años el número de incendios fue mayor a la media, pero en superficie sólo dos años, 2005 y 2012, mostraron una desviación significativa cercana o mayor a dos desviaciones estándar. El

número de incendios mostró un aumento importante en los años 2016, 2017 y 2018, pero la superficie incendiada no mostró una desviación significativa de la media, lo que sugiere que las medidas de combate de incendios tuvieron éxito. Respecto a la línea de tendencia de la superficie incendiada, esta muestra picos en los años críticos como 2005 y 2012, o incluso 2018-2019, en los que se observa un aumento respecto a los años anteriores; esto es, se observa un aumento de la superficie quemada precedido por intervalos de 4 a 6 años en los que el área de los incendios estuvo por debajo de la media. Este patrón muestra que sólo en pocos años ocurren incendios extensos y la periodicidad sugiere que esto puede estar probablemente relacionado con condiciones más secas de lo normal (que fue el caso sólo en 1998 y 2005) o con la acumulación de combustibles, como se discute más adelante.

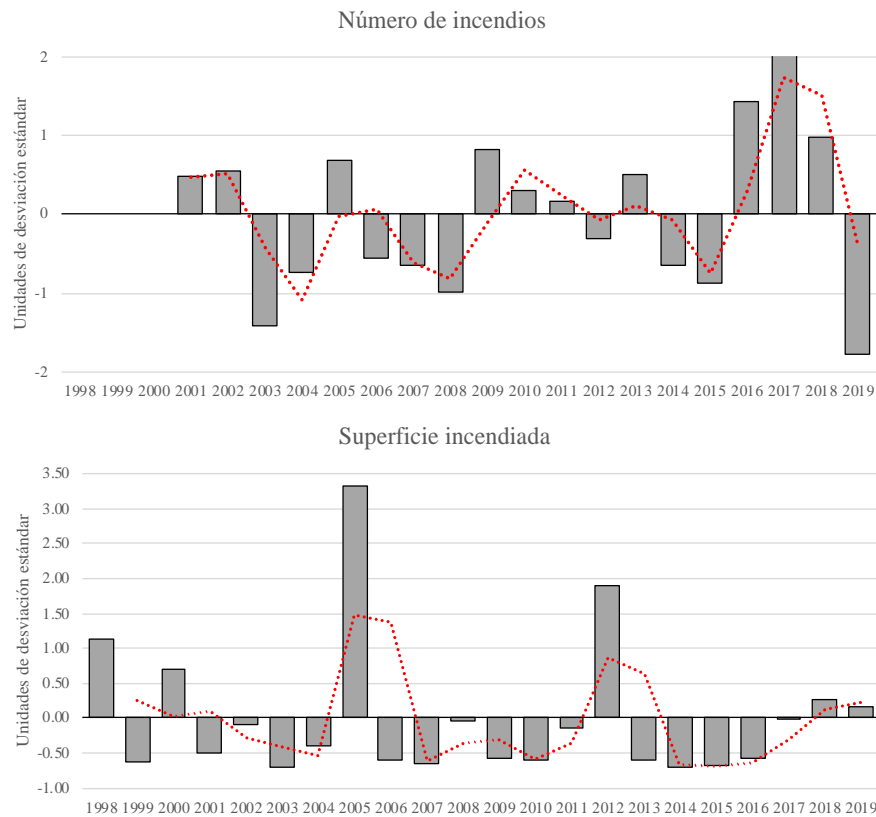


Figura 45. Variación anual del número de incendios (arriba) de 2001 a 2019 y de la superficie incendiada de 1998 a 2019. Los datos fueron estandarizados para mostrar las desviaciones respecto a la media (línea horizontal, valor 0). La línea de tendencia (punteada en color rojo) es la media móvil con un periodo de 5 años.

Los incendios en el BLP son en su mayor parte de pequeña extensión (Fig. 46); 52% de los 1582 eventos de fuego registrados entre 2001-2019 fueron menores a 2.5 ha de superficie y pueden considerarse como conatos que fueron rápida y efectivamente controlados, mientras que la superficie de 44% varió entre 2.5 y 50 ha; sólo 4% de los incendios fueron mayores a 50 ha. Para comparación el tamaño medio de los incendios en México varía anualmente entre 30-50 ha. Sin embargo, los incendios mayores a 50 ha representaron el 83% de la superficie quemada y sólo 6 incendios mayores a 800 ha contribuyeron con 63% de esta.

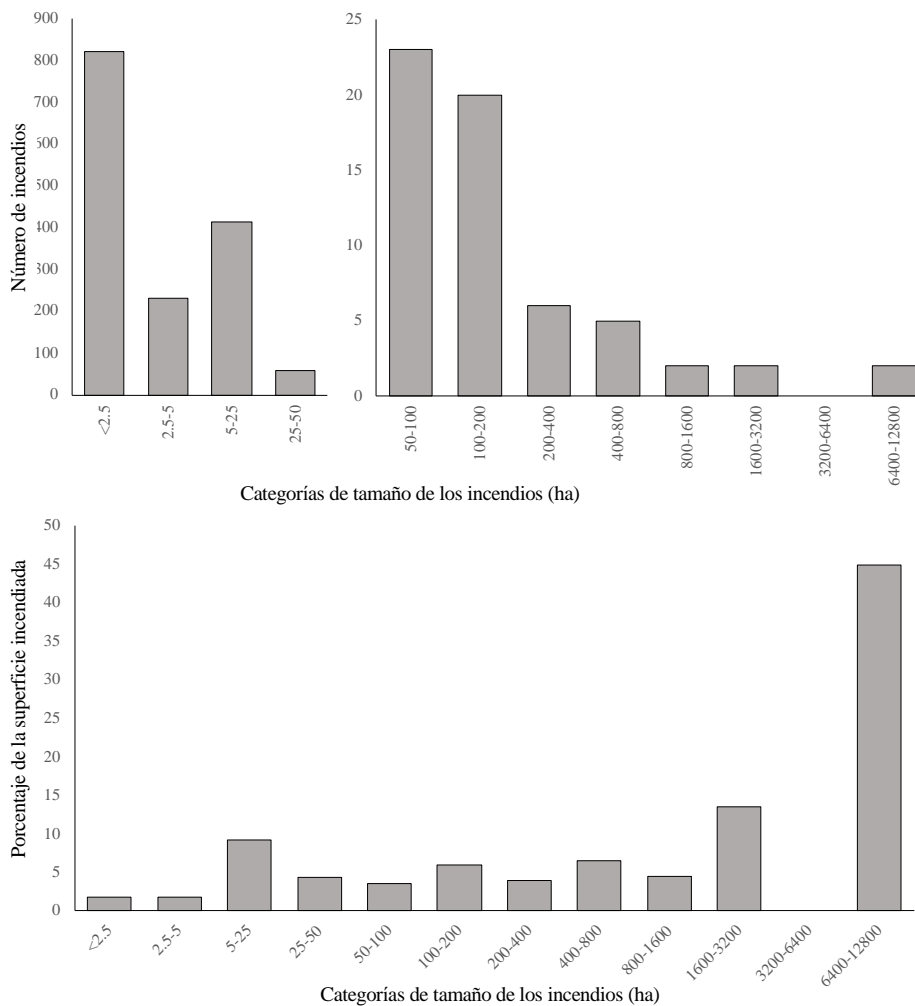


Figura 46. Distribución de tamaños de los incendios (arriba) y porcentaje de la superficie incendiada por categoría de tamaño (abajo). Nótese que la gráfica de arriba se dividió en dos partes y la escala del eje Y es diferente, por el alto número de incendios menores a 50 ha. Elaborado a partir de datos de 1582 incendios registrados entre 2001 y 2019. Fuente: OPD-BLP.

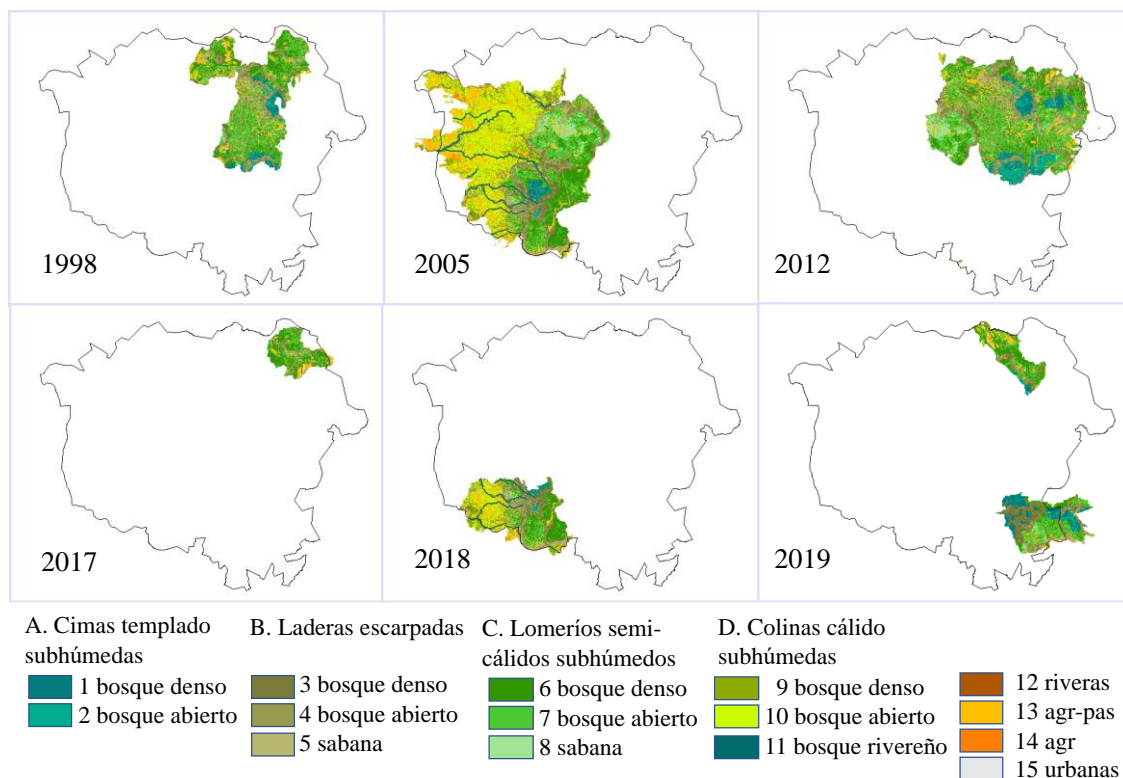


Figura 47. Incendios grandes ocurridos en las últimas dos décadas en el Bosque La Primavera. En los polígonos de los incendios se muestran las unidades de paisaje. La superficie afectada por año en cada unidad se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Porcentaje de superficie incendiada por unidad del paisaje en el Bosque La Primavera en los incendios de 1998, 2005, 2012 y 2017-2019.

Unidad de paisaje	Superficie (ha)	Porcentaje de superficie incendiada por unidad			
		1998	2005	2012	2017-2019
<i>A Cimas templado subhúmedos</i>					
1 Bosque templado subhúmedo denso	1,941.4	9.5	6.2	20.1	21.4
2 Bosque templado subhúmedo abierto	1,033.1	20.4	6.3	58.6	17.0
<i>B Laderas escarpadas</i>					
3 Bosque semicálido subhúmedo denso	3,310.5	11.7	26.7	19.7	30.5
4 Bosque semicálido subhúmedo abierto	3,184.5	22.1	31.4	37.4	22.5
5 Sabanas semicálidas	1,623.1	15.3	27.2	27.7	21.2
<i>C Lomeríos semicálidos subhúmedos</i>					
6 Bosque semicálido subhúmedo denso	5,304.6	18.7	24.5	23.9	27.2
7 Bosque semicálido subhúmedo abierto	5,306.6	24.0	25.3	42.9	22.8
8 Sabanas y pastzales cálidos	945.0	17.9	42.2	54.7	13.9
<i>D Colinas cálido subhúmedas</i>					
9 Bosque cálido subhúmedo denso	2,957.1	0.6	26.2	0.3	6.1
10 Bosque cálido subhúmedo abierto	4,895.9	0.4	53.7	0.4	7.8
11 Bosque de ribera	658.1	0.6	56.1	0.8	21.4
<i>E Áreas antropizadas</i>					
12 Vegetación secundaria de ribera	357.9	0.3	10.2	0.4	4.8
13 Patizal-agricultura	17,875.3	2.9	11.2	4.5	4.6
14 Agricultura	4,053.0	0.1	1.2	0.2	0.4
15 Zonas urbanas e infraestructura	6,749.6	0.2	0.3	0.3	0.5
Totales	60,195.6	7.9	19.0	13.6	11.7

La figura 47 y la tabla 15 muestran los incendios más extensos del período 1998-2019 y las unidades de paisaje incendiadas. El mapa de la figura 48 muestra las superficies de los incendios registrados en el BLP y su área adyacente en los últimos cinco años (2015-2019). Al cruzar los mapas anuales se obtuvieron clases de frecuencia de incendios que representan las celdas donde se registraron de 0 (áreas no quemadas) hasta 5 incendios. Aunque el periodo de observación es corto permite apuntar algunas observaciones generales sobre la frecuencia de incendios actual para compararlas con lo que predice el RPI. La mayor parte de la superficie quemada en el BLP y su área adyacente en estos 5 años, considerando sólo las unidades de paisaje forestales y excluyendo las que están modificadas por cultivos o urbanización, fue el 78.7%; en 20.2% sólo se registró un incendio y en 1.1% se registraron tres incendios (Tabla 16).

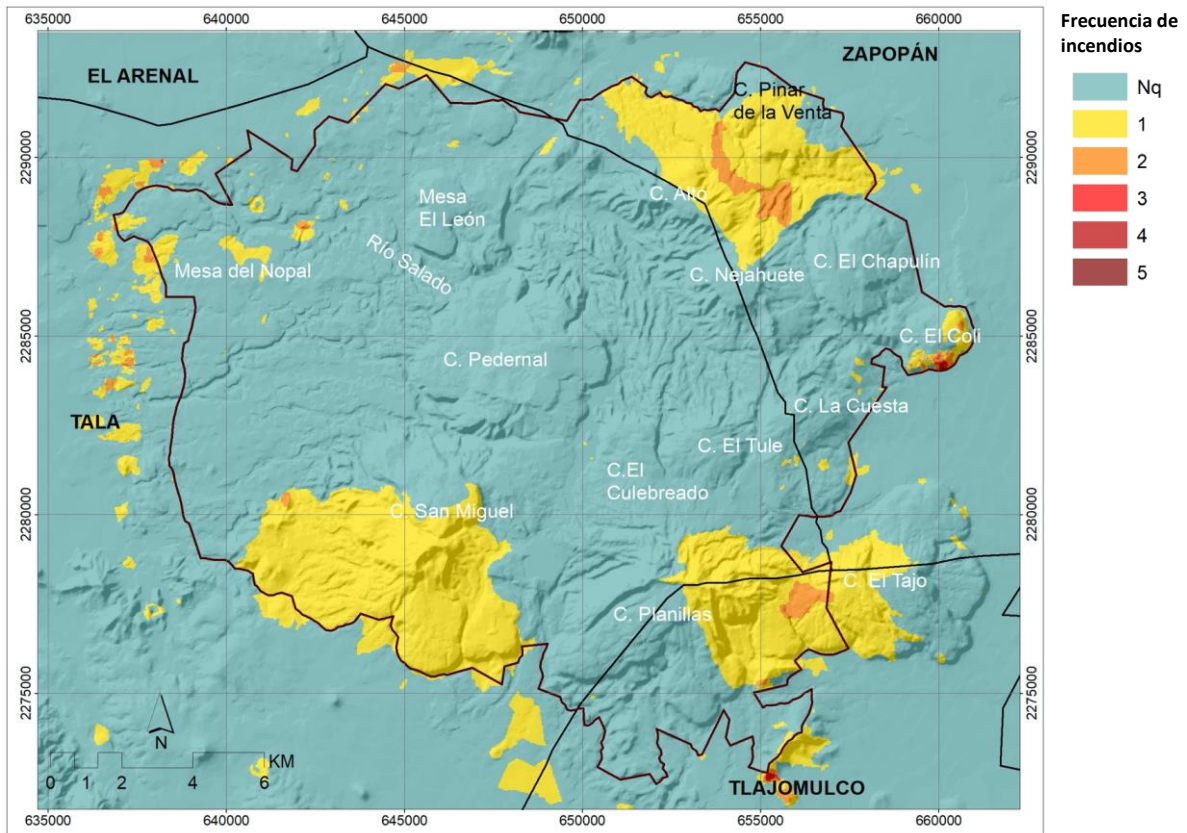


Figura 48. Mapa de superficies incendiadas en el Bosque La Primavera y el área adyacente entre 2015 y 2019, por clase de frecuencia de incendios registrados en el periodo: Nq, no quemado; 1, un incendio, 2-5, dos a cinco incendios repetidos en la misma área.

Además de registrar donde ocurren incendios con mayor frecuencia, que es en el límite del área protegida en el Cerro de El Coli y en el extremo sureste, fuera del polígono (Fig. 48), puede apreciarse que en la mayor parte del área el intervalo de retorno de incendios fue mayor a 5 años. Esto implica que en el resto de la superficie forestal, particularmente en los bosques densos y excluyendo las áreas en proceso de regeneración que se quemaron severamente en los incendios de 2005 y 2012, pueden estarse acumulando cargas de combustibles superficiales que pueden soportar la propagación de incendios grandes en los próximos años.

Tabla 16. Superficie forestal por clases de frecuencia de incendios registrados en el periodo 2012-2019 en el Bosque La Primavera y su área adyacente. La primera columna muestra las clases de número de incendios; la segunda la frecuencia de incendios (número dividido entre los años de observación) y el intervalo de retorno (IR) es el número de años de observación entre el número de incendios registrados.

Nº incendios	Frecuencia (N/años)	IR (años)	Superficie	
			ha	%
0	0.00	n.a.	24,511.9	78.7
1	0.20	≥ 5.0	6,305.9	20.2
2	0.40	2.5	329.2	1.1
3	0.60	1.7	9.9	0.03
4	0.80	1.3	2.5	0.01
5	1.00	1.0	0.5	0.001
Total de superficie forestal			31,159.8	100.0

El análisis del RPI indica que debería estarse quemando mayor superficie anualmente en incendios superficiales de baja severidad y que los intervalos de retorno deben oscilar alrededor de 5-10 años; intervalos más largos implican peligro de incendios más intensos, severos y extensos. Los patrones observados en la variación anual del número de incendios y superficie incendiada y en la distribución de tamaños de los incendios, indican que se realizan grandes esfuerzos para la supresión del fuego, con éxito en la inmensa mayoría de los casos, pero que unos pocos incendios que llegan a propagarse dentro del bosque, en terreno abrupto, con un complejo de combustibles forestales propenso a incendiarse y bajo condiciones de clima seco, llegan a quemar áreas extensas. Son estos incendios los que generan las presiones mediáticas y políticas y los eventos de altas emisiones contaminantes. Los resultados del análisis de los regímenes de incendios potenciales y actuales indican la necesidad de un enfoque centrado en el manejo del fuego, sobre todo considerando las causas de los incendios en el entorno del área protegida, que se discuten en la siguiente sección.

4.3 Causas de los incendios

Conocer las causas de los incendios es una cuestión fundamental para orientar las políticas y acciones de manejo del fuego (Jardel-Peláez, 2010). En principio es importante no sólo saber cuáles son las causas directas o materiales que inician el fuego en terrenos forestales, sino también entender sus causas raíz o subyacentes. Lo primero implica la necesidad de contar con registros confiables y continuos desarrollando y manteniendo sistemas de información que sirvan de base para el análisis de causas y la toma de decisiones de manejo (Balcázar-Medina 2011). Lo segundo requiere de la investigación de los factores sociales – que en sentido amplio tienen dimensiones culturales, económicas, institucionales y demográficas que cambian a través de la historia (Jardel-Peláez *et al.* 2013) – subyacentes a las causas antropogénicas que producen en la actualidad la mayor parte de los incendios forestales.

Las causas de los incendios se pueden clasificar en tres tipos: (1) naturales, cuando el fuego se origina sin intervención humana, principalmente por la caída de rayos; (2) accidentales, cuando el incendio forestal se inicia por el escape no intencional del fuego originado por actividades humanas, y (3) deliberados, cuando se quema un área a propósito.

Las descargas de rayos nube-tierra son la principal causa natural de incendios en terrenos silvestres en el mundo (Komarek 1968). En el BLP sólo se registraron dos incendios iniciados por rayos en los últimos 20 años. En áreas densamente pobladas ocurren pocos incendios naturales, por el hecho de que el fuego antropogénico compite, por así decirlo, por el combustible disponible. Sin embargo, en México existe un subregistro de los incendios causados por rayos porque estos se inician generalmente en áreas remotas y por el tiempo que transcurre entre la ignición y la manifestación de llamas y humo que permiten detectarlos. Cuando mejoran los sistemas de detección, aumenta el registro de incendios causados por rayos (Balcázar-Medina 2011). La caída de rayos ocurre generalmente asociada con lluvias, pero los incendios pueden ser causados por este factor cuando la precipitación es baja, no alcanza a humedecer suficientemente los combustibles y el fuego se propaga en los días siguientes en los que cesa la precipitación (lo que puede ocurrir después de las lluvias invernales o cabañuelas) o en la transición de la temporada de sequía a la estación lluviosa; los rayos pueden caer también en áreas adyacentes a donde ocurre la precipitación (Gedalof 2011). Debe considerarse que, aún

logrando una prevención de incendios antropogénicos efectiva, pueden iniciarse incendios por causas naturales.

En la tabla 17 y la figura 49 se presentan las causas directas de los incendios reportadas por las brigadas de combate y registradas en bases de datos del OPD-BLP. Puede apreciarse que casi todos los incendios registrados con causa conocida ocurrieron por factores antropogénicos tanto deliberados como accidentales.

Tabla 17. Causas directas de incendios forestales registradas en el Bosque La Primavera y áreas adyacentes durante el periodo 2001-2019. Elaborado con datos de 1576 eventos a partir de los registros del OPD-BLP.

Causa	Número de incendios		Superficie incendiada	
	N	%	ha	%
No determinada	385	24.4	15,622.6	35.6
Quema agropecuaria	266	16.9	11,631.0	26.5
Quema de basura	174	11.0	9,043.2	20.6
Intencional	443	28.1	4,265.9	9.7
Paseantes	265	16.8	3,043.0	6.9
Otras	44	2.8	281.3	0.6
Totales	1577	100.0	43,886.9	100.0

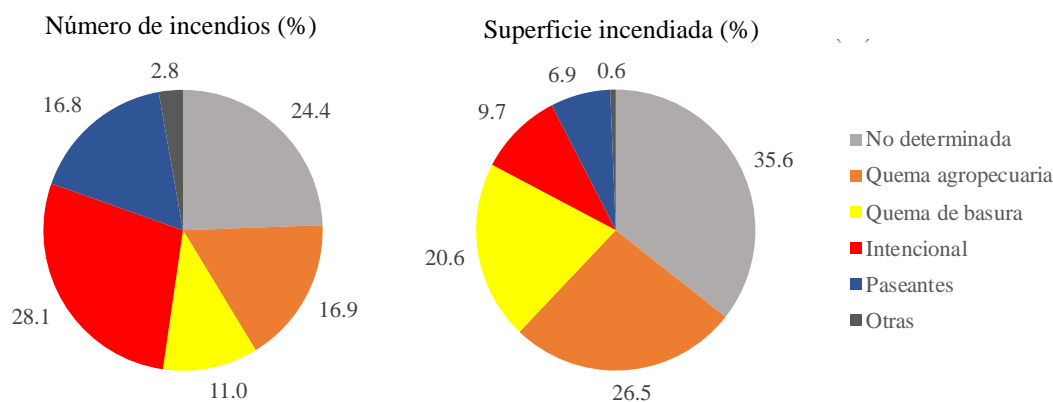


Figura 49. Porcentaje del número de incendios y superficie incendiada por tipo de causa en el Bosque La Primavera durante el periodo 2001-2019.

Lo primero que resalta en la tabla 17 es que para el 24% de los incendios que representan 35.6% de la superficie incendiada entre 2001 y 2019 la causa fue desconocida. En general, en México existe un problema de carencia de medios y procedimientos para la realización de tareas de investigación de causas de los incendios y las estadísticas oficiales se basan en los reportes de las brigadas de combate (Balcázar-Medina 2011). Existe también el problema de la dificultad

para determinar las causas por el origen puntual de las igniciones, el tiempo que puede transcurrir entre estas y la manifestación de llamas y humo que permitan detectar el fuego en áreas remotas y las capacidades disponibles para vigilancia y detección temprana.⁷

Respecto a las causas conocidas de acuerdo con lo registrado, las quemas de basura y las quemas agropecuarias iniciaron respectivamente el 11.0 y 16.9% de los incendios y causaron 20.6 y 26.5% de la superficie incendiada. Esto indica que un alto número de los incendios se inician fuera del área protegida o en su límite con los campos de cultivo y la interfaz urbano-forestal y representan cerca de la mitad de la superficie incendiada.

Los incendios intencionales, aquellos causados a propósito para quemar áreas forestales para favorecer el cambio de uso del suelo, por vandalismo, como sabotaje al área protegida, por conflictos de propiedad o por la acción de pirómanos, fueron la causa más importante en términos del número de incendios (28.1%) pero contribuyeron sólo con el 9.7% de la superficie quemada. Sin embargo, es notorio el hecho de que el 31% de los incendios intencionales (138, que representan el 8.8% del total de incendios del periodo) sean atribuidos a vandalismo.

La quinta causa en importancia fueron los incendios iniciados por paseantes – incluye visitantes, transeúntes, fogatas – que provocaron 16.8% de los incendios y 6.9% de la superficie incendiada. Las otras causas (2.8% de los incendios y 0.6% del área quemada) incluyeron múltiples factores como accidentes de tránsito, descargas de líneas de conducción eléctrica, actividades de cacería, etc.

La superficie incendiada por tipo de causa varió año con año (Fig. 50). Entre 2000 y 2009 se observó una disminución del área de incendios causados por quemas agropecuarias y esta se mantuvo baja hasta 2017; sin embargo, en 2018 y 2019 el escape del fuego de quemas en terrenos en barbecho, contiguos al límite del BLP, penetraron al área boscosa en terrenos abruptos que tenían mucho tiempo sin quemarse y provocaron incendio de cerca de 3,000 ha en las faldas de los cerros de San Miguel y Planillas. Los incendios más grandes del periodo se originaron por causa no determinada (2005), quema de basura aunque en un contexto de

⁷ Los incendios en los que se registró como causa “fumadores” (118 eventos, 7.4% del total) se asignaron a causa desconocida por tres razones: (1) es muy difícil determinar con seguridad esta causa, (2) es común registrarla para el llenado de formatos cuando no se tiene seguridad sobre el origen del incendio y (3) aunque no es imposible que una colilla de cigarrillo pueda encender combustibles ligeros como pasto cuando están muy secos, es muy improbable que puedan producir la ignición de hojarasca. Otras causas como el efecto de lupa de fondos de botellas de vidrio no tienen ningún fundamento empírico.

conflicto de tierras (2012), quemas agrícolas (2018 y 2019), intencional (2017) y paseantes (2008).

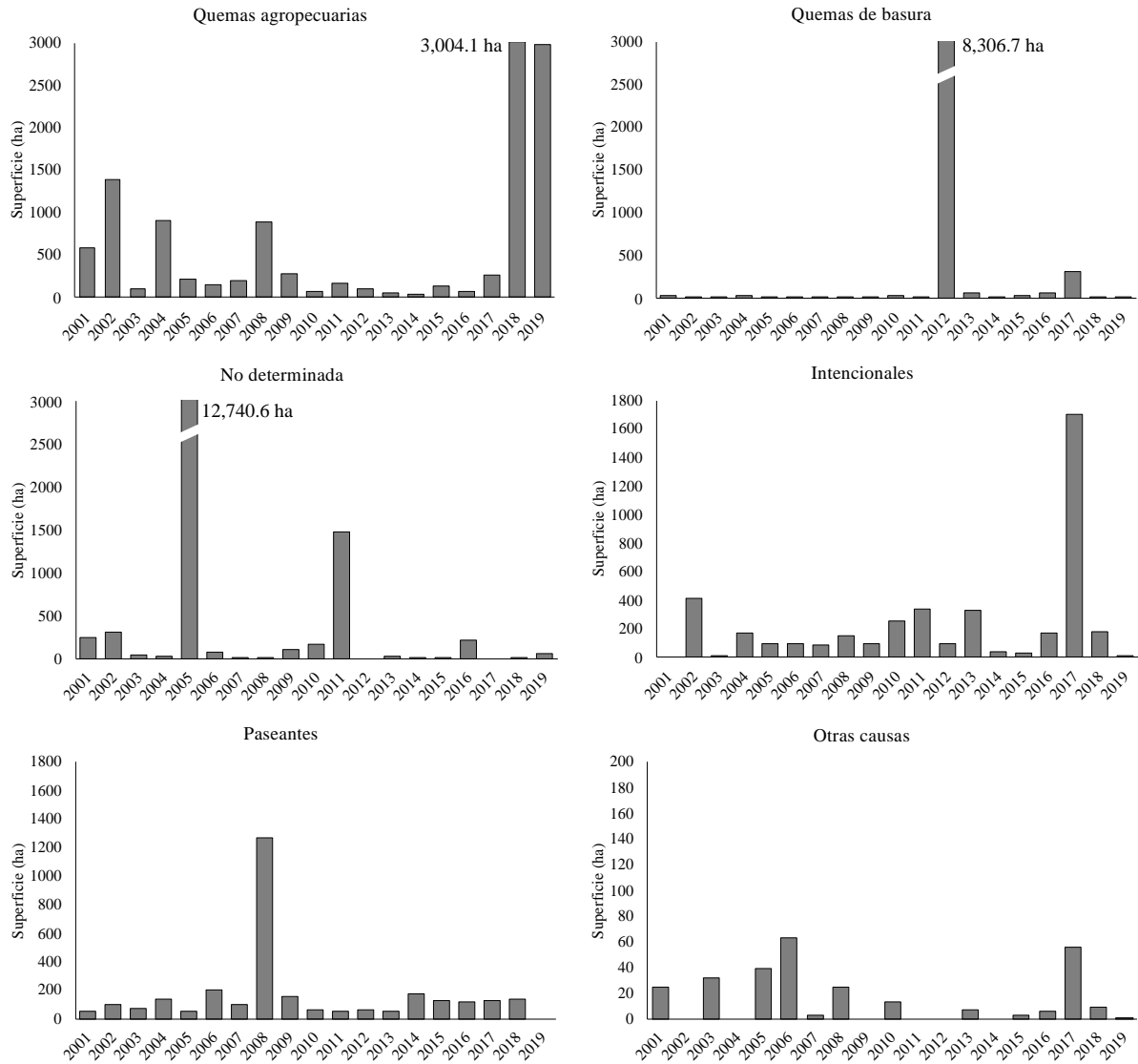


Figura 50. Variación interanual de la superficie incendiada en el Bosque La Primavera en el periodo 2001-2019 por tipo de causas de incendios.

En general el hecho de que el BLP se encuentre en un entorno densamente poblado, implica un alto riesgo de igniciones. A esto se suma la alta afluencia de visitantes, pero los registros de causas de incendios de los últimos 20 años indican que gran parte de los incendios en el BLP están asociados con la interfaz urbano-forestal y las áreas agrícolas.

4.4 Áreas críticas para el manejo del fuego

Para la planificación del manejo del fuego es necesaria la identificación de áreas que representan condiciones críticas de alta incidencia de incendios y de peligro de incendios por el estado del complejo de combustibles. El mapa de la figura 51 muestra las áreas con mayor frecuencia de incendios registrados en los últimos años sobrepuestas a la superficie forestal del BLP y su área adyacente. En el mapa se definieron cuatro categorías: (1) áreas forestales en las que se registraron dos o más incendios en el periodo 2015-2019; (2) áreas forestales con un incendio reciente; (3) áreas forestales no quemadas recientemente, y (4) áreas abiertas bajo uso agrícola o urbano con incendios recientes; se muestran además las áreas agrícolas y urbanas (clases 5 y 6); se señalan también sitios no quemados en años recientes, con alta acumulación de combustibles forestales, donde pueden propagarse incendios grandes y sitios de alto riesgo en la interfaz urbano-forestal.

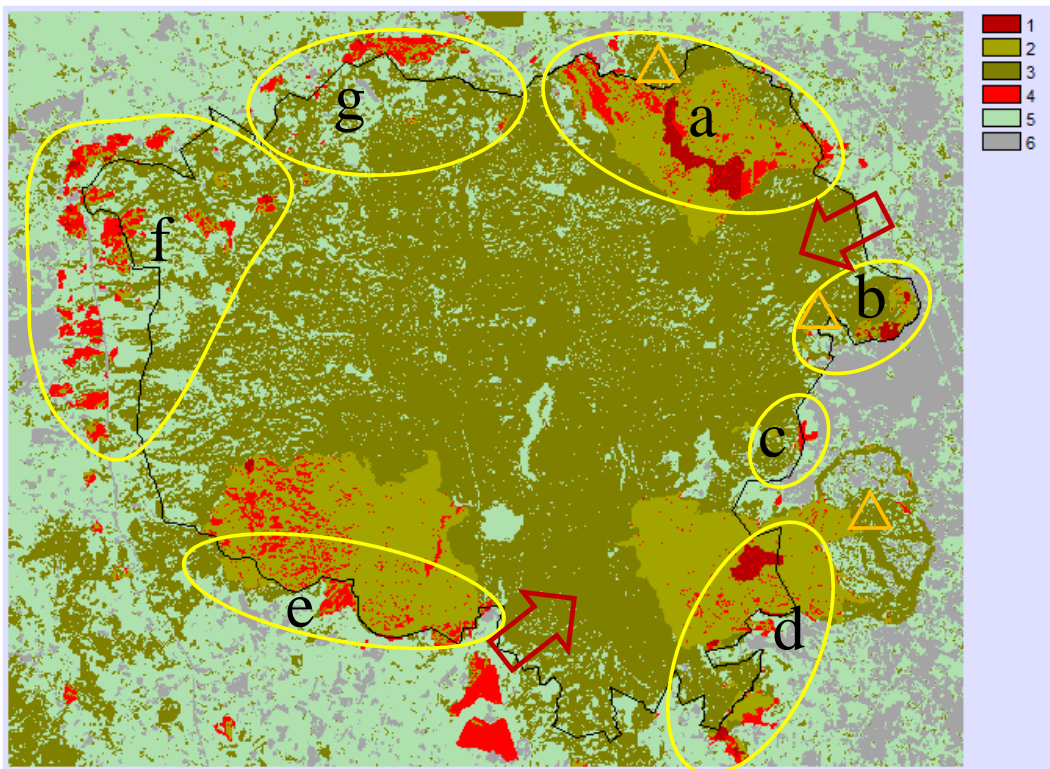


Figura 51. Mapa de áreas críticas para el manejo del fuego por incidencia reciente de incendios. Clases: (1) áreas forestales con dos o más incendios recientes; (2) áreas forestales con un incendio reciente; (3) áreas forestales sin incendios recientes (no quemadas en los últimos cinco años); (4) áreas agrícolas o urbanas con incendios recientes; (5) áreas agrícolas sin incendios y (6) áreas urbanas e infraestructura. Las áreas críticas identificadas son: (a) Pinar de la Venta-Mesa de San Juan; (b) Cerro de El Coli-Lomas de la Primavera; (c) San José de la Montaña; (d) Cerro del Tajo-La Cuchilla; (e) San Miguel; (f) Tala, y (g) Emiliano Zapata-La Primavera. Las flechas indican lugares no quemados recientemente con alta acumulación de combustibles donde pueden propagarse incendios y los triángulos sitios críticos en la interfaz urbano-forestal.

Con la cruza de los mapas de peligro de incendios (Fig. 42) y frecuencia de incendios de los últimos 5 años (Fig. 48), se elaboró un mapa adicional para identificar áreas donde puede haber alta acumulación de combustibles (Fig. 52). De acuerdo con este mapa, puede haber aproximadamente 7,764 ha de bosques que no se han quemado en los últimos 5 años con altas cargas de combustibles superficiales; estas áreas (clase 1) en el mapa deben ser consideradas como prioritarias para aplicar tratamientos de combustibles. El área compacta más extensa con esta condición se ubica entre el límite centro sur del área protegida, los cerros de Pedernal y Culebredo al norte y al este y oeste las áreas incendiadas de Planillas y San Miguel. Otras áreas donde debe evaluarse en el terreno la prioridad de tratamientos de combustibles son la Mesa El León y Cerro El Chapulín.

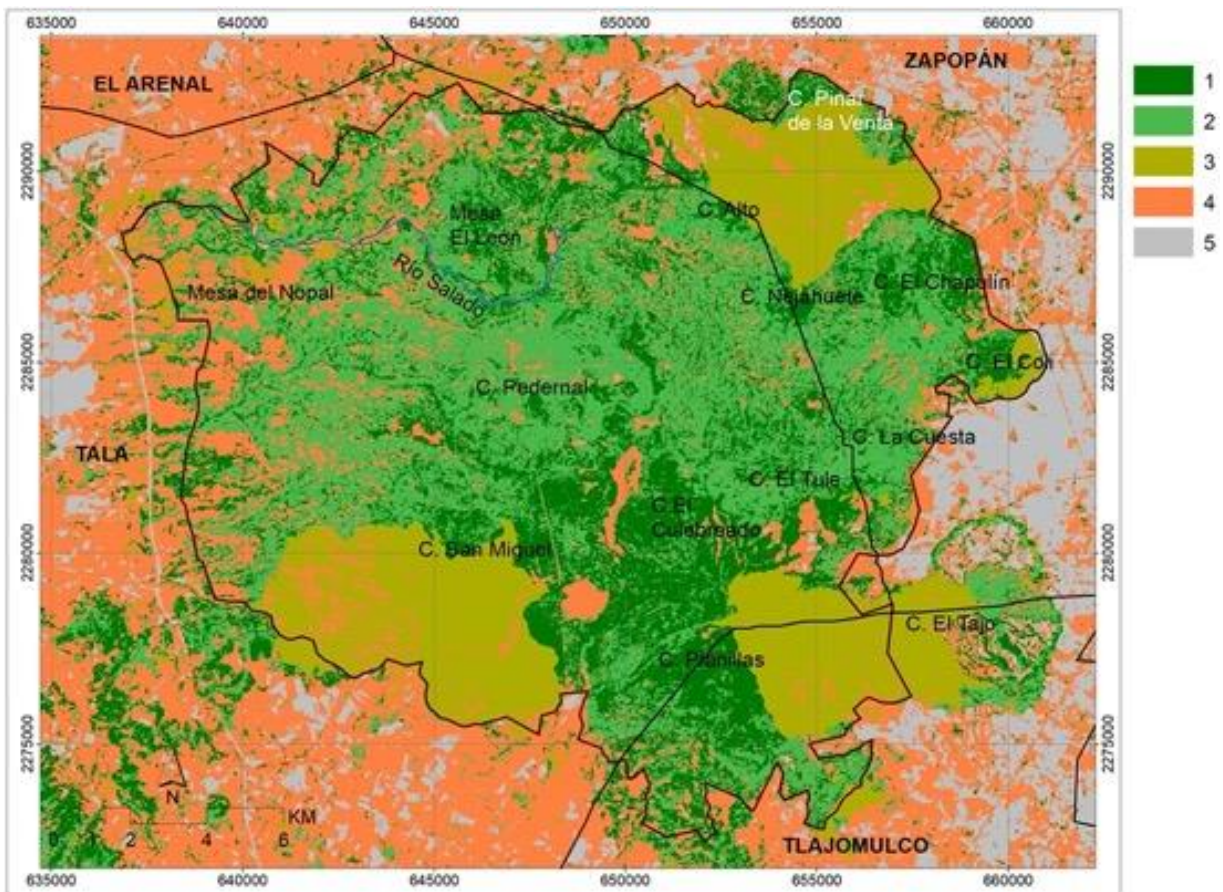


Figura 52. Mapa de áreas críticas para el manejo de combustibles forestales. Clases: (1) bosques densos sin incendios recientes; (2) bosques abiertos y sabanas sin incendios recientes; (3) áreas forestales con incendios recientes; (4) áreas agrícolas y pastizales; (5) áreas urbanas e infraestructura.

4.5 Efectos ecológicos e impacto ambiental de los incendios forestales

La evaluación de los efectos ecológicos y ambientales de los incendios forestales es un componente clave para la planificación del manejo del fuego. En esta sección se discuten los resultados de estudios previos a la elaboración de este programa sobre la severidad de incendios a escala del paisaje y el cambio en la densidad de la cobertura forestal en el BLP (González-Murguía y Rodríguez-Alcaráz 2017) y acerca de la composición y estructura de la comunidad de plantas en áreas quemadas en los incendios de 2005, 2012 y 2017 (Jardel-Peláez *et al.* 2017). Se incluye también información sobre un estudio en proceso (Herrera-Palacios *et al.*, en preparación). Estos estudios son preliminares y es necesario hacer una investigación más profunda para obtener un mejor conocimiento de la ecología del fuego en el área de estudio.

4.5.1 Severidad de incendios y efectos en la vegetación

La severidad es uno de los atributos de los regímenes de incendios y consiste en la magnitud de cambio observado en indicadores del estado del ecosistema como pueden ser la reducción en la cobertura del dosel y el sotobosque o en el área basal, la mortalidad de plantas o el consumo de combustibles forestales (Agee 1993, Sughiara *et al.* 2006, Jardel-Peláez *et al.* 2009). Las fotografías de la figura 53 muestran ejemplos de distintas condiciones de severidad observadas en campo unos días después del incendio de 2017 en el área de Pinar de la Venta, al noreste del BLP.

En 2017 se realizó una evaluación del estado de la vegetación en áreas afectadas por los incendios de ese mismo año, 2005 y 2012. Se seleccionaron sitios dentro del área de los tres incendios donde hubieron efectos de alta severidad (formación de claros con disminución de la cobertura arbórea fue mayor a 60%) y de baja severidad (sin reducción de la cobertura); esto se hizo mediante inspección en campo para el incendio de 2017, cuatro meses después del evento y para los años anteriores los sitios se ubicaron con ayuda de personal de campo del OPD-BLP y mapas de severidad generados como parte de otro componente del estudio que se describe más adelante (sección 4.5.2). Adicionalmente se seleccionaron un sitio en el cual se traslaparon los incendios de 2005 y 2012 (el primero de alta severidad) y un sitio no quemado por más de 20 años. En total se seleccionaron ocho sitios, cuatro de baja severidad con tiempo post-incendio (TPI) menor a 1 año, 5, 12 y 20 años y cuatro de alta severidad (TPI <1, 5 y 12 años y dos incendios sucesivos 5 y 12 años antes del muestreo). En cada sitio se establecieron

sistemáticamente en el centro de los rodales seleccionados tres parcelas circulares de 0.05 ha, separadas entre sí por un mínimo de 50 m. En total se muestrearon 24 parcelas (Fig. 54).



Figura 53. Ejemplos de clases de severidad observadas después del incendio de 2017 en el área de Pinar de la Venta; en los sitios de baja severidad (izquierda,) el fuego consumió la vegetación del sotobosque y la superficie del mantillo, sin cambio en la cobertura de dosel; en severidad media o moderada (centro), se mantiene la cobertura de dosel pero se observan las copas chamuscadas de los árboles, algunos de los cuales llegan a morir en los meses siguientes; en sitios quemados de alta severidad las copas de los árboles se quemaron y se consumió el mantillo del suelo.

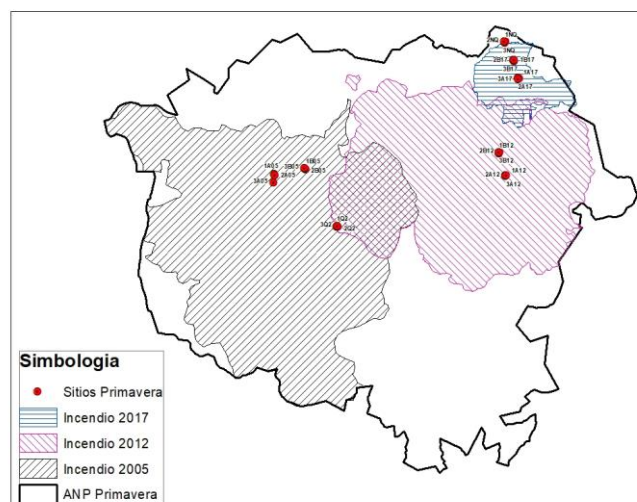


Figura 54. Localización de los sitios de muestreo para la evaluación de efectos de incendios en la vegetación.

En las parcelas se tomaron datos de cobertura de dosel y sotobosque, número de tallos y diámetro normal (DN, a 1.3 m del suelo) de árboles (elementos leñosos con $DN \geq 2.5$ cm) vivos y muertos, y se registró la composición de especies de árboles, arbustos y herbáceas. Los resultados se muestran en las figuras 55 y 57.

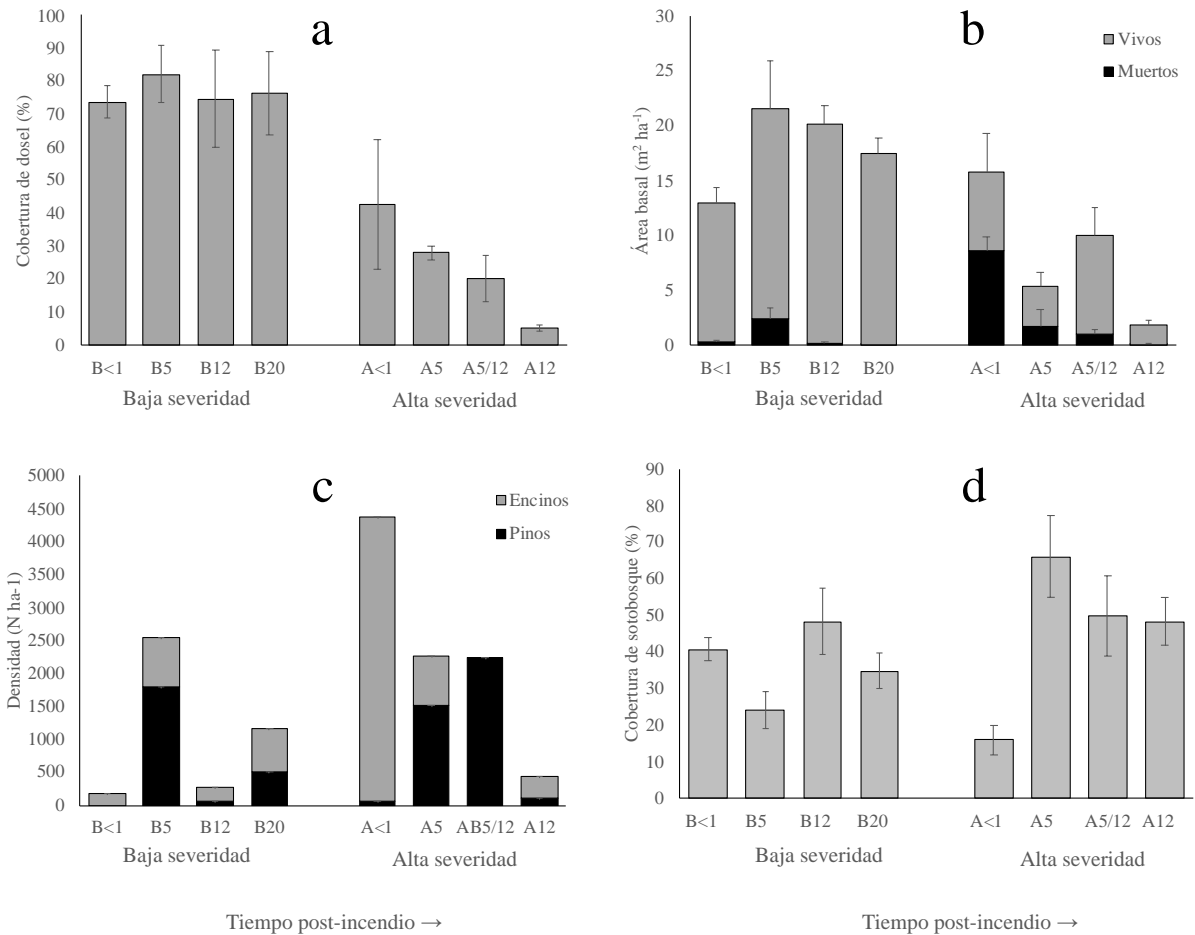


Figura 55. Diferencias en la estructura de la vegetación entre rodales de bosque de encino-pino en el Bosque La Primavera quemados con distinta severidad y tiempo post-incendio. En el eje X se indican las clases de severidad (B baja, A alta) y los años post-incendio (5/12 fueron dos incendios sucesivos 5 y 12 años antes del muestreo); (a) cobertura de dosel; (b) área basal de árboles vivos y muertos; (c) densidad de la regeneración de encinos y pinos; (d) cobertura del sotobosque. Valores promedio con barras de error estándar (n= 3 parcelas de 0.05 ha por condición). Fuente: Jardel *et al.* (2017).

En los sitios donde el incendio fue de baja severidad la cobertura media de dosel varió entre 74-82% y no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$ en una prueba de Kruskal-Wallis) entre las clases de tiempo post-incendio (Fig. 55a). En cambio, en los sitios de alta severidad la cobertura

de dosel presentó valores entre 5% en el sitio de 12 años de TPI y 28% en el de 5 años; en el sitio con menos de un año de TPI la cobertura media fue 42%, pero aún se encontraban árboles muertos en pie. El área basal media no mostró cambios importantes en los sitios de baja severidad (Fig. 55b) y varió entre $12.6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en el rodal más abierto y $20 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en el más denso; el porcentaje de área basal de árboles muertos respecto a los árboles vivos fue 2.9% cuatro meses después del incendio de 2017 y 12.4% en el sitio de 5 años de TPI (incendio de 2012); en las otras condiciones fue menor a 1%.

La densidad de la regeneración de pinos y encinos (Fig. 55c) fue más alta en los sitios quemados de alta severidad que en los de baja severidad. Las dos especies dominantes en el área, *Quercus resinosa* y *Pinus oocarpa* regeneran abundantemente después de los incendios; en el caso de los encinos la regeneración ocurre principalmente por rebrotes vegetativos y en los pinos por semilla, pero es notable que también presentan rebrotes vegetativos de la basa del tronco (Fig. 56) lo cual es muy poco común en las coníferas y se ha observado sólo en algunas especies de pinos de ambientes donde el fuego es un importante factor de disturbio ecológico (Keeley y Zedler 1998). En el sitio A<1 (alta severidad, TPI <1 año) se encontró en promedio una densidad de 4,300 rebrotes de encino por hectárea y 67 de pino; a los cuatro meses del incendio, cuando se realizó el muestreo, se observaron algunos renuevos de pino recién establecidos por semilla, pero no se cuantificaron; sin embargo, un año después del incendio se observó una regeneración muy abundante (Fig. 56).

En el sitio A5 (alta severidad, TPI 5 años) se encontró una densidad media de 1500 renuevos de pino y 766 rebrotes de encino por hectárea, en total 2266 N ha^{-1} , lo que indica que a cinco años del incendio la densidad de la regeneración natural fue cercana a la de una reforestación convencional en la que se hubiera plantado con un espaciamiento de $2 \times 2 \text{ m}$. En el sitio A5/12, donde ocurrieron dos incendios sucesivos, el renuevo de pino fue abundante (2233 plantas por hectárea) pero en este caso se trata de una mezcla de reforestación y regeneración natural. En contraste, en el sitio A12, donde se han hecho varios intentos de reforestación después del incendio de 2005 la densidad de renuevos fue muy baja (100 N ha^{-1}) lo cual puede explicarse por la competencia con los pastos en condiciones de sitio secas y con suelos pobres.

En los sitios de incendio de baja severidad la densidad de la regeneración varió entre 200 y 733 N ha^{-1} para los encinos y 0 (en B<1) y 1800 para los pinos (en B5). En estas condiciones los

renuevos y rebrotes compiten con los árboles del dosel cuya cobertura no fue modificada por los incendios, y tienen menor probabilidad de prosperar.



Figura 56. Arriba se observan rebrotes de *Quercus resinosa* (izquierda) y *Pinus oocarpa* (derecha) en sitios donde ocurrieron incendios de alta severidad. Abajo, regeneración por semilla de *Pinus oocarpa* un año después del incendio de 2017 en Pinar de la Venta.

La cobertura del sotobosque (estrato herbáceo-arbustivo) alcanzó 41% en baja severidad y 16% en alta severidad cuatro meses después del incendio de 2017; a los 5 años TPI fue de 24 y 66%

en baja y alta severidad, respectivamente (Fig. 55d). En los otros sitios varió entre 35 y 48% en baja severidad y 48 y 50% en alta severidad. Es importante considerar que el estrato herbáceo-arbustivo es esencial en la regeneración post-incendio, proporcionando cobertura que protege al suelo contra la erosión, además de que muchas especies juegan un papel clave en la retención de nutrientes del suelo, la fijación de nitrógeno atmosférico y aportando alimento a animales silvestres, tanto vertebrados como invertebrados (Gilliam 2007). Estas funciones ecológicas fundamentales son con frecuencia pasadas por alto o totalmente ignoradas en las acciones de reforestación. Además, como ya se señaló en la caracterización (sección 3.1.8) las plantas del estrato herbáceo-arbustivo representan el componente más diverso de la flora en el BLP.

En los sitios con 5 años post-incendio, tanto de baja como alta severidad, se encontró la mayor riqueza de especies tanto total (la suma de todas las especies colectadas en los sitios de la clase o tratamiento respectivo) como de densidad de especies (número de especies por parcela de muestreo); en A5 se encontró una media de 12 ± 2 especies por parcela y en B5 de 9 ± 1 (Fig. 57).

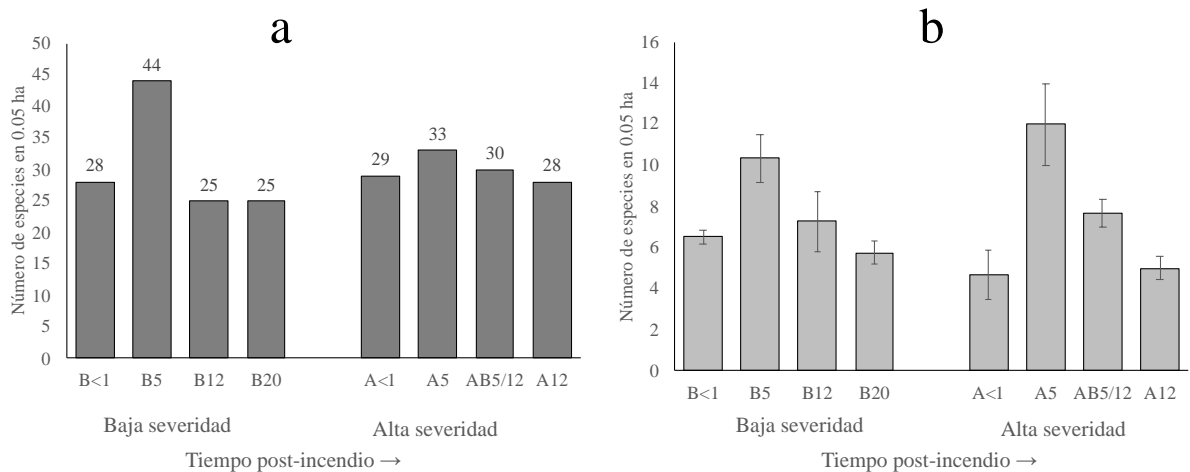


Figura 57. Riqueza de especies del estrato herbáceo-arbustivo en rodales de bosque de encino-pino en el Bosque La Primavera quemados con distinta severidad (B baja, A alta) y tiempo post-incendio; (a) riqueza total de especies colectada en las tres parcelas muestreadas por clase de severidad y TPI; (b) riqueza de especies promedio (con barras de error estándar) por parcela de 0.05 ha.

En otro estudio reciente (Herrera-Palacios *et al.*, en preparación), en el Cerro de San Miguel, la comparación de parcelas de muestreo entre sitios quemados de alta y baja severidad y sitios no quemados desde 2005 (TPI 15 años), con 10 parcelas por condición o tratamiento, mostró un

patrón similar; en el área quemada de alta severidad la riqueza de especies del estrato herbáceo-arbustivos fue mayor (media 15, con un mínimo de 8 y un máximo de 20) que en el área de baja severidad (media 9 especies, entre 6 y 14) y que en el área no quemada en los últimos 15 años (media 4 especies, entre 2 y 7).

Lo que sugieren los resultados preliminares de estos estudios es que los bosques del área de estudio son resilientes a la perturbación por fuego; toleran los incendios superficiales, tienen buena capacidad de regeneración después de incendios de alta severidad y en los primeros años post-incendio se observa un aumento en la riqueza de especies herbáceas y arbustivas, que son un componente importante de la biodiversidad del área de estudio. El mantenimiento de un régimen de incendios frecuentes de severidad baja a mixta, que predice el análisis de RPI, al igual que en otros bosques de pinos o encinos en el mundo, puede mantener un mosaico de hábitats que favorece la coexistencia de especies de distintos estadios sucesionales y con diferentes requerimientos ambientales, como se señala en otros trabajos (por ejemplo, DellaSala *et al.* 2015). Una proporción importante de la flora del BLP pertenece a familias que presentan adaptaciones a los regímenes de incendios.

Sin embargo, es importante considerar otras observaciones realizadas en los estudios señalados; una es que no en todos los casos ha habido regeneración natural e incluso han fallado los esfuerzos de reforestación, como en los sitios del incendio de 2005 en Arroyo Seco (A12, Fig. 55).

Es necesario aumentar el número de sitios de estudio para evaluar el proceso de regeneración natural y caracterizar los patrones de sucesión ecológica, manteniendo el monitoreo de estos procesos a largo plazo. Una hipótesis que surge de las observaciones en Arroyo Seco y otros sitios donde predomina una vegetación sabanoide, es que en el BLP puede producirse un proceso de *sabanización* cuando se combinan incendios de alta severidad con la falla de la regeneración arbórea post-incendio. Los incendios extensos de alta severidad pueden ocurrir después de varios años de supresión del fuego en los que se acumulan altas cargas de combustibles, como se observó recientemente en el flanco sureste del Cerro de Planillas. Si en estos incendios ocurre una alta mortalidad de árboles y esto coincide con años de baja producción de semillas de los pinos o con condiciones secas que limitan la producción de rebrotes vegetativos, los pastos y arbustos pueden ocupar las áreas abiertas por el fuego; esto a su vez limita la regeneración

arbórea debido a la competencia por recursos como espacio, agua y nutrientes del suelo y, además, la cama de combustibles dominada por pastos puede favorecer nuevos incendios que son un factor limitante adicional para la regeneración arbórea.

La sabanización ha sido un proceso observado en otras zonas boscosas con condiciones de transición a clima cálido subhúmedo (Bond y Keeley 2005, Dantas *et al.* 2016), como las del BLP. Adicionalmente, el establecimiento de pastos exóticos en áreas recientemente incendiadas puede ser un factor de cambio adicional. Todo esto implica la necesidad de mantener el régimen de incendios dentro de la amplitud de su variación natural o histórica mediante prácticas adecuadas de manejo del fuego.

Otra observación es la presencia de especies exóticas invasoras como el pasto africano *Melinis repens* (Fig. 58), que también coloniza los márgenes de caminos y los terrenos desmontados para la agricultura. Estas especies pueden contribuir a la alteración de los regímenes de incendios. Es importante por lo tanto realizar una evaluación de las especies de plantas que pueden comportarse como invasoras, un tema que aún no ha sido estudiado en el BLP y que es indispensable para diseñar acciones de manejo.



Figura 58. Manchón de *Melinis (Rhynchelytrum) repens*, un pasto africano que se comporta como especie invasora de claros, en el área del incendio de 2018 en Cerro de San Miguel.

Un tercer aspecto para considerar es el de especies que requieren para persistir de refugios de incendios, como los márgenes de cauces permanentes y paredes o afloramientos rocosos. Normalmente estas especies se encuentran protegidas por las condiciones de su hábitat, pero incendios severos en su entorno pueden ser un factor de alteración.

4.5.2 Severidad de incendios a escala del paisaje

El cambio en la tasa normalizada de área quemada (δ NBR; Key y Benson 2006) fue utilizado para evaluar la severidad de los incendios de 2005, 2012 y 2017 (González-Murguía y Rodríguez-Alcaráz 2017). Se utilizaron imágenes de satélite Landsat 7 en los dos primeros incendios y Landsat 8 en el segundo, con escenas de antes y después del incendio respectivo (25/abril-11/mayo 2005; 27/marzo-14/mayo 2012; 18/abril-4/mayo 2017). Las clases de severidad fueron definidas a partir de la diferencia observada entre las dos imágenes en unidades de desviación estándar (severidad nula o no perceptible <1; muy baja 1.0-1.9; baja 2.0-2.9; moderada 3-3.9; alta 4-4.9 y muy alta >5).

La distribución del porcentaje de la superficie por clases de severidad fue diferente en los tres incendios, pero en general predominó una severidad baja (clases 1-3) en el 94% del área del incendio de 2005, 65% en el de 2012 y 60% en el de 2017 (Fig. 59). El porcentaje del área de los incendios afectado con severidad alta o muy alta (clases 5-6) fue 1.05% en 2005 y 8% en 2012; la mayor proporción de área quemada de alta a muy alta severidad (18%) se observó en 2017. La figura 60 muestra los mapas de severidad de los tres incendios.

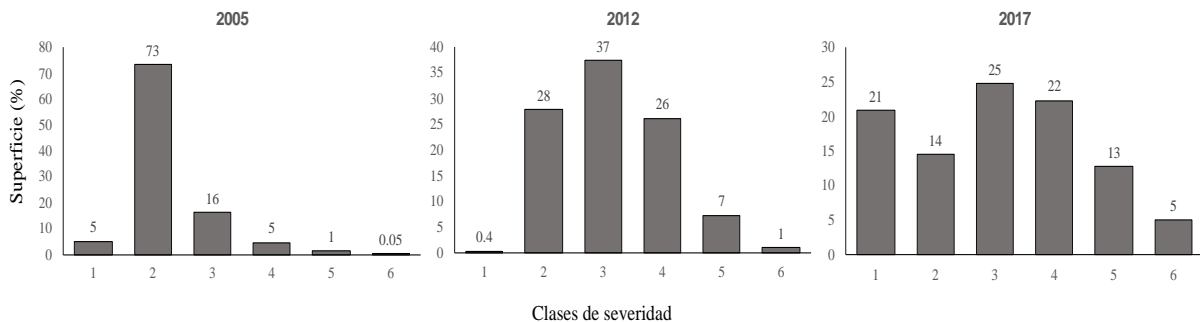


Figura 59. Porcentaje de la superficie por clase de severidad de los incendios de 2005, 2012 y 2017. Las clases de severidad son: 1, nula o imperceptible; 2, muy baja; 3, baja; 4, moderada; 5, alta; 6, muy alta.

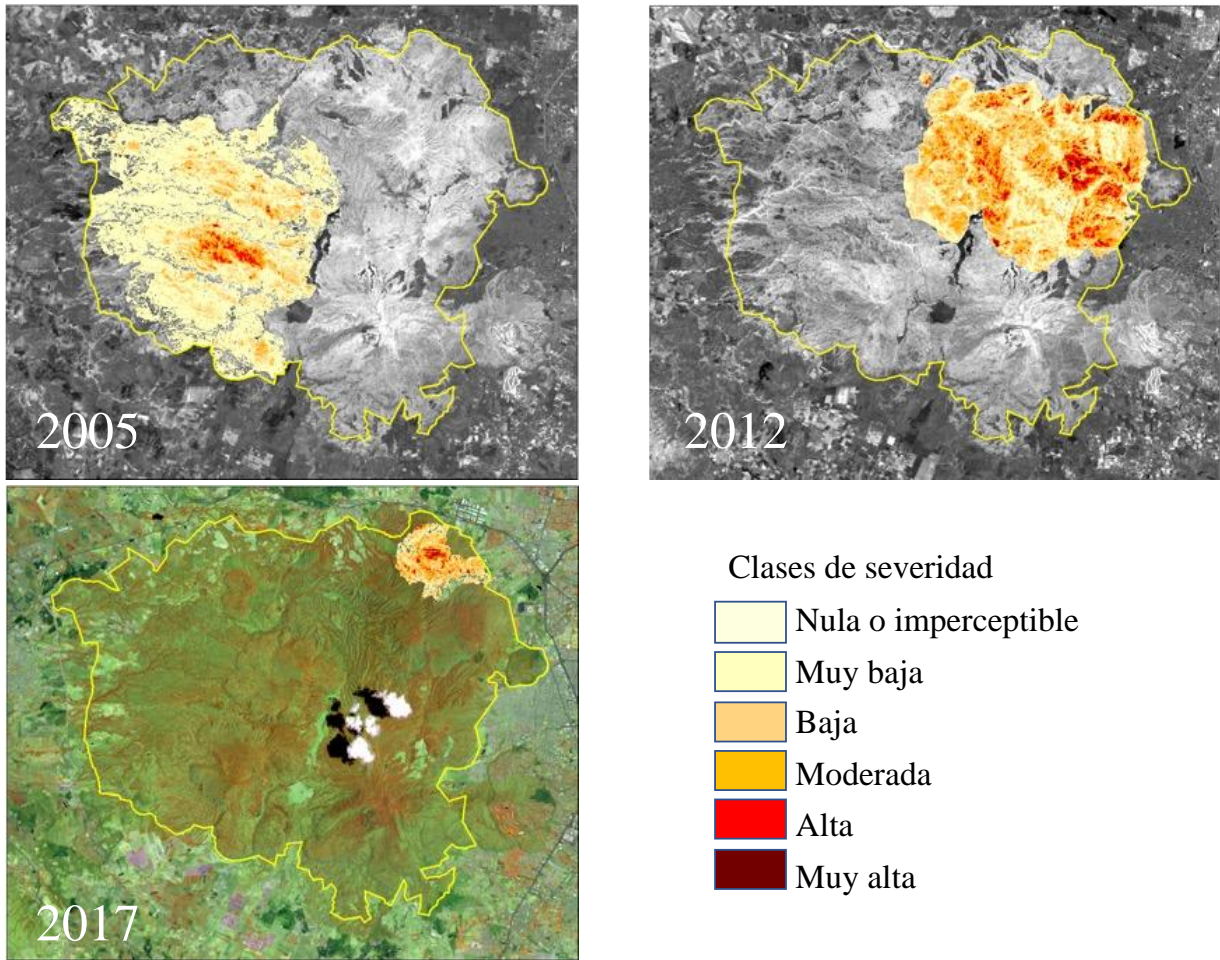


Figura 60. Mapas de clases de severidad de los incendios de 2005, 2012 y 2017 en el Bosque La Primavera. Fuente: González-Murguía y Rodríguez-Alcaráz (2017).

Los incendios pueden clasificarse por la distribución de clases de severidad como de severidad baja en el caso de 2005 y severidad mixta en 2012 y 2017 y se encontraron dentro de las condiciones que predice el RPI. Sin embargo es necesario el análisis de la severidad de un mayor número de incendios por un periodo de tiempo más largo para evaluar si la condición actual del régimen de incendios del BLP se encuentra dentro de la amplitud de su variación natural predicha por el RPI. Aunque no se determinó la severidad de los incendios de 2018 y 2019, las observaciones de campo indican que la proporción de área quemada de alta severidad fue considerable. La combinación de la supresión de incendios con las tendencias del cambio climático global puede producir un aumento en la severidad de los efectos del fuego, como se ha observado en otras partes del mundo (Flannigan *et al.* 2009).

Adicionalmente, González-Murguía y Rodríguez-Alcaráz (2017) realizaron un análisis del cambio en la densidad de la cobertura vegetal en el BLP durante el periodo 2000-2016 (Fig. 61). El método de monitoreo de la densidad de cobertura forestal (FCD, *forest cover density*) desarrollado por la Organización Internacional de Maderas Tropicales (ITTO), permite observar cambios no sólo en la cobertura vegetal sino en su estado. El método utiliza la combinación de cuatro índices derivados del análisis de imágenes de satélite multiespectrales: índice avanzado de vegetación (AVI), índice de suelo desnudo, índice escalado de sombra proyectada por la vegetación e índice térmico. El resultado es que se pueden diferenciar superficies con distinto tipo de densidad de cobertura, desde bosques densos o abiertos hasta pastizales o suelo desnudo (ver detalles del método en González-Murguía y Rodríguez-Alcaráz 2017). Se compararon dos imágenes de satélite Landsat 7 ETM y Landsat 8 OLI de los años 2000 y 2016, respectivamente. En el periodo 2000-2016 no se observaron cambios significativos, mayores o menores al 10% de la densidad de la cobertura forestal, en 13,189 ha que representan 43% de la superficie del BLP (Fig. 61). En 25% del área (7,627 ha) se observó un aumento de la densidad, atribuido a la regeneración y crecimiento de masas forestales. Sin embargo, en casi la tercera parte de la superficie del área protegida (32%, 9,822 ha) se observó una disminución de la densidad de la cobertura forestal. Esto coincide con los efectos de los incendios y algunas de las áreas con mayor cambio observado se encontraron dentro del polígono de los incendio de 2005 (el área del declive de Tala al oeste y el Cerro de San Miguel y sus alrededores) y 2012 (al este del Cerro Najehuete) y en la superficie donde ambos se traslaparon en Cerro Pedernal y Arroyo Seco. Otras áreas con disminución de la densidad de la cobertura se observaron en las áreas de las mesetas de La Venta y San Juan al noreste y al sureste en la zona entre Cerro de Planillas, Cerro El Tajo, La Cuchilla y la entrada de Mariano Otero, donde pueden haber intervenido otros factores de cambio diferentes a los incendios.

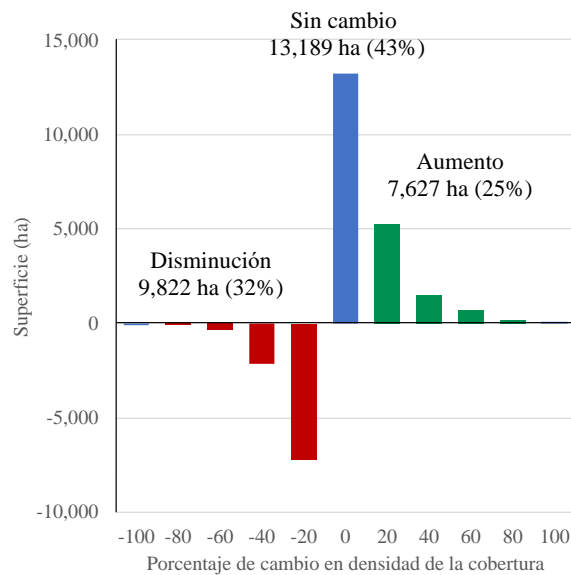
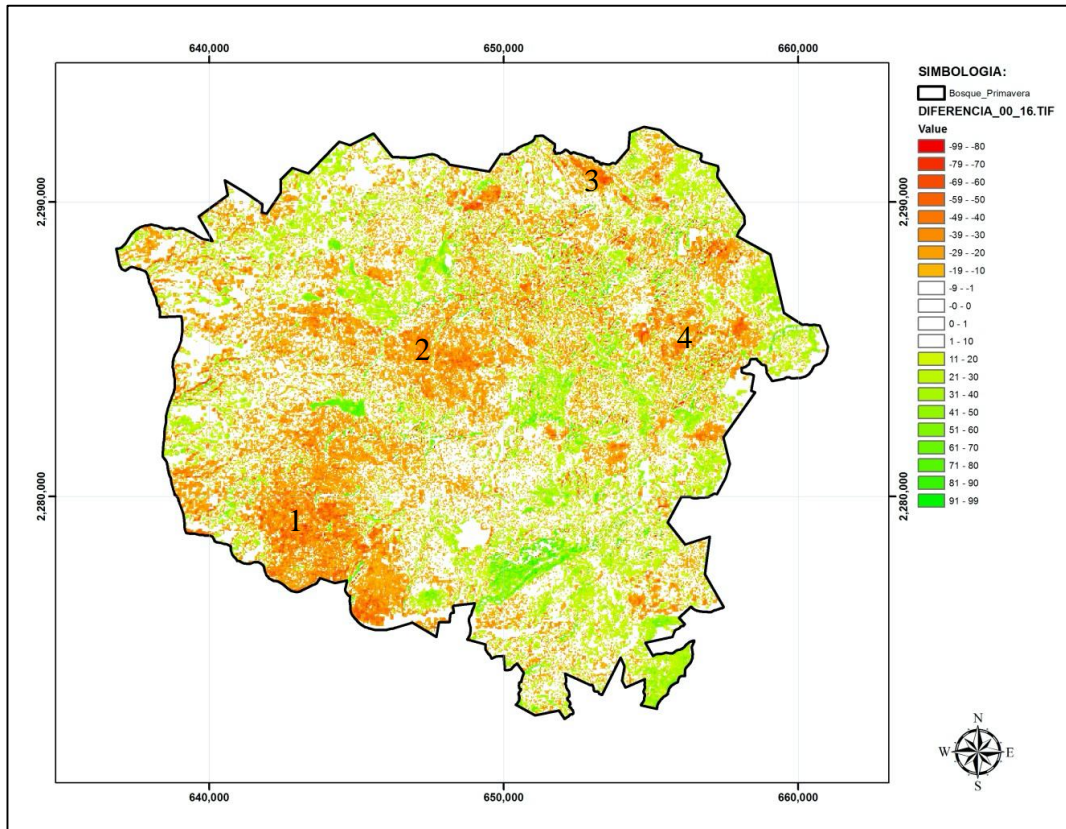


Figura 61. Cambio en la densidad de la cobertura vegetal en el Bosque La Primavera durante el periodo 2000-2016. Arriba se muestra el mapa de cambio y abajo la superficie de disminución, sin cambio y aumento de la densidad de la cobertura. Los números indican áreas críticas de cambio (ver discusión en el texto): 1. Cerro de San Miguel; 2, Cerro de Pedernal; 3, Pinar de la Venta; 4, ladera este del Cerro de Nejahuete. Fuente: González-Murguía y Rodríguez-Alcaráz (2017).

4.5.3 *Impacto de los incendios en los suelos*

Al modificar la cobertura del dosel y el sotobosque y consumir el mantillo del suelo, los incendios exponen el suelo a la erosión y en las condiciones de un paisaje geomorfológicamente activo como el del BLP la exposición del terreno junto con el efecto de lluvias torrenciales pueden producir inestabilidad de laderas, deslizamientos en masa y formación de torrentes o riadas.

Los efectos post-incendio en la erosión y la deposición de sedimentos depende de la severidad del fuego en términos de consumo de los combustibles superficiales y modificación de la cobertura vegetal, el tiempo que transcurre entre los incendios y las primeras tormentas, así como las propiedades de los suelos (Scott *et al.* 2014). En la Sierra de la Primavera predominan suelos someros, de desarrollo incipiente sobre material poco consolidado, fácilmente erosionables (ver sección 3.1.4), por lo cual puede esperarse que los incendios contribuyan de manera importante a la erosión. Sin embargo, el impacto de los incendios forestales sobre la erosión de suelos en el BLP ha sido un tema poco estudiado y es importante incorporarlo en el componente de investigación de este programa de manejo del fuego.

Con bases en una serie de observaciones generales podemos apuntar en este diagnóstico algunos aspectos del impacto de los incendios en la erosión que deben ser tomados en cuenta para el manejo del fuego y actividades relacionadas como la restauración y la conservación de suelos.

Uno de estos aspectos es que en los ecosistemas forestales operan mecanismos que permiten mitigar la pérdida de suelo, como el rebrote o germinación de plantas herbáceas y arbustivas; estas no sólo contribuyen a retener suelo, sino que además juegan un papel importante en la dinámica de nutrientes, incluyendo procesos como la fijación biológica de nitrógeno por microorganismos asociados a las raíces de las leguminosas – una de las familias más abundantes en el área – y otras especies menos conocidas (Gilliam 2007, Perry *et al.* 2008). Otro factor importante en la retención de suelo y agua es el material leñoso caído (Harmon *et al.* 1986). Las prácticas de chaponeo de la vegetación herbáceo-arbustiva justificada para controlar su competencia con la reforestación, puede tener efectos contraproducentes, así como el derribo de árboles muertos en pie, que mantienen cierta cobertura y el retiro de material leñoso para apilarlo o formar barreras que teóricamente ayudan a retener suelo pero que, cuando llegan a encenderse en un incendio se queman con alta intensidad produciendo un mayor impacto sobre el suelo.

Debe señalarse que no todos los efectos de los incendios sobre los suelos son negativos. El fuego favorece la movilización de nutrientes y su incorporación al suelo, acelerando la descomposición de material refractario a la acción biológica de los descomponedores, como es el caso de acículas, hojas esclerófilas y material leñoso. La combustión es parcial e incorpora materia orgánica y carbón a los suelos, mejorando sus propiedades (Cerdà y Robichaud 2009).

Cómo se ha señalado antes, los incendios intensos y de alta severidad ocurren principalmente en lugares donde se han acumulado combustibles después de periodos relativamente largos libres de fuego; cuando se forman claros extensos quemados de alta severidad, aumentan las tasas de erosión. Por lo tanto, es mejor mantener un régimen de incendios superficiales de baja severidad.

La exposición del suelo a la erosión y la inestabilidad de laderas que se produce después de los incendios aumenta el riesgo de deslizamientos en masa y formación de riadas, lo cuál representa un riesgo considerable en zonas urbanizadas contiguas a las laderas de cerros en los terrenos forestales. Este problema ya se ha presentado en ocasiones en las inmediaciones del BLP y es un riesgo que debe tomarse en cuenta para la regulación del crecimiento urbano.

Es necesario considerar también que algunas prácticas que llegan a aplicarse con el propósito de conservación de suelos, como la construcción de barreras de material leñoso, paja o costales de arpillera rellenos de tierra o de “tinajas ciegas”, pueden no sólo ser inefectivas sino incluso tener efectos adversos. Mal diseñadas estas prácticas pueden aumentar los efectos de la erosión como se ha documentado para las tinajas ciegas, producir residuos contaminantes como los restos de plástico de los costales o introducir especies de plantas exóticas en el caso de las barreras de paja (Cerdà y Robichaud 2009). Es más recomendable el uso de material rocoso o leñoso y, en todo caso, debe haber un buen diseño de las prácticas de conservación de suelo para que cumplan su propósito.

El riesgo de erosión debe ser considerado también en el diseño de la construcción de brechas cortafuego permanentes.

Adicionalmente es importante señalar que quizá el factor más crítico de erosión en el BLP son los caminos, brechas y veredas. La construcción, mantenimiento y uso de estas vías de comunicación genera altas tasas de erosión y en terrenos con pendientes pronunciadas provoca inestabilidad de laderas y derrumbes (Fig. 62). En áreas de aprovechamiento forestal maderable

se ha documentado que más del 60% de la erosión es producida por los caminos forestales, cuyo impacto es mayor que la corta del arbolado, incluso en áreas manejadas con matarrasas (Borman y Likens 1979).



Figura 62. Los caminos y brechas son el principal factor antropogénico de pérdida de suelo e inestabilidad de laderas en el Bosque La Primavera. En la fotografía de la izquierda la flecha indica la pérdida de suelo entre el nivel original de la cuneta de mampostería y la superficie actual del camino (una diferencia de aproximadamente 1.5 m). A la derecha puede apreciarse la combinación de los efectos de una brecha y de un incendio severo en la erosión de suelos y la inestabilidad de laderas.

4.6 Los incendios en la interfaz urbano-forestal

En el BLP tanto los procesos ecológicos como la gestión del territorio están fuertemente influidos por la interacción con las ciudades y pueblos de la región circundante. Los ecosistemas forestales generan importantes servicios ambientales para la región, pero al mismo tiempo son afectados por la transformación de su entorno, la fragmentación y pérdida de conectividad con otras áreas boscosas, las presiones de cambio de uso del suelo, los efectos sobre el clima de la isla de calor de la mancha urbana de la ZMG y la contaminación atmosférica que se genera en esta. También se ha señalado en otras partes del diagnóstico que la mayor parte de los incendios

forestales se inician en el área circundante al polígono del área protegida y que los efectos del fuego pueden afectar a las áreas urbanas vecinas, directamente cuando llegan a incendiarse estructuras o construcciones o por la emisión de humo y contaminantes atmosféricos o el aumento del riesgo de arrastre de sedimentos, deslizamientos de suelo o riadas en terrenos urbanizados adyacentes al área boscosa.

En el BLP un aspecto de primordial importancia para el manejo del fuego es el de los incendios que ocurren en lo que, desde principios de los años 1980, se ha denominado “interfaz urbano-forestal” (Bradley 1984), que de manera sencilla puede ser definida como el espacio “donde las casas y el bosque se encuentran” o, más técnicamente, como áreas donde hay una mezcla o contacto entre combustibles forestales y combustibles estructurales (Stewart *et al.* 2007).

El establecimiento y expansión de pueblos y ciudades en terrenos forestales ha implicado el riesgo de incendios destructivos y con altos costos no sólo en términos económicos, sino sobre todo en vidas humanas. En Estados Unidos, por ejemplo, los desastres ocurridos a fines del siglo XIX y principios del XX en centros de población de regiones forestales, llevaron a la adopción de una política de supresión del fuego que fue exitosa por décadas pero que finalmente produjo efectos contraproducentes al aumentar el peligro de incendios por la acumulación de combustibles forestales en las inmediaciones de los poblados (Cohen 2008, Pyne 2010). En las últimas décadas los casos de desastres en zonas residenciales causados por incendios forestales se han multiplicado no sólo en los Estados Unidos (Radelof *et al.* 2018) sino en otras partes del mundo como Canadá, el sureste de Australia, Portugal o Grecia, por mencionar algunos de los ejemplos más notorios de los últimos cinco años.

Los incendios en la interfaz urbano-forestal plantean no sólo riesgos para la población y la destrucción de infraestructura, casas habitación y propiedades, sino que también representan un riesgo para los combatientes de incendios en condiciones peligrosas. Esto ha llevado a replantear la necesidad de poner en práctica acciones no sólo de protección contra incendios sino de manejo del fuego en la interfaz urbano-forestal (Miller y Wade 2003).

En el BLP el problema de los incendios en la interfaz urbano-forestal ha sido identificado por el OPD y la SEMADET como un asunto que requiere atención prioritaria. En 2020 comenzó a ponerse en práctica un “Programa de atención especial a contingencias de incendios en la interfaz urbano forestal del APFF La Primavera”. La figura 63 muestra el área de intervención

de dicho programa en colonias o fraccionamientos que colindan con el polígono del área protegida o que se encuentran próximos a esta.

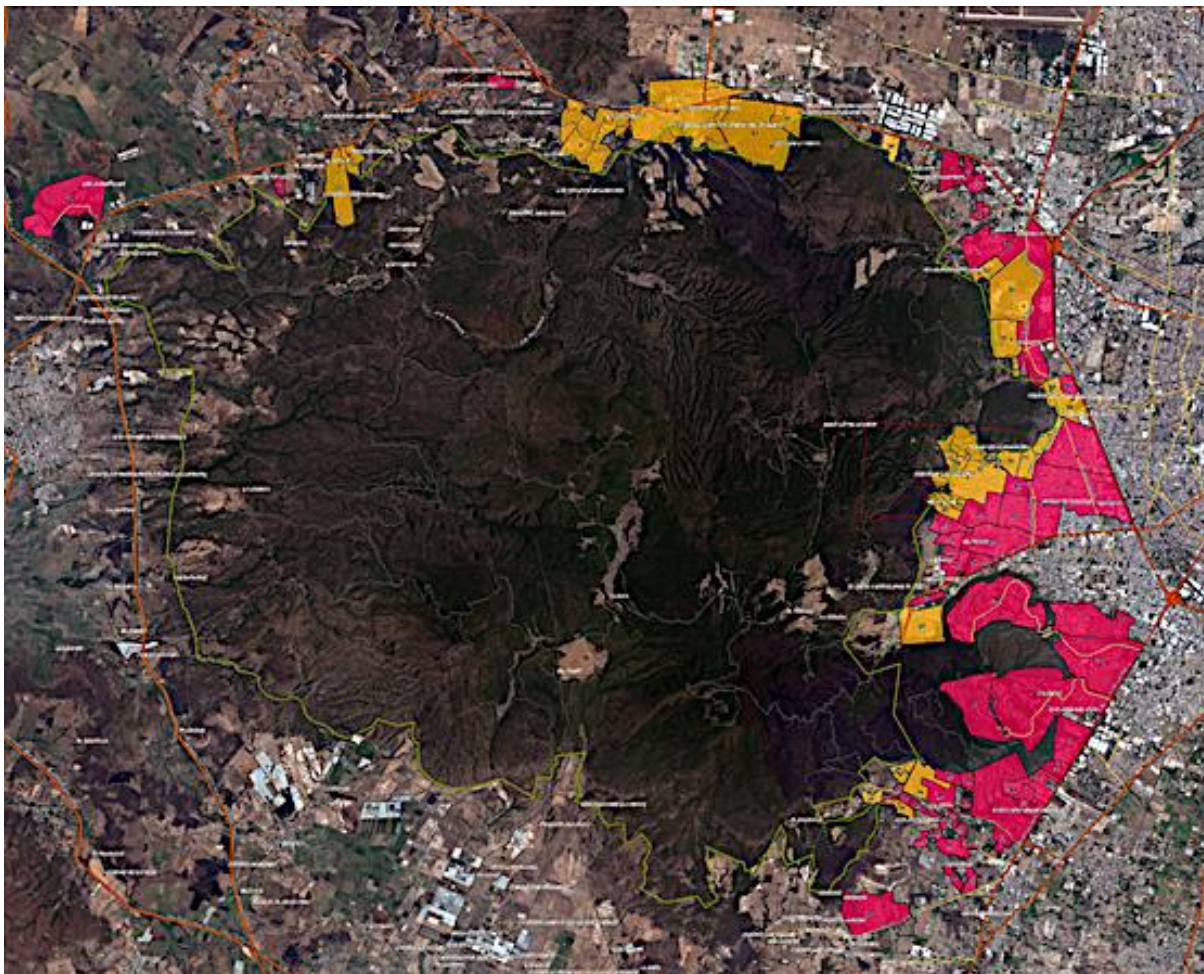


Figura 63. Colonias y fraccionamientos adyacentes (en amarillo) o cercanos (en rojo) al polígono del área protegida, considerados en el “Programa de atención especial a contingencias de incendios en la interfaz urbano forestal del APFF La Primavera”. Fuente: OPD-BLP.

En la interfaz urbano-forestal existen diferentes condiciones que varían en cuanto a su patrón espacial, la densidad de construcción y las características del complejo de combustibles tanto forestales como agrícolas o estructurales (Fig. 64).

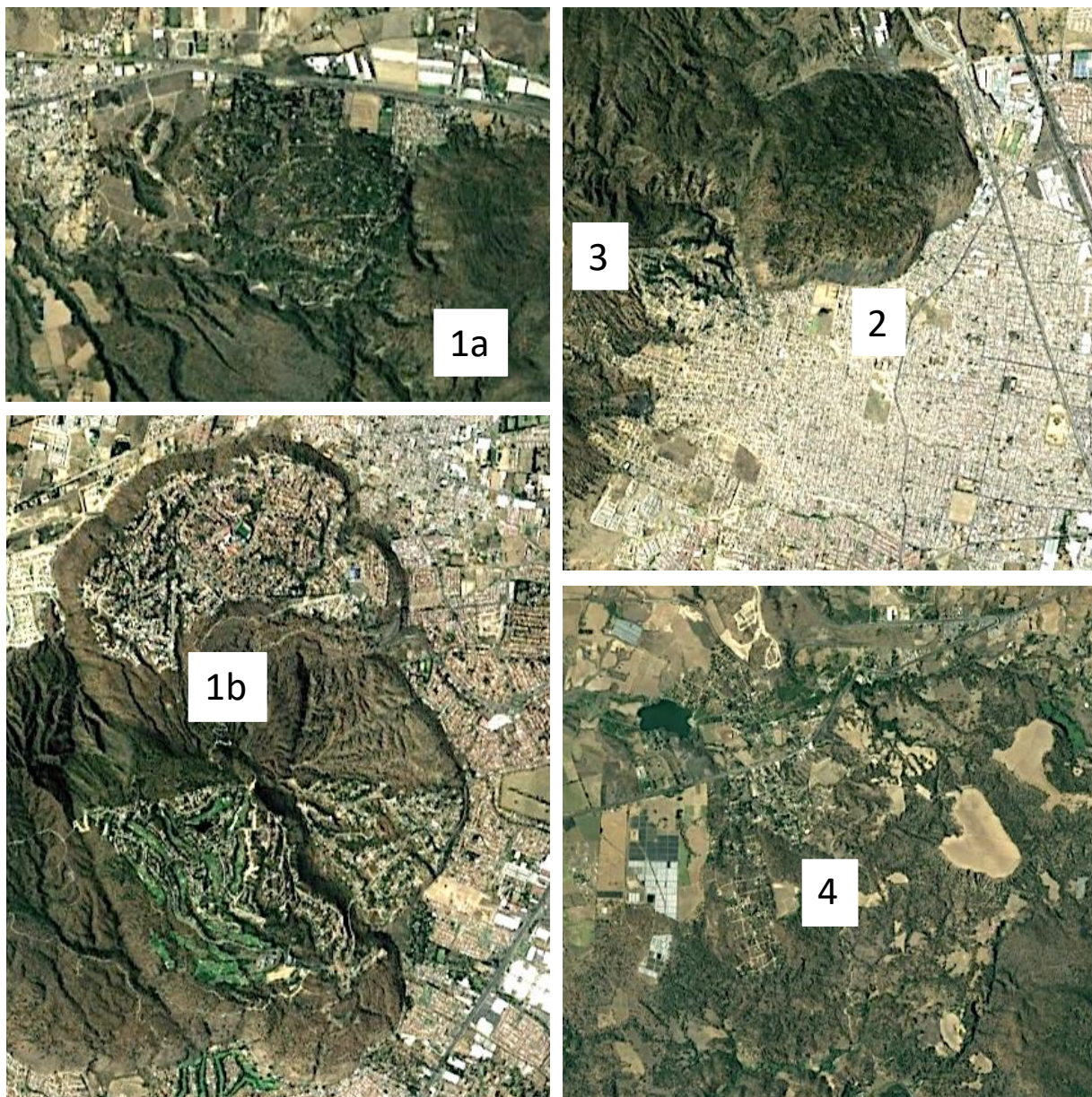


Figura 64. Ejemplos de diferentes condiciones de la interfaz urbano-forestal en el Bosque La Primavera y su área circundante: (1a y 1b) fraccionamientos residenciales sobre terreno montañoso, rodeados de bosque y con áreas verdes al interior (jardines, campos de golf); (2) colonias populares con alta densidad de construcción, contiguas al bosque y (3) frentes de urbanización de terrenos forestales; (4) centros de población rurales en proceso de urbanización, rodeados del paisaje forestal severamente transformado.

Una tipología de las diferentes condiciones de la interfaz urbano-forestal en el BLP y su área circundante incluye las siguientes clases:

- a) Zonas urbanas con alta densidad de construcción contiguas al borde de áreas forestales o rodeadas por estas.

- b) Zonas residenciales con baja densidad de construcción y áreas verdes en el borde de áreas forestales o dentro de estas.
- c) Casas habitación y otras construcciones dispersas en el interior de áreas forestales.
- d) Áreas forestales ocluidas o encerradas por zonas urbanizadas.
- e) Vías de comunicación y su derecho de vía que atraviesan terrenos forestales.

Es necesaria una caracterización y mapeo a escala detallada de la interfaz urbano-forestal del BLP, para contar con mejor información para la planificación de la protección contra incendios y el manejo del fuego. Para este programa se elaboró un mapa preliminar (Fig. 65), delimitando una franja de 500 m en el contorno de las coberturas forestal y urbana del área de estudio.

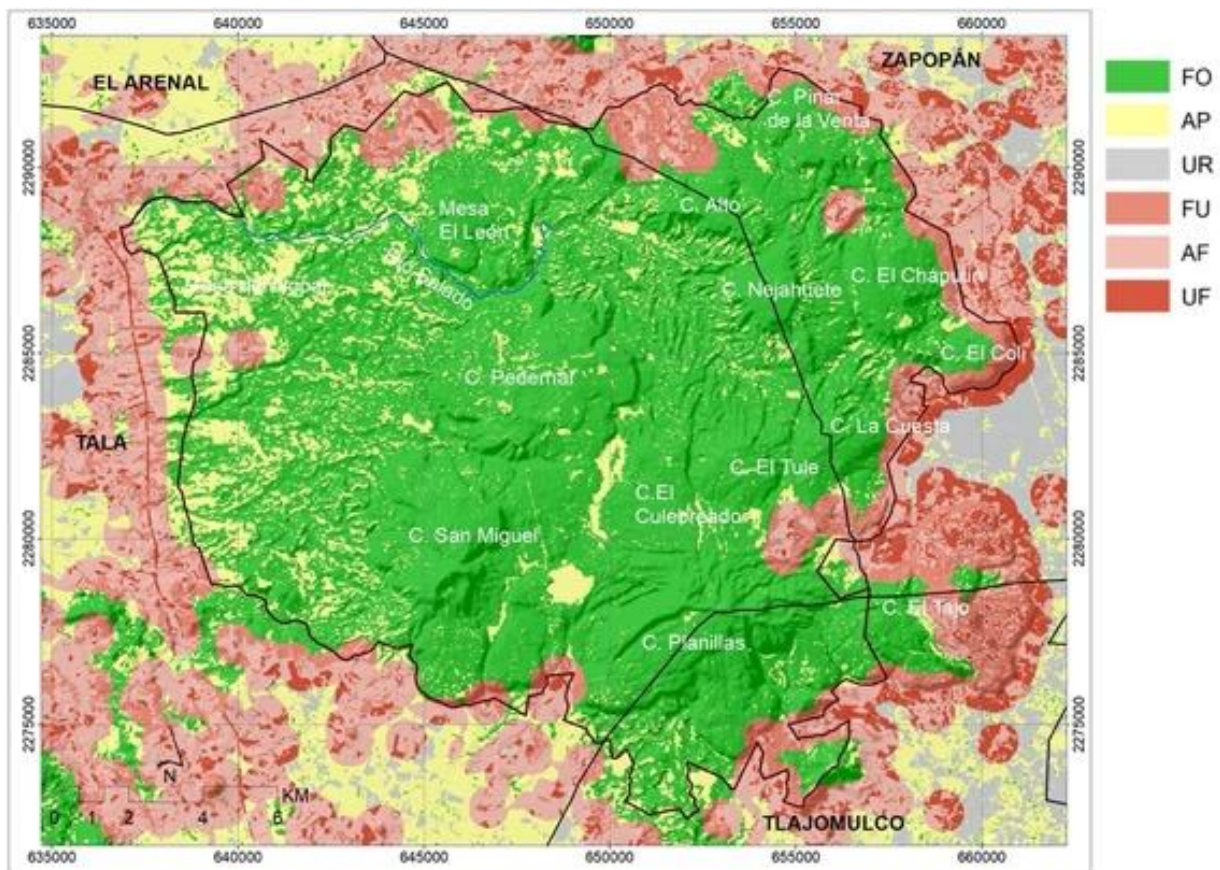


Figura 65. Mapa de la interfaz urbano-forestal en el Bosque La Primavera. Clases de cobertura: 1-FO, forestal; 2-AP, agropecuaria; 3-UR, urbana; 4-FU, forestal-urbana; 5-AF, agropecuaria forestal; 6-UF, urbano-forestal.

Puede apreciarse en el mapa (Fig. 65) que prácticamente todo el perímetro del área protegida puede incluirse dentro de la interfaz urbano-forestal, en la cual el complejo de combustibles que

puede alimentar a los incendios está formado por vegetación forestal (bosques densos o abiertos y sabanas), coberturas agropecuarias (terrenos cultivados o en barbecho y pastizales inducidos), áreas verdes urbanas y estructuras construidas. En el BLP y su área adyacente se encuentran aproximadamente 3,585 ha de terrenos urbanizados dentro de la interfaz urbano-forestal, pero la superficie que puede incluirse dentro de esta asciende a 20,871 ha si sumamos el área de bosque y uso agropecuario en el borde o entreverada con el área urbana (Tabla 18). Esta es una superficie extensa y puede considerarse como una estimación preliminar del terreno donde la actividad de incendios es resultado de la interacción entre los centros de población, los campos de cultivo y pastizales y los bosques; en este territorio deben ponerse en práctica acciones que reduzcan tanto el riesgo de incendios en zonas urbanas, como el impacto de las zonas urbanas en los terrenos forestales del área protegida y su entorno.

Tabla 18. Superficie de terreno dentro de la interfaz urbano-forestal en el Bosque La Primavera (BLP) y su área adyacente (AA), de acuerdo con el mapa de la figura 65.

Clases de cobertura	Superficie BLP		Superficie AA		Superficie total	
	ha	%	ha	%	ha	%
1-FO Forestal	23,180.7	75.7	2,420.3	8.2	25,601.0	42.5
2-AP Agropecuaria	4,392.5	14.3	6,166.3	20.9	10,558.8	17.5
3-UR Urbana	28.8	0.1	3,135.9	10.6	3,164.7	5.3
<i>En la interfaz urbano-forestal</i>						
4-FU Forestal-urbana	1,987.0	6.5	3,571.8	12.1	5,558.9	9.2
5-AF Agropecuaria-forestal	931.0	3.0	10,796.4	36.5	11,727.4	19.5
6-UF Urbana-forestal	116.8	0.4	3,468.2	11.7	3,585.0	6.0
Totales	30,636.8	100.0	29,558.8	100.0	60,195.6	100.0

4.7 Condición actual del manejo del fuego en el Bosque La Primavera

En esta sección se presenta el diagnóstico de las capacidades existentes para poner en práctica una estrategia de manejo del fuego en el BLP. Un primer aspecto por considerar es la identificación de los actores involucrados en la gestión del territorio y los recursos naturales del área protegida. En segundo término, se analiza la estructura y funciones de la instancia responsable de la unidad de manejo que es el Organismo Público Descentralizado Bosque La

Primavera (OPD-BLP), que es la dependencia gubernamental que estará encargada de coordinar la puesta en marcha del Programa de Manejo del Fuego. Se presenta la información acerca de los medios disponibles actualmente para la prevención y combate de incendios. Finalmente se discuten los elementos necesarios para transitar de un enfoque centrado en la protección contra incendios a una estrategia integral de manejo del fuego.

4.7.1 Actores involucrados en el manejo del área protegida

Los actores involucrados en el manejo de un área protegida como el BLP pueden clasificarse de manera general en cuatro grupos:

- 1) Los *actores directos* que son aquellos que realizan intervenciones de manejo del territorio y que tienen derechos legales reconocidos sobre la tierra y el aprovechamiento de recursos naturales, así como quienes habitan al interior del polígono de la unidad de manejo (pobladores). Estos incluyen a los miembros de las comunidades agrarias (ejidos), los propietarios particulares y las personas que realizan actividades agrícolas y ganaderas o relacionadas con servicios turísticos. Se puede incluir aquí también al OPD-BLP por su función directa en la protección del área y por su papel en la gestión de los terrenos propiedad del Gobierno de Jalisco y la infraestructura para el manejo del BLP, aunque es también un actor con mandato legal al ser una institución gubernamental.
- 2) Los *actores con mandato legal* que están obligados a cumplir funciones de gobierno en el manejo del área o relacionadas con esta. Esto incluye fundamentalmente a las dependencias federales y estatales del sector medio ambiente y recursos naturales (CONANP, CONAFOR, PROFEPA, SEMADET, PROEPA), así como a los gobiernos municipales, pero también a otras dependencias relacionadas con las actividades agropecuarias y forestales (SEDER, FIPRODEFO, etc.) y el desarrollo urbano (SIOP), considerando las condiciones particulares del BLP. La mayor parte de estos actores con mandato están integrados dentro de la Junta de Gobierno del OPD (ver sección 2.1.).
- 3) Los *actores afectados* por las externalidades positivas de la conservación del BLP o las consecuencias negativas de su deterioro, incluyendo los efectos de los incendios forestales. Esto incluye a los vecinos que habitan los centros de población de la región de influencia del área protegida, particularmente en las colonias, fraccionamientos y

pueblos de la interfaz urbano-forestal, y a los visitantes que acuden al BLP con fines recreativos.

- 4) Los *actores comprometidos* que por su propia iniciativa, tipo de actividades o intereses se comprometen o participan en actividades relacionadas con el manejo del área. Esto incluye a las instituciones educativas y de investigación como la Universidad de Guadalajara e ITESO y a las organizaciones de la sociedad civil, como Selva Negra o brigadas de voluntarios como la de Emiliano Zapata, Municipio del Arenal. Algunos de estos actores participan en el Comité Ciudadano y el Comité Científico del OPD-BLP, o incluso en su Junta de Gobierno.

Un análisis de actores más profundo es necesario como base para la actualización del Programa de Manejo del BLP, pero esta sucinta enumeración puede darnos una idea de la complejidad del escenario social en el que se realiza el manejo del área protegida. La cooperación entre los distintos actores es fundamental para la conservación del área y muchos de estos juegan un papel clave para la puesta en marcha de un programa de manejo del fuego. Por ejemplo, dada la estructura de la tenencia de la tierra dentro del área protegida, la realización de las líneas de acción estratégicas para el manejo del fuego implica la participación directa de los dueños de tierras (ejidos y particulares), de los agricultores, ganaderos y prestadores de servicios turísticos, así como de los pobladores de la interfaz urbano-forestal. Por otra parte, la comunicación con los actores afectados es esencial para el entendimiento y el soporte público de la puesta en marcha del programa de manejo del fuego. Así mismo, es esencial la intervención concertada, coordinada y organizada de los actores con mandato, armonizando la aplicación de las políticas públicas y los programas gubernamentales.

4.7.2 Estructura y funciones del OPD Bosque La Primavera

En el marco institucional de este programa se han descrito de manera general las funciones y estructura del OPD-BLP (sección 2.1). Aquí se describen con mayor detalle las funciones y actividades relacionadas con el manejo del fuego, partiendo de la información aportada por el OPD-BLP, entrevistas con su personal y observaciones de campo.

La coordinación de las actividades de protección contra incendios forestales dentro del área protegida recae en el *Director General del OPD-BLP*, que cuenta con el apoyo de una secretaria

y de dos secciones, una que integra las funciones administrativas y otra las actividades operativas de manejo; estas secciones están estructuradas en cinco direcciones de área. La OPD cuenta actualmente con un personal base de 61 personas y su estructura organizacional se ha presentado en la figura 10 (ver sección 2.1).

La *Dirección de Administración y Gestión* se encarga del seguimiento administrativo de la puesta en marcha de los programas operativos anuales, la organización, supervisión, control y evaluación de la aplicación de los recursos materiales y financieros, los aspectos contables y jurídicos, y los servicios generales. Además de la persona encargada de esta dirección, se cuenta con un contador, un abogado, un coordinador de recursos materiales y servicios generales y apoyo de dos choferes.

La sección operativa encargada del manejo del área protegida se integra por cuatro direcciones: Restauración y Conservación, Protección y Vigilancia, Productividad y Manejo y Cultura y Conocimiento.

La *Dirección de Restauración y Conservación* (DRC) se encarga de poner en práctica las actividades relacionadas con la protección del área y uno de sus objetivos centrales es la rehabilitación de sitios alterados por actividades humanas y contener procesos de degradación de suelos. Esta dirección juega el papel central en la ejecución de las acciones de prevención y combate de incendios forestales. Parte de sus funciones son la comunicación y concientización de pobladores y visitantes sobre los problemas relacionados con los incendios. Coordina las actividades de reforestación en sitios afectados por incendios en las que participan voluntarios, generalmente habitantes de la ZMG y poblados vecinos al BLP.

La DRC cuenta entre sus funciones la identificación de áreas prioritarias para la restauración, así como desarrollar actividades de control de plagas forestales, especies exóticas invasoras y erosión de suelos. Para llevar a cabo estas actividades realiza anualmente diagnósticos para identificar los sitios que requieren de intervenciones y planificar su ejecución. Interviene en la promoción de acciones en cooperación con otras dependencias gubernamentales, propietarios particulares y ejidos, pobladores y voluntarios.

La DRC es la encargada de coordinar las acciones de prevención y combate de incendios. Cada año elabora e implementa el programa operativo de protección y combate de incendios forestales en coordinación con la CONAFOR, SEMADET y los gobiernos municipales, para lo cual se ha

constituido un Grupo Operativo. Las brigadas de incendios del OPD-BLP, coordinadas y supervisadas por la DRC, son responsables del ataque inicial de incendios y se integran al Sistema de Manejo de Incidentes (SMI) cuando se pasa a la fase de combate ampliado en incendios grandes.

La DRC se encarga de la capacitación de combatientes de incendios y la asistencia técnica a pobladores para el manejo de combustibles y la aplicación controlada de quemas agropecuarias, la identificación de zonas críticas de incendios forestales, la comunicación con las dependencias de los tres ordenes de gobierno involucradas y la población en general acerca de la situación y desarrollo de la temporada de incendios; participa en talleres de educación ambiental para crear conciencia sobre los efectos negativos de los incendios forestales y el constante mantenimiento, identificación y generación de infraestructura necesaria para la prevención, detección y control de incendios forestales. Pude apreciarse que esta dirección tiene una fuerte carga de trabajo, concentrada principalmente durante la estación de incendios que abarca la mitad del año.

El personal permanente con el que cuenta la DRC es de 13 personas: el director, un coordinador de protección de recursos naturales, dos jefes de brigada y nueve combatientes de incendios (brigadistas) que conforman dos brigadas permanentes para la prevención y combate de incendios. Adicionalmente, durante 4 meses de la temporada de incendios se contratan de manera eventual de 23 a 32 combatientes adicionales, en función del presupuesto disponible. Los combatientes de incendios forestales que se distribuyen en seis brigadas operadas por el OPD-BLP, que trabajan en coordinación con otras brigadas dependientes de las áreas de protección civil de los ayuntamientos, la SEMADET y la CONAFOR (Figura 66).

La *Dirección de Protección y Vigilancia* (DPV) se encarga de mantener una presencia constante en todo el territorio del BLP, vigilar la aplicación de las regulaciones sobre el uso del área y sus recursos naturales y el control de acceso; el personal integrado principalmente por guardabosques, se encarga de garantizar la seguridad de los visitantes, así como de prevenir actividades ilícitas, mediante la aplicación estricta de la legislación, la coordinación interinstitucional y la integración activa y consciente de los pobladores. El personal de la DPV mantiene presencia en puntos estratégicos de control como las casetas de ingreso y las torres de vigilancia (Fig. 67) y los guardabosques realizan patrullajes de vigilancia en los caminos del área protegida. Los actos ilícitos como cambio de uso de suelo, incendios forestales provocados,

construcciones irregulares, tala clandestina, cacería y extracción de material geológico, se reportan a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) para que esta de seguimiento a la aplicación de la ley.

El personal de esta dirección cumple un papel clave en la detección temprana de incendios forestales, operando una torre de vigilancia (Cerro de San Miguel) que trabaja junto con otras dos torres operadas por CONAFOR (Planillas y Nejahuete). Existe infraestructura de otras dos torres de vigilancia (Los Berros y Agua Dulce), pero estas no están en operación. Los guardabosques cuentan con equipo básico para combate de incendios y algunas de sus camionetas están equipadas con bombas de agua, de manera que pueden intervenir en el control de conatos e incluso en el combate inicial de incendios forestales. El personal de la DPV también se encarga de coordinar con los propietarios la calendarización de quemas agropecuarias y dar apoyo técnico a los productores para su aplicación en el marco de la normatividad vigente. En conjunto con la DRC, para realizar acciones de prevención física de incendios (construcción de brechas cortafuego y líneas negras).

Entre las actividades de la DPV está la elaboración del programa operativo anual de protección y vigilancia, así como dar seguimiento a la coordinación interinstitucional en la materia, promoviendo la participación de los propietarios y pobladores. Esta es la dirección con mayor personal de estructura (con permanencia laboral y con todas las prestaciones de ley); cuenta con 27 personas: un director, 11 guardabosques, 3 torreros y 12 vigilantes de las casetas.

La *Dirección de Productividad y Manejo* (DPM) tiene asignadas funciones de promoción de acciones de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y desarrollo comunitario con los propietarios de la tierra y usuarios del bosque. Se ha planteado la puesta en marcha de actividades productivas sustentables en la agricultura y ganadería con un enfoque agroecológico, así como el ecoturismo, bajo la premisa de que estas coadyuven a mantener los procesos, funciones y servicios ambientales de los ecosistemas del BLP y contribuyan a generar empleo e ingresos para los pobladores.

La DPM se ha encargado de dar da acompañamiento a las actividades productivas y caracterizarlas e identificar su ubicación en el territorio. Una función importante es la regulación de la visita pública y la prestación de servicios turísticos; dada la afluencia de visitantes, esta es una de las actividades económicas más importantes dentro del área protegida. Durante las

temporadas vacacionales y particularmente durante Semana Santa, cuando hay mayor afluencia de visitantes, la DPM en conjunto con la DPV coordina la aplicación de operativos especiales. Recientemente, con el fin de organizar mejor y regular la visita pública, se ha elaborado un “Plan Maestro de Actividades Recreativas en el APFF La Primavera” (Gea Sostenible y OPD-BLP 2019).

La DPM ha participado también en la ejecución de proyectos apoyados a través del Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES) de la CONANP.

En relación con los incendios forestales la DPM participa en acciones preventivas y se integra con las otras direcciones en la ejecución de operativos en el marco del SMI. Esta dirección puede jugar un papel clave en la puesta en marcha de acciones estratégicas relacionadas con el manejo del fuego en las actividades agropecuarias, pero está limitada en cuanto a personal; cuenta con tan sólo con tres integrantes: un director, un técnico en planeación que se encarga del sistema de información geográfica que apoya al Director General y a las otras direcciones, y un técnico ambiental en actividades productivas. La ejecución de sus funciones depende del apoyo de personal de las otras direcciones.

La *Dirección de Cultura y Conocimiento* (DCC) se encarga de las actividades relacionadas con la difusión, la comunicación con el público y la educación ambiental. Su objetivo es generar conciencia y sensibilidad acerca de los valores del patrimonio natural y cultural del BLP y promover la participación pública en su conservación. Cuenta con dos líneas de trabajo que son las de cultura ambiental e investigación. Sus actividades incluyen exposiciones itinerantes y organización de visitas principalmente con grupos escolares. La DCC participa en el seguimiento de actividades con el Comité Científico del OPD-BLP.

En relación con los incendios forestales, la DCC tiene dentro de sus funciones elaborar e implementar un programa de difusión sobre la prevención, detección y control de incendios forestales con talleres, material didáctico y material para la difusión para los medios de comunicación de masas. Para el desarrollo del programa de manejo del fuego, la DCC juega un papel clave en las líneas estratégicas de comunicación y educación y de investigación y monitoreo. Sin embargo, esta dirección está integrada en la actualidad solamente con su director y un técnico en educación ambiental y vida silvestre, aunque cuenta con dos plazas adicionales

para técnicos especializados en medio ambiente y en diseño gráfico. Sin duda esta es una de las áreas del OPD-BLP que deben ser fortalecidas.

Las direcciones que integran al OPD-BLP se articulan de manera transversal para atender la ejecución del Programa de Manejo del área y sus programas operativos anuales. La estructura del OPD-BLP fue diseñada partiendo de la experiencia desarrollada en el manejo del área protegida, los medios disponibles y el marco de referencia que establece su Programa de Manejo (CONANP 2000). Sin embargo, dicho instrumento de planeación presenta serias limitaciones y está desactualizado, por lo cual se considera indispensable contar con un nuevo programa de manejo en el corto plazo. La experiencia de gestión del BLP indica que la estructura del OPD-BLP debe ser revisada y actualizada, para fortalecer y equilibrar sus funciones. El análisis no exhaustivo presentado en este diagnóstico muestra que las actividades de protección contra incendios sobrecargan y concentran el trabajo del OPD-BLP durante la mitad del año, limitando el tiempo dedicado a otras tareas y, además, este programa de manejo del fuego plantea nuevas actividades. Aunque el BLP es un área relativamente pequeña en términos de superficie y cuenta con más personal que otros parques y reservas, es necesario tomar en cuenta que su entorno y condiciones de manejo implican una alta demanda de actividades y costos de transacción. En consecuencia, debe considerarse una revisión de la estructura y funciones de la organización y las necesidades de fortalecimiento de sus áreas de trabajo.

4.7.3 Protección contra incendios forestales

4.7.3.1 Prevención de incendios

Para la prevención y combate de incendios el OPD-BLP trabaja en coordinación con la CONAFOR, la SEMADET y las áreas de protección civil de los gobiernos municipales (Direcciones Municipales de Protección Civil y Bomberos), entre los que destaca el Ayuntamiento de Zapopán por los recursos disponibles y capacidad operativa para el combate de incendios. Participan también brigadas voluntarias y una brigada de una asociación civil, Selva Negra.

El OPD-BLP coordina el seguimiento a la “Estrategia de Prevención y Combate de Incendios” del área protegida, para cuya ejecución se ha integrado un Grupo Operativo que integra a representantes de la Dirección Ejecutiva de Recursos Naturales y su Coordinación de Manejo

del Fuego, la Gerencia Estatal de la CONAFOR, Protección Civil del Gobierno de Jalisco, y los gobiernos municipales (a través de sus áreas de medio ambiente y protección civil).

Las acciones de prevención física de incendios que realiza el OPD-BLP a través de su DRC, consisten principalmente en la construcción de brechas cortafuego y se han realizado quemas para establecer alrededor de 23 líneas negras, que comprenden una longitud de 90 kilómetros, ubicadas en sitios estratégicos para apoyar las acciones de combate del fuego (Figura 68). La implementación de las brechas cortafuego líneas negras y el apoyo a la aplicación de quemas agropecuarias calendarizadas con los productores, se realiza principalmente con recursos del OPD-BLP a través de su DRC, con seis brigadas que operan durante la temporada de incendios y un carro motobomba. Debe señalarse que un problema para la realización de estas actividades ha sido en ocasiones la asignación de los recursos financieros en los tiempos requeridos y que estos son en ocasiones insuficientes y no hay certidumbre en la aplicación de medios adicionales.

Para poner en práctica las acciones de prevención de incendios, el OPD-BLP trabaja en su promoción y concertación con diversos actores que incluyen a los consejos de administración de los fraccionamientos, las organizaciones de colonos, las asociaciones de productores agrícolas vinculados al Ingenio Azucarero de Tala, representantes de productores agropecuarios y ejidos, propietarios particulares, instituciones educativas (que se identifican como prioritarias en la interfaz urbano-forestal) y voluntarios.

El OPD-BLP ha venido realizando acciones de prevención relacionadas con el control de quemas agropecuarias, supervisando su ejecución y promoviendo la aplicación de la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007. Actualmente el Gobierno de Jalisco, a través de la SEMADET, ha promovido la eliminación del uso del fuego en actividades agropecuarias en el entorno de la ZMG, con el fin de reducir tanto las emisiones de contaminantes atmosféricos como el riesgo de incendios forestales.

En 2019 se elaboró el “Programa de Atención Especial Bosque La Primavera” para atender la prevención de incendios en la interfaz urbano-forestal, mediante el manejo de combustibles con brechas cortafuego, líneas negras y regulación de la disposición de desechos de jardines y áreas verdes. Las áreas prioritarias de este programa en proceso de implementación se muestran en la figura 63.

4.7.3.2 Detección de incendios

La DPV del OPD-BLP realiza las actividades de patrullajes de vigilancia a través de sus guardabosques y la detección de incendios mediante una torre de vigilancia, en colaboración con las otras dos torres operadas por CONAFOR. Las tres torres tienen una buena cobertura de toda el área del BLP y de áreas forestales adyacentes y han sido efectivas en la detección temprana de incendios, junto con los patrullajes de vigilancia que se intensifican durante la temporada de incendios. Se cuenta también con el apoyo del control de acceso en las casetas establecidas en distintos sitios de ingreso al área. Las torres de vigilancia fueron equipadas con un sistema costoso e ineficiente de cámaras robot de sensores infrarrojos para asistencia en la detección de incendios. Los incendios también pueden ser reportados por vía telefónica por cualquier persona a las oficinas del OPD-BLP, CONAFOR o las unidades de protección civil municipales. Una vez que los indicios de un incendio son detectados y reportados a la base, se hace una inspección del área y una evaluación de la situación, a partir de lo cual se realiza el combate inicial.

4.7.3.3 Combate de incendios

Las brigadas que operan en el BLP tienen asignadas ciertas territorio de atención y se distribuyen en función de las áreas críticas definidas por el historial de incidencia de incendios. La brigada más cercana al área del incendio realiza el combate inicial y generalmente se logra contener el fuego. Como se ha mostrado antes en la sección 4.2, la mayor parte de los eventos son conatos (incendios <2.5 ha) o incendios pequeños (<50 ha) que son controlados por una brigada. Si la situación se complica, otras brigadas entran a apoyar el combate, movilizándose a los lugares donde sean requeridas, y se pone en marcha el SMI (Sistema de Mando de Incidentes; panel 4) y se decide si se aportan medios como carros motobomba o apoyo con helicópteros para la evaluación del incendio desde el aire, transporte de personal y descargas de agua. La tabla 19 presenta la información sobre los recursos disponibles para el combate de incendios.

A partir del incendio de 2012 se implementaron mejoras en la coordinación interinstitucional del combate de incendios y se adoptó el SMI que actualmente opera. El objetivo del SMI es organizar la respuesta a emergencias de incendios forestales que requieren la participación organizada de varias brigadas y la aplicación de recursos de combate de varias instituciones. A través del SMI se ejecutan las acciones de combate contando con el control del personal, materiales y equipo, centralizando la información y manteniendo una comunicación adecuada

que permita realizar las acciones de combate con efectividad. Contar con una estructura para coordinar la planeación y seguimiento de las acciones con las dependencias que participan, bajo una sola línea de mando, es esencial para un combate efectivo del fuego y la asignación eficiente de los medios disponibles.

Panel 4. Organización del Sistema de Mando de Incidentes (SMI) en el Bosque La Primavera (Fuente: adaptado de la Estrategia de Prevención y Combate y el Plan de Acciones de Incidentes, OPD-BLP).

- **Comandante del incidente:** responsable de dirigir el combate del incendio forestal; se encarga de establecer los objetivos y prioridades de las intervenciones y coordinar las operaciones.
- **Oficial de información:** responsable de obtener y transmitir información a los organismos involucrados en las operaciones y mantener la comunicación con la prensa.
- **Oficial de enlace:** apoya en la comunicación con las organizaciones que participan en el combate y lleva el registro de las agencias, personal y recursos aplicados por estas.
- **Oficial de seguridad:** evalúa la seguridad de las personas que participan en todas las operaciones que se realizan en el incidente y puede usar su autoridad para interrumpir cualquier actividad considerada insegura cuando sea necesario y adoptar una medida inmediata.
- **Jefe de la sección de operaciones:** conduce las tácticas de operación para ejecutar el plan con objetivos específicos y una clara organización.
- **Jefe de la sección de planificación:** desarrolla planes de acción para alcanzar objetivos específicos a partir del análisis y evaluación de la información disponible, monitoreando de manera constante los recursos con que se cuenta.
- **Jefe de la sección de logística:** provee y asigna los recursos y servicios necesarios para cubrir la atención al incidente.
- **Jefe de sección de finanzas:** monitorea los costos relacionados con incidente mediante la contabilidad, obtención y análisis de costos

En caso de evento grandes que requiera de mayores recursos humanos y materiales, por la magnitud del incendio, se pueden extender los cargos y funciones dentro del SMI como se menciona a continuación:

- **Director de rama de operaciones con equipos especializados:** lleva el control de la operación de maquinaria, medios aéreos y otros equipos especializados que por razones tácticas y de logística deban ser utilizados en el incidente, como helicópteros y carros motobomba.
- **Líder de la unidad de recursos:** lleva el control y distribuye los recursos que se necesiten en el incidente.
- **Técnico especialista en SIG:** elabora y actualiza los mapas para la planeación y pronóstico que se vayan generando de acuerdo con el comportamiento del incendio.
- **Director de rama de servicios:** lleva el control de las unidades de comunicación, médica, abastecimiento de provisiones, etc.
- **Director de rama de apoyos:** gestiona los apoyos necesarios para el incidente.
- **Líder de unidad de costos:** recolecta la información de los gastos generados en el incidente y elabora el reporte respectivo.

La estructura organizativa del SMI es aplicable a incidentes de diferentes magnitudes y puede implementarse a distintos niveles.

Una vez controlado el incendio y confinado dentro de un área, se realizan las labores de liquidación necesarias y el área se mantiene bajo observación hasta que se extingue el fuego. Se realizan recorridos por el área del incendio para confirmar que está liquidado y se reporta a la central de operaciones.

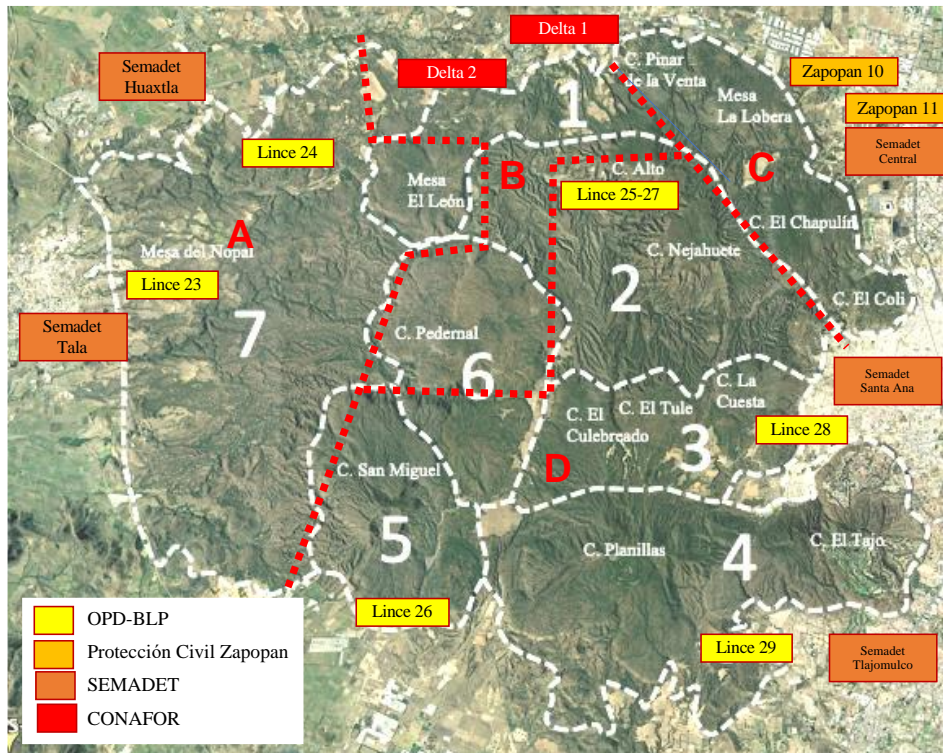


Figura 66. Distribución de las brigadas de combate de incendios de distintas dependencias que operan en el Bosque La Primavera sobre el mapa de regionalización del área (polígonos blancos). Las líneas punteadas rojas corresponden a las divisiones de áreas de intervención (identificadas con letras) de las brigadas. Fuente: OPD-BLP.

Puede decirse que en el contexto de las áreas naturales protegidas de México el BLP es una de las mejor preparadas y equipadas para la protección contra incendios forestales. Tomando como referencia los últimos cinco años en el BLP se han hecho mejoras significativas en la asignación de personal, equipamiento y financiamiento para el combate de incendios. Esto se ha reflejado en la capacidad para controlar conatos e incendios pequeños en las inmediaciones del área protegida antes de que penetren en su interior. Cuando los incendios se han propagado dentro del área protegida, estos han sido combatidos con efectividad a pesar las difíciles condiciones del terreno y el estado del tiempo.

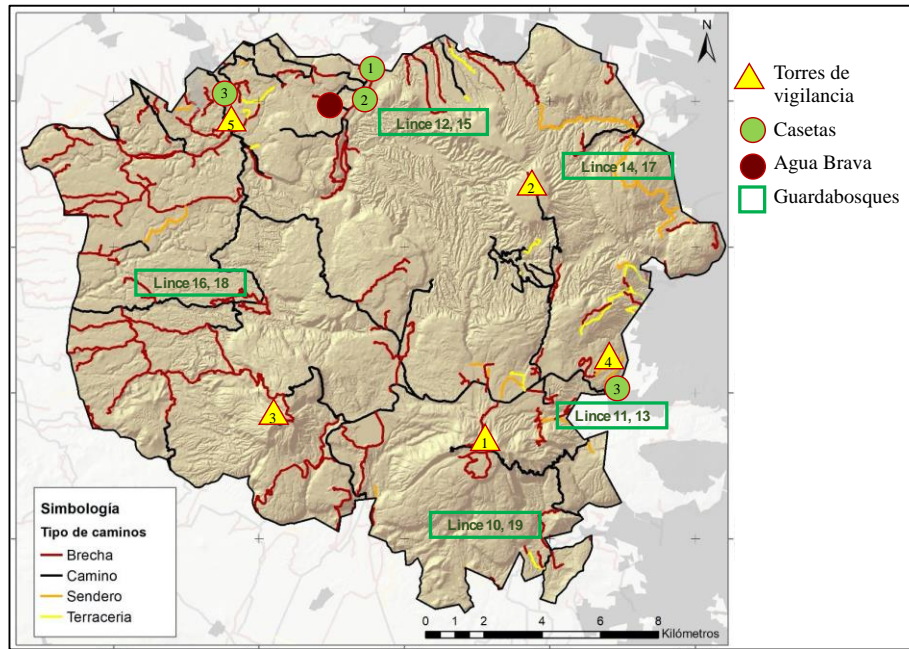


Figura 67. Localización de las torres de vigilancia (1, Planillas; 2, Nejahuete; 3, San Miguel), casetas de control de ingreso y campamento de Agua Brava (que sirve como helibase, centro de capacitación y campamento) en el Bosque La Primavera. Se muestran las patrullas de guardabosques en medio de su área aproximada de patrullaje y la red de caminos y brechas. Fuente: OPD-BLP.

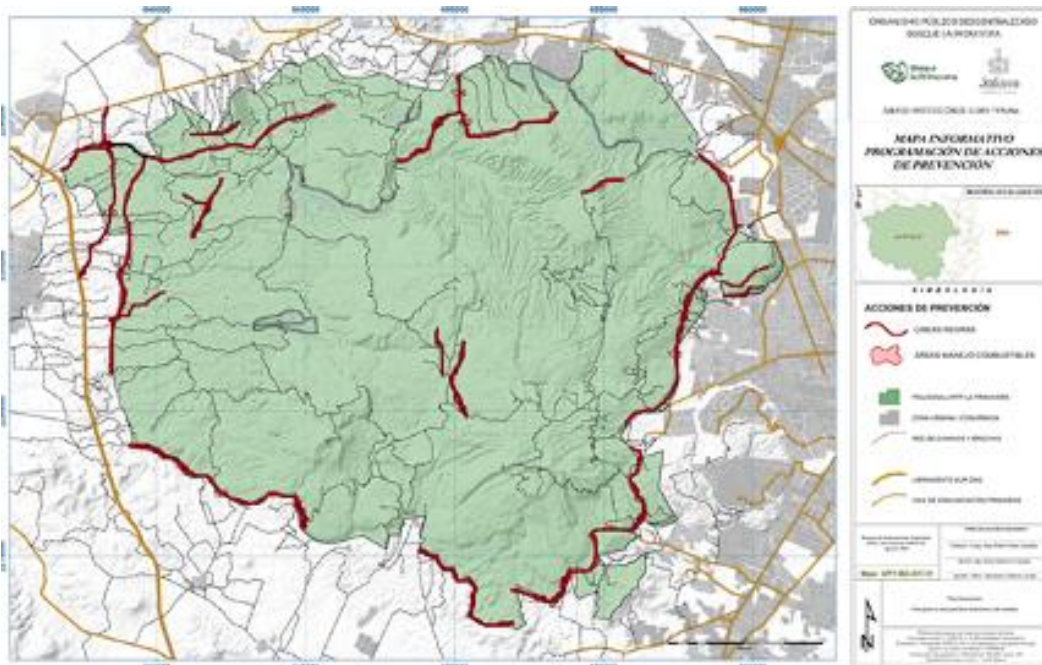


Figura 68. Ubicación de las líneas negras que sirven de apoyo para la prevención física y combate de incendios. La red de caminos es también utilizada como brechas cortafuego. Fuente: OPD-BLP.

Tabla 19. Recursos para el combate de incendios en el Bosque La Primavera (2019). Fuente: OPD-BLP.

Institución	Brigada	Elementos	Vehículos
OPD-BLP	Lince 23	7-9	Camión de 3 toneladas
	Lince 24	5-7	Camioneta pick up
	Lince 25	5-6	Camioneta pick up
	Lince 26	5-6	Camioneta pick up
	Lince 28	4	Camioneta pick up
	Lince 29	3	Camioneta pick up
	Lince 27*	2	Carro motobomba
	Guardabosques*	11	
	Subtotal	42--48	
Protección Civil Zapopan	Zapopan 10	9	Camioneta pick up
	Zapopan 11	9	Camioneta pick up
	Subtotal	18	
SEMADET	Tala	10	Camioneta pick up
	Centro	14	Camioneta pick up, Carro motobomba
	Santa Ana	14	Camioneta pick up
	Tlajomulco	14	Camión de 3 toneladas
	Subtotal	52	
CONAFOR	Delta 1	14	Camioneta pick up
	Delta 2	14	Camioneta pick up, Carro motobomba
	Subtotal	28	
Selva Negra AC	Selva Negra	5	Camioneta pick up
		Total	140-146

Adicionalmente se cuenta con apoyo de dos helicópteros operados a través de la SEMADET.

Uno de los logros más importante ha sido el fortalecimiento de la cooperación interinstitucional a partir de la creación del OPD-BLP y en cuanto al combate de incendios su organización en el marco de un Sistema de Mando de Incidentes (SMI). En el BLP se han puesto en marcha también acciones de prevención física como la construcción de brechas cortafuego y guardarrayas y se han impulsado acciones para calendarizar, vigilar y controlar las quemas agrícolas y se ha iniciado un programa de actividades para la prevención y control de incendios en la interfaz urbano-forestal. Frente a todos estos avances, sin embargo, aún quedan tareas pendientes para transitar de un enfoque centrado en la supresión a uno de manejo del fuego adaptado a las condiciones socioecológicas de la unidad de manejo y su entorno.

5 Pronóstico

Partiendo de los resultados de la caracterización de las condiciones físico-geográficas, ecológicas y sociales del BLP y su región circundante, así como del análisis del diagnóstico, en esta sección se discuten las tendencias y posibles escenarios futuros en la incidencia de incendios y sus efectos ecológicos y ambientales. Se discuten también las perspectivas acerca de políticas y estrategias relacionadas con la protección contra incendios y el manejo del fuego.

Los probables escenarios están condicionados por las tendencias históricas que han generado el estado actual y que pueden seguir influyendo en el estado del área protegida y su región en el futuro si no hubiera cambios tanto en los procesos regionales de urbanización y las prácticas agrícolas y ganaderas como en la continuidad actual del enfoque de protección contra incendios. Las condiciones futuras estarán influidas también por factores externos a la unidad de manejo – el Bosque La Primavera – e incluyen desde las tendencias y proyecciones del cambio ambiental a escala global y regional como el desarrollo de las políticas y programas públicos en materia de desarrollo económico, gestión del territorio y el medio ambiente y, en particular, el manejo de las áreas protegidas. Esto configura el escenario contextual de la puesta en marcha del programa de manejo del fuego en particular y de la conservación del BLP en general. Por último, el pronóstico de las condiciones futuras incluye los cambios en la base institucional y las prácticas de manejo que permitan poner en práctica acciones estratégicas para lograr la conservación de los ecosistemas forestales, el manejo de su régimen de incendios y la restauración ecológica de sitios degradados, así como la contención de los procesos de transformación del paisaje circundante que aumentan la vulnerabilidad del BLP a los incendios forestales y otros factores de cambio.

5.1 Las tendencias históricas

Las condiciones actuales del área protegida y su entorno, que han sido analizadas y discutidas en el diagnóstico, son resultado de procesos históricos que condicionan las tendencias futuras. El paisaje circundante a la Sierra de la Primavera ha sido transformado por la expansión de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, así como la urbanización e industrialización. La deforestación produjo la fragmentación de los hábitats boscosos y la pérdida de conectividad con otras áreas forestales. Las presiones externas aún se mantienen sobre la superficie de bosque

remanente y siguen operando factores de cambio como los efectos de borde con terrenos de cultivo y las zonas urbanas, donde además de ocurrir incendios que eventualmente penetran al área protegida se genera contaminación por el uso de agroquímicos y el vertido de desechos sólidos. Desde estas áreas circundantes se propagan también especies exóticas invasoras. La transformación de la matriz del paisaje que rodea al bosque ha tenido efectos en el clima, como es el caso de la burbuja de calor de la mancha urbana; a esto se suma la contaminación atmosférica. Todos estos factores de cambio pueden tener efectos sinérgicos sobre el estado actual y los procesos y funcionamiento de los ecosistemas forestales cuya magnitud se desconoce.

Aunque estos factores de cambio no han sido estudiados, existen evidencias de que deben ser tomados en cuenta. En recorridos de campo dentro del BLP es posible constatar la presencia de especies de plantas invasoras en bordes de caminos, terrenos agrícolas en barbecho, áreas donde han ocurrido incendios severos y otras áreas perturbadas. El pasto africano *Melinis repens*, por ejemplo, ha sido registrado como un componente de la comunidad de plantas herbáceas en la cuenca del Río Salado (Gómez-Vega 2019) y en el Cerro de San Miguel (Herrera-Palacios *et al.*, en preparación). Además de competir con las especies nativas, los pastos invasores forman camas de combustibles que pueden influir en la alteración de los regímenes de incendios. Se ha encontrado regeneración establecida de eucaliptos que fueron introducidos en reforestaciones en el pasado e incluso palmeras, como *Washingtonia filifera*, introducidas como plantas de ornato en jardines, que colonizan hábitats ribereños. Esto implica que en el futuro puede aumentar la abundancia y el área de distribución de las poblaciones de estas especies.

En un estudio dendroclimatológico sobre la respuesta de *Pinus oocarpa* a la variabilidad climática (Villanueva-Díaz *et al.* 2018), se encontró que en el periodo de estudio de 165 años (1850-2014) se observó una tendencia de disminución del crecimiento radial de los pinos asociado al aumento de la temperatura máxima que pasó de 31.7°C a 32.2°C entre 1956 y 2001. Este incremento de 1.5°C en la temperatura máxima dentro del bosque, registrado por métodos dendroclimatológicos, es mayor al de 0.5°C reportado para el mismo periodo en los estudios sobre la burbuja de calor de la ZMG, basados en registros de estaciones meteorológicas (Jáuregui *et al.* 1992, Davydova-Belitskaya y Skiba 1999, Tereshchenko y Filonov 2001). En las zonas urbanas el aumento de la temperatura puede ser más reducido porque el mismo efecto de la mancha urbana sobre el clima aumenta los extremos de la oscilación térmica. Es difícil

separar el efecto regional de la transformación del paisaje sobre el clima del calentamiento global, pero las tendencias indican que en el futuro cercano los eventos de altas temperaturas y sequía pueden influir tanto en la incidencia de incendios como en la mortalidad de árboles y brotes de insectos parásitos, como se ha observado en otros bosques del mundo (Trumbore *et al.* 2015, Stephens *et al.* 2018). Esto hace necesario considerar el manejo de la densidad de la vegetación arbórea tanto en el bosque como en las plantaciones establecidas en acciones de reforestación en el área.

La contaminación atmosférica puede ser otro factor de impacto sobre la vegetación y los suelos, afectando la fisiología de las plantas en el caso de contaminantes como el ozono o las propiedades del suelo por precipitaciones ácidas. En la región existe una alta concentración de establecimientos industriales contaminantes, además de las emisiones de vehículos automotores, a lo cual se suman estacionalmente las emisiones de quemas agrícolas e incendios forestales (González 1995, Davydova-Belitskaya *et al.* 1999). El estudio de todos estos factores y de su influencia en los ecosistemas forestales del BLP debe ser profundizado.

Las presiones externas de la expansión de la frontera agropecuaria y la urbanización y, asociada a esta, de la especulación en el mercado de tierras, han implicado una paulatina conversión de terrenos forestales a campos de cultivo, pastizales, ranchos, residencias secundarias de recreo o colonias populares. En los años 1970 la dotación de tierras ejidales y el decreto estatal del Bosque La Primavera como reserva urbana y área turística, así como la exploración geotérmica a principios de la década siguiente, aumentaron las presiones de transformación del paisaje al interior de lo que es ahora el área protegida. El decreto del 6 de marzo de 1980 del BLP como Zona de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre y su posterior recategorización como Área de Protección de Flora y Fauna, han logrado contener en gran medida los procesos de cambio de uso del suelo, pero no los han eliminado completamente.

El estado actual de los ecosistemas forestales de la Sierra de la Primavera es resultado de la influencia de los factores externos antes señalados y de otros procesos que han ocurrido dentro del macizo boscoso. La configuración actual del paisaje y la composición y estructura de la vegetación han estado influidos no sólo por los regímenes de incendios, sino también por una historia de aprovechamiento de madera, leña combustible y carbón y resinas, que se remontan al pasado prehispánico. A partir de la conquista y colonización la ganadería ha estado presente

en el área. Conocer el pasado de un lugar como la Sierra de la Primavera, es fundamental para entender no sólo las condiciones actuales del área sino las tendencias futuras. El conocimiento de la historia ambiental – *i.e.*, de las interacciones entre los humanos y su entorno ecológico a través del tiempo – y de la ecología histórica – los antecedentes históricos de las transformaciones antropogénicas y su influencia en la dinámica de los ecosistemas – son tareas pendientes en el área de estudio, que deben considerarse esenciales para entender la ecología del lugar y fundamentar el diseño de las prácticas de conservación y restauración (Foster 2000, Egan y Howell 2005, Wessels 2010, Jardel-Peláez 2008).

La visita pública con fines de recreación ha sido otro importante factor de cambio en el BLP. Además del desarrollo de infraestructura para servicios turísticos, la concentración de visitantes en ciertas áreas de alta afluencia ha generado impactos sobre la vegetación y los suelos que tampoco han sido evaluados. Los márgenes de arroyos y la vegetación ribereña son sin duda los hábitats que han tenido un mayor impacto de la visita pública. Las tendencias indican un aumento significativo de la cantidad de visitantes al BLP, por lo que esta actividad debe ser regulada (GEA Sostenible y OPD BLP 2020).

La construcción, mantenimiento y uso de caminos, brechas y senderos es un importante factor de impacto ambiental. Como se señaló en el diagnóstico es una causa importante de erosión, sedimentación, alteración del flujo hidrológico e inestabilidad de laderas; producen también efectos de borde y fragmentación y son una vía de propagación de especies exóticas invasoras (Forman *et al.* 2002). En la interfaz urbano-forestal los caminos y brechas pueden favorecer deslizamientos en masa y la formación de riadas, lo cual representa un riesgo de desastre para los centros de población que debe tomarse en cuenta. Son también vías de acceso que facilitan la explotación clandestina de los recursos naturales o donde pueden producirse incendios accidentales o provocados. Aunque los caminos, brechas y senderos son infraestructura que puede aprovecharse para la prevención física y el combate de incendios, es importante aplicar medidas de mitigación de su impacto ambiental, fortalecer el control de acceso y considerar que para fines de conservación es necesario mantener áreas libres de caminos (Ibisch *et al.* 2016).

La exploración del potencial del área para la producción de energía geotérmica ha sido otro factor de impacto no sólo sobre los hábitats forestales y la biodiversidad, sino también sobre los valores del paisaje y el patrimonio geológico del BLP. El impacto de las actividades de la

exploración geotérmica, aunque esta esté suspendida, sigue manifestándose en el área y deben ponerse en práctica medidas de mitigación, remediación y restauración. La suspensión de la explotación de la energía geotérmica es temporal y puede reiniciarse en el futuro, generando nuevos impactos ambientales negativos. Esto debe ser considerado en la actualización del Programa de Manejo del área protegida.

En resumen, los procesos históricos de transformación del paisaje y los ecosistemas han creado las condiciones actuales en las que deben ponerse en práctica las estrategias tanto de conservación y restauración como de manejo del fuego, y constituyen un antecedente importante para entender las tendencias futuras.

5.2 Las tendencias futuras en el entorno: escenario contextual

El estado de las áreas protegidas no es independiente de las transformaciones de la matriz del paisaje circundante (Janzen 1983). El análisis de las tendencias actuales y su proyección futura indica que el crecimiento demográfico en la región, junto con la especulación inmobiliaria, seguirán ejerciendo presiones de cambio de uso del suelo sobre los terrenos forestales, junto con otros factores como la agricultura de altos insumos – la expansión de terrenos cubiertos de plástico de los “cultivos protegidos” y el creciente uso de agroquímicos contaminantes – y la explotación de bancos de materiales. Esto aumentará el impacto de la fragmentación, el efecto de borde, la contaminación, la propagación de especies exóticas invasoras y la actividad de incendios que caracterizan a la interfaz urbano-forestal y a los linderos con las áreas bajo usos agropecuarios.

El crecimiento demográfico en la ZMG y otros centros de población de la región implica también una mayor actividad de visita pública y asociado a esto el aumento de la presión para desarrollar infraestructura de servicios para los visitantes, el uso de caminos y senderos, la generación de desechos sólidos y la alteración de los sitios de interés turístico.

Asociado a esto aumentará el riesgo de incendios en la interfaz urbano-forestal y en los bordes con terrenos de uso agropecuario.

Todo esto implica que el futuro del área protegida depende en gran medida de la puesta en marcha de acciones efectivas de ordenamiento territorial y regulación del crecimiento urbano,

control de la contaminación, mitigación del impacto ambiental de la agricultura y reducción de la incidencia de incendios en la región circundante.

El cambio climático global creará condiciones favorables para la propagación de incendios más intensos y severos, como se está observando en distintas partes del mundo (Flannigan *et al.* 2009). Los escenarios de cambio climático indican que la temperatura media anual, que ha venido aumentando en la región desde la década de 1960, se incrementará en 2-3°C para mediados del presente siglo. En el trabajo de Ibarra-Montoya y Huerta-Martínez (2017) se predice un aumento de los incendios en el BLP para 2050 y se señala que “el cambio climático constituye un escenario de alto riesgo, en el que muy probablemente los incendios serán más frecuentes, más extensos y de mayor intensidad”. Aunque las tendencias observadas durante el último siglo y las proyecciones del cambio climático en la región muestran un aumento en la temperatura, también predicen un ligero aumento en la precipitación; sin embargo este será insuficiente para compensar la pérdida de agua por evapotranspiración, asociada con la elevación de la temperatura. Lo que se espera entonces es una tendencia al aumento de la aridez, un probable aumento de eventos de sequía y condiciones climáticas favorables para una mayor actividad de incendios.

El cambio en las condiciones del clima influye también en el estado de la vegetación y el complejo de combustibles forestales, la materia prima que consume el fuego. Periodos de sequía más largos pueden aumentar la disponibilidad de combustible tanto por la baja humedad como por el aumento de la mortalidad de plantas.

Como se ha señalado en el diagnóstico, los bosques de pino y encino bajo un clima subhúmedo estacionalmente seco son ecosistemas propensos a incendios. El análisis de las características del complejo de combustibles forestales y de su potencial de incendios, así como de la composición de las comunidades bióticas y su respuesta al fuego, sugieren que un régimen de incendios frecuentes, superficiales y de severidad baja a mixta, han formado parte de la dinámica natural o histórica de los ecosistemas forestales del área. Sin embargo, la combinación de los efectos del cambio climático global con la supresión del fuego pueden desviar el régimen de incendios de la amplitud de su variación histórica. Puede preverse un aumento de la intensidad de los incendios y de la superficie quemada con alta severidad. Es posible que esto produzca un

proceso de sabanización – la disminución de la cobertura arbórea y el aumento de la cobertura de pastos – que crearía condiciones para el aumento de la frecuencia de incendios.

La modificación del complejo de combustibles, como resultado de cambios en la estructura y composición de la vegetación y la acumulación de hojarasca en sitios donde el fuego ha sido suprimido por periodos prolongados, puede producir un aumento del potencial de incendios. Esto tendría también efectos en el aumento de la vulnerabilidad al fuego de hábitats que funcionan como refugio del fuego, con consecuencias sobre la diversidad de especies.

En el BLP se ha observado que cuando el fuego se excluye por periodos mayores a 5-10 años, la acumulación de combustibles superficiales puede generar incendios más intensos, severos y difíciles de controlar. La supresión de incendios con la consecuente acumulación de combustibles en un área con igniciones más frecuentes en áreas agrícolas y urbanas circundantes, sólo puede ser temporalmente exitosa pero a la larga aumenta el peligro de incendios que tarde o temprano van a ocurrir. Esto junto con la invasión de especies exóticas y el cambio climático global, configuran un escenario de mayor vulnerabilidad de los ecosistemas forestales y de la población humana en la interfaz urbano forestal a los efectos directos o indirectos del fuego. Dadas estas tendencias, es importante considerar al manejo del fuego como un elemento básico para la adaptación al cambio climático global y la mitigación de emisiones de GEI y contaminantes atmosféricos.

Otro elemento del escenario contextual es el de las tendencias en las políticas y programas gubernamentales y la influencia de la opinión pública, elementos que deben ser considerados como fundamentales para una estrategia de manejo del fuego.

El apoyo del Gobierno de Jalisco a partir del año 2012, en el que el BLP fue escenario de un incendio extenso, se ha incrementado y se ha mejorado la organización y la disponibilidad de recursos para la protección contra incendios forestales. Esto es un avance positivo, pero no se ha logrado una transición hacia la adopción de un enfoque de manejo del fuego. Persisten las percepciones negativas acerca de los incendios y en general se carece de conocimiento y entendimiento del manejo del fuego y sus principios ecológicos. Esto indica que es necesario impulsar y fortalecer los procesos de formación y capacitación, así como de educación y comunicación dirigida a la población de la región, como parte esencial del desarrollo de una estrategia de manejo del fuego, que no se reduce solamente a las intervenciones técnicas, sino

que debe poner énfasis en los aspectos institucionales y comunicativos (Jardel 2010, Jardel *et al.* 2010).

Debido a los efectos de la actual pandemia de la Covid-19, que han afectado significativamente las actividades económicas y demandado una mayor asignación de recursos públicos, puede preverse que en los próximos años habrá una fuerte limitación de los recursos dedicados a la conservación. Ya en las áreas protegidas ha ocurrido a nivel nacional una fuerte caída del presupuesto asignado, aunado con recortes de personal. Esto hace necesario plantear nuevas estrategias frente a un escenario de emergencia y tendencias económicas negativas que seguirán manifestándose en el mediano plazo. Para esto la colaboración interinstitucional y la armonización de los programas públicos, en el marco de una estrategia común, sumando esfuerzos y recursos, es esencial para la conservación de áreas protegidas. Es importante una administración cuidadosa de los recursos disponibles, su asignación a tareas estratégicas y la obtención de financiamiento de fuentes alternativas.

5.3 El escenario estratégico

Los elementos del pronóstico de las tendencias futuras no sólo de la incidencia de incendios y los efectos del fuego, sino también de otros aspectos de las transformaciones ecológicas en el BLP, indican la necesidad de poner en práctica una estrategia integral de conservación y restauración en el área protegida y de gestión ambiental en la región circundante. Esto configura el escenario estratégico, esto es, el estado futuro deseable del BLP que puede alcanzarse mediante la aplicación de un manejo planificado.

En un escenario de no intervención, aumentarán las presiones actuales, conduciendo a una mayor degradación y al aumento de la vulnerabilidad socioecológica a la alteración de los regímenes de incendios forestales y otros factores de cambio ambiental, tanto en el área boscosa como en la interfaz urbano-forestal.

De continuar un manejo centrado en el enfoque convencional de supresión de incendios, y suponiendo que la exclusión del fuego sea exitosa, la acumulación de combustibles forestales combinada con el cambio climático generará condiciones para la propagación de incendios más intensos, severos y difíciles de controlar, con altas emisiones de contaminantes atmosféricos y GEI y con mayor degradación ecológica. Esto a su vez aumentará las presiones políticas de una

opinión pública caracterizada por la aversión al fuego y la falta de conocimiento de su papel ecológico.

En un escenario estratégico, en el cual se pone en marcha un programa de manejo del fuego basado en principios ecológicos, se considera que las tendencias antes señaladas pueden contenerse y en algunos casos revertirse y que es posible crear condiciones que contribuyan a la conservación de ecosistemas, biodiversidad y valores del patrimonio natural y cultural, a la adaptación al cambio climático, la restauración ecológica y la mitigación de riesgos de desastres.

En este escenario estratégico las acciones de prevención física, legal y cultural y el combate de incendios permiten reducir la incidencia de fuegos causados por actividades agropecuarias, quema de basura, incendiarios y otros factores antropogénicos. El régimen de incendios es manejado a través de la aplicación de quemas prescritas, las cuales se inician primero a nivel experimental para luego convertirse en una práctica rutinaria, planificada y sujeta a una evaluación continua. Se mantiene un régimen de incendios frecuentes de severidad baja a mixta, creando un mosaico de hábitats formado por áreas quemadas en distintos tiempos y áreas no quemadas – particularmente los hábitats ribereños que han funcionado como refugios del fuego – lo cual permite conservar la diversidad de especies nativas y la salud de los ecosistemas forestales.

En algunos casos los incendios causados por rayos o por accidente pueden tolerarse y controlarse su propagación en áreas donde el fuego no representa una amenaza para centros de población, infraestructura o valores del patrimonio natural.

Otras prácticas de manejo, como el control mecánico de combustibles y el control de especies exóticas invasoras, contribuyen a reducir el peligro de incendios de alta severidad, así como la vulnerabilidad a sequías y brotes de insectos parásitos en el contexto del cambio climático global. Las quemas prescritas y el manejo de combustibles reducen también los eventos de incendios severos con altas emisiones de GEI y contaminantes atmosféricos, lo cual aunado a la regeneración y crecimiento de las masas forestales y a las actividades de restauración ecológica permite mantener un balance positivo de carbono; esto es, el almacenamiento y captura de carbono en la biomasa de plantas vivas es mayor a las emisiones de la respiración del ecosistema y de los incendios severos.

Las actividades de restauración ecológica son diseñadas con base en el conocimiento de los procesos de regeneración natural, sucesión ecológica y formación de suelos, manteniendo la diversidad de especies nativas y condiciones naturales de estructura y composición de la vegetación.

En las áreas utilizadas para la producción agrícola se adoptan prácticas agroecológicas y de cultivo orgánico, eliminando el uso de sustancias tóxicas. La producción ganadera se lleva a cabo regulando la carga animal de acuerdo con la variabilidad espaciotemporal de la productividad forrajera y se implementan sistemas silvopastoriles. El uso del fuego se reduce y cuando es necesario hacer quemas estas son adecuadamente prescritas y controladas, con lo cual disminuye significativamente el riesgo de incendios. Gracias a la mejora de la productividad agrícola y ganadera estas actividades se estabilizan, se incrementan los beneficios para los productores y dejan de generar presiones de cambio de uso del suelo.

En la interfaz urbano-forestal se adoptan medidas de prevención y reglas de construcción que reducen el riesgo de incendios. Hay una adecuada disposición de desechos de jardines y residuos sólidos, se controla la acumulación de combustibles en franjas de protección alrededor de las áreas construidas. Se cuenta también con protocolos para la protección civil en caso de incendios accidentales o de fenómenos naturales extremos que pueden ser causa de desastres.

El desarrollo de la investigación permite adquirir nuevo conocimiento para fundamentar mejores prácticas de manejo del fuego y restauración. El BLP es un sitio dedicado a la investigación científica cumpliendo uno de los objetivos centrales de las reservas de la biosfera.

La formación técnica y profesional y la capacitación y entrenamiento continuos permiten contar con personal calificado y experimentado para mantener la operación del programa de manejo del fuego.

La divulgación de los hallazgos de la investigación, la información sobre los avances y resultados del programa de manejo del fuego y la comunicación con el público permiten un mejor entendimiento del trabajo que se realiza logrando un mayor soporte público.

Por último, se mantiene y fortalece la colaboración interinstitucional, se realiza una administración eficiente de los medios y recursos sostenibles y se logra un financiamiento estable y oportuno para la ejecución del programa.

Esta imagen objetivo del posible escenario futuro que puede lograrse mediante la aplicación del programa de manejo del fuego en el BLP, define sus líneas de acción estratégicas. Sin embargo, la factibilidad de lo que ha sido planteado depende no sólo de las acciones al interior del área protegida y áreas adyacentes, sino de cambios en su entorno, especialmente en lo que se refiere al ordenamiento territorial y urbano, a la gestión ambiental y la eficacia de las medidas de control de la contaminación y mitigación del cambio climático en la región. Para esto es indispensable el compromiso y el respaldo gubernamental y ciudadano, sostenidos a largo plazo.

6 Principios y criterios del manejo del fuego

Planificar significa “pensar antes de actuar” y organizar la manera de actuar para lograr fines determinados (Ahmend *et al*, 2002). Un plan o programa es una guía para la ejecución de un conjunto de intervenciones organizadas a través de las cuales se busca cambiar o mejorar las condiciones existentes. Sin embargo, los planes y programas no pueden prever todas situaciones que pueden presentarse ante procesos complejos y entornos cambiantes, por lo cual es necesario, como parte del proceso de planificación, establecer los principios y criterios que puedan guiar tanto el mejoramiento de los planes conforme se avanza en su ejecución, como la toma de decisiones y la adaptación ante nuevas condiciones, situaciones no previstas o contingencias.

Los principios son enunciados conceptuales que sirven como referencia para la planificación y la ejecución de las acciones, así como para actuar en situaciones no previstas. De estos principios se derivan los criterios, que son los elementos de juicio para guiar las acciones evaluar sus resultados. Este programa de manejo del fuego plantea cinco principios básicos de los cuales se derivan 30 criterios, que son enunciados a continuación.

6. *Conservación.* El manejo del fuego en el BLP es un componente de la gestión del área protegida, no una actividad independiente; por lo tanto, deberá contribuir a la conservación de la biodiversidad, la protección de valores del patrimonio natural y cultural, y el mantenimiento de la resiliencia, capacidad adaptativa y funciones de los ecosistemas de las que depende la generación de servicios ambientales.

6.1. En la mayor parte del BLP los ecosistemas forestales son propensos a incendios frecuentes de severidad baja a mixta; su régimen potencial de incendios está determinado por las condiciones del clima estacionalmente seco, la rugosidad del relieve y la vegetación de bosques de pino, encino y formaciones sabanoides. *El régimen potencial de incendios es considerado como guía para implementar el manejo del fuego.*

6.2. La supresión del fuego afecta a la diversidad de especies adaptadas el régimen de incendios y genera cambios en el complejo de combustibles que aumentan la vulnerabilidad de estos ecosistemas a incendios más intensos y severos; por lo tanto, es

necesario *mantener o restaurar el régimen de incendios dentro de la amplitud de su variación natural-histórica.*

- 6.3. En el área existen hábitats o componentes de hábitat (bosques ribereños y afloramientos rocosos) que funcionan como *refugios de incendios*; su protección es indispensable para la conservación de especies piróforas o sensibles al fuego.
- 6.4. *Conservar el mosaico de hábitats a escala del paisaje*, formado por áreas no quemadas y quemadas en distintos tiempos y con distinta severidad, permite mantener condiciones para la coexistencia de especies con diferentes requerimientos ambientales y adaptaciones a los regímenes de incendios.
- 6.5. Los pronósticos acerca del cambio climático global indican un aumento de la actividad de incendios y eventos de sequía. Las intervenciones de manejo dirigidas a regular la acumulación de combustibles, mantener el régimen de fuego y conservar el mosaico de hábitats, pueden contribuir a *mantener a la resiliencia y capacidad adaptativa frente a los efectos del cambio climático global.*
7. *Restauración.* La restauración ecológica es complementaria a la conservación y su propósito es recuperar áreas o sitios que han sido alterados, dañados, degradados o destruidos para reincorporarlos a unidades de conservación (*restauración ecológica*) o, en su caso, a sistemas productivos (*rehabilitación productiva*).
 - 7.1. *Los factores de cambio que conducen a la degradación de los ecosistemas son múltiples y actúan en forma sinérgica*; esto implica la necesidad de un *enfoque integral de la restauración* considerando la interacción entre distintos factores de cambio. En el BLP la degradación ha sido consecuencia de procesos históricos de cambio de uso del suelo, construcción de caminos y otra infraestructura, explotación de recursos naturales, introducción de especies exóticas y alteración del régimen de incendios.
 - 7.2. Antes de realizar intervenciones de restauración o rehabilitación, *debe evaluarse objetivamente la condición o estado de áreas o sitios degradados*, justificando la razón por las cuales debe intervenir para su recuperación.
 - 7.3. Las acciones de restauración o rehabilitación deberán *fundamentarse en el mejor conocimiento y entendimiento disponibles* acerca de los patrones y procesos ecológicos de regeneración natural y sucesión ecológica.

- 7.4. *La regeneración natural debe considerarse como la primera opción para la recuperación de áreas incendiadas*; las intervenciones de manejo deberán centrarse en facilitar el proceso de regeneración natural eliminando o controlando las causas de degradación o los factores que puedan alterar o interrumpir dicho proceso.
- 7.5. *Las intervenciones de restauración manipulativa sólo se justifican en los casos en los que falla la regeneración natural o la magnitud de la degradación del suelo es severa* (hay pérdida de suelo, procesos críticos de erosión e inestabilidad de laderas, o se ha perdido o es limitada localmente la disponibilidad de germoplasma de las especies nativas).
- 7.6. En las intervenciones de restauración se deberán *emular los procesos de regeneración natural*, considerando los patrones de remplazo sucesional de las especies.
- 7.7. *Las acciones de reforestación deberán realizarse bajo objetivos de restauración y prescripciones de manejo diseñadas de tal manera que se mantenga la diversidad de especies nativas* (no sólo arbóreas, sino también herbáceas y arbustivas), la mezcla de especies, y la diversidad genética de las plantas utilizadas para reforestar; esto implica la necesidad de producir localmente planta para reforestación, de distintas especies locales y con un riguroso control sanitario y de procedencia.
- 7.8. El *control de especies exóticas invasoras* debe considerarse como un objetivo explícito de la restauración; dichas especies pueden causar tanto el desplazamiento de especies nativas como la alteración de los regímenes de incendios.
- 7.9. El *control de la erosión causada por caminos, brechas y senderos* debe considerarse como un elemento importante de la restauración, ya que en la unidad de conservación constituyen una de las principales causas de la erosión misma, sedimentación de cauces e inestabilidad de laderas. Esto implica el mejoramiento de los caminos permanentes, la construcción de obras de drenaje y estabilización de taludes y terraplenes, el control del tránsito en los caminos e incluso su cierre temporal o definitivo en algunos casos.
- 7.10. La restauración ecológica es una tarea que se realiza pensando en *condiciones futuras* (como deberán ser las áreas restauradas con el paso del tiempo) y no en la vuelta a condiciones del pasado que ya no existen, no son reproducibles o son desconocidas.
8. *Protección contra incendios y mitigación de su impacto en el ambiente humano*. La incidencia de incendios provocados y accidentales y sus impactos ecológicos y ambientales

negativos deben reducirse significativamente mediante acciones efectivas de prevención física, cultural y legal, buenas prácticas de manejo de la tierra y los recursos naturales y procedimientos efectivos para el combate del fuego.

- 8.1. En áreas críticas por la alta incidencia de incendios y en sitios estratégicos para contener la propagación de incendios, deberán ponerse en práctica intervenciones de *prevención física de incendios*, incluyendo la construcción de guardarrayas o brechas cortafuego, líneas negras, reducción mecánica de la carga de combustibles, control de la densidad del arbolado y quemas prescritas.
- 8.2. Reducir el riesgo de incendios a través del *control de igniciones dentro del área protegida*, estableciendo lineamientos y reglas para el uso del fuego por los pobladores, vecinos y dueños de terrenos, así como por visitantes, periodos de veda del uso del fuego y establecimiento de áreas de visita pública con infraestructura donde es posible utilizar fuego en forma segura.
- 8.3. Mantener actividades de *prevención cultural de incendios* mediante campañas informativas en los medios, señalamiento en el interior del área, sitios de visita pública, accesos y áreas circundantes. Las campañas de información y el señalamiento deberán incluir recomendaciones sobre medidas de prevención, información sobre reglas y restricciones del uso del fuego, posibles sanciones y concientización sobre las consecuencias que pueden tener incendios accidentales o provocados en la integridad y los valores del área protegida.
- 8.4. *Fortalecer y mantener capacidad operativa para el combate de incendios* es indispensable para la protección civil y para asegurar el cumplimiento de objetivos de conservación, manejo del régimen de incendios y restauración.
- 8.5. La eficiencia de las acciones de combate de incendios y la seguridad de los combatientes requiere de una buena organización, operación bajo un mando unificado y soporte logístico, bajo los principios de un *Sistema de Mando de Incidentes*.
- 8.6. *El manejo del fuego debe contribuir a la protección civil*, reduciendo los riesgos directos e indirectos de desastres relacionados con los incendios y sus efectos sobre las condiciones atmosféricas y el paisaje.

- 8.7. El establecimiento de centros de población, viviendas e infraestructura en paisajes propensos a incendios y en áreas susceptibles a desastres desencadenados por fenómenos hidrometeorológicos y geológicos, representa un riesgo para las poblaciones humanas. *En la interfaz urbano forestal deben implementarse medidas para mitigar la vulnerabilidad de los centros de población a incendios y desastres, al mismo tiempo que se reduce la incidencia de incendios originados en zonas urbanas.*
- 8.8. En zonas del BLP y su región circundante bajo usos agropecuarios deben ponerse en práctica *alternativas al uso del fuego en la agricultura y la ganadería*, con el propósito de reducir el riesgo de incendios causados por el uso del fuego en las quemas de cultivo y cosecha en la agricultura, así como las quemas de agostaderos. Esto debe ir acompañado por la adopción de mejores prácticas que mejoren la productividad agropecuaria con criterios de sustentabilidad.
9. *Generación, comunicación y aplicación de conocimiento para el manejo adaptativo del fuego.* Las prácticas de manejo del fuego deberán ser diseñadas, evaluadas y adaptadas sobre la base del conocimiento científico y la experiencia práctica, como parte de un proceso de experimentación, monitoreo y aprendizaje continuos. La comunicación y entrega de los resultados de la investigación y de su aplicación práctica es indispensable para fomentar la participación y el soporte público.
- 9.1. *Las actividades de investigación deben ser planificadas para contribuir a los objetivos de conservación y manejo.* Sin dejar de considerar los temas que contribuyen al conocimiento básico de los fenómenos naturales y sociales, los proyectos de investigación deben contribuir al manejo adaptativo del fuego y en general a la conservación del área protegida.
- 9.2. *El fuego es un fenómeno socioecológico;* la investigación debe considerar por lo tanto los componentes físico-geográficos y ecológicos como los sociales y sus dimensiones culturales, político-institucionales, económicas y demográficas.
- 9.3. *El monitoreo u observación continua es esencial para la toma de decisiones informadas y la evaluación de resultados.* Es necesario en consecuencia contar con sistemas de información y monitoreo de los incendios forestales, las intervenciones de manejo y las respuestas de los ecosistemas a estos factores.

9.4. Los resultados de la investigación y el monitoreo deben ser comunicados y entregados por medios adecuados a los responsables de ejecutar las acciones de manejo, a los dueños de tierras y a los pobladores y vecinos del área protegida. *La comunicación del conocimiento acerca de la ecología y manejo del fuego es fundamental para lograr el soporte público y la participación informada.*

10. *Desarrollo de una estrategia común de cooperación y colaboración interinstitucional para el manejo adaptativo del fuego.* El trabajo conjunto de los actores involucrados en la gestión del área protegida, con objetivos y metas comunes, requiere de una organización adecuada basada en la cooperación y colaboración, una *base institucional* sólida y duradera y un enfoque de *manejo adaptativo*.

10.1. La puesta en marcha de una estrategia de manejo del fuego implica la *colaboración y cooperación entre los múltiples actores involucrados*, incluyendo a los actores directos que realizan las acciones de manejo, como a los beneficiados o afectados por estas, a las instituciones con mandato legal y a quienes participan por su compromiso social e interés en la conservación.

10.2. El desarrollo de estrategias de conservación y el manejo del fuego, para ser sustentables, requieren de una *base institucional sólida y de mecanismos de gestión con permanencia de largo plazo*.

10.3. *La planificación, seguimiento y evaluación del manejo del fuego requieren de un enfoque adaptativo.* La complejidad de los procesos socioecológicos y las limitaciones del conocimiento implican incertidumbre; en consecuencia, los planes, programas y prescripciones de manejo se basan en supuestos e hipótesis que deben ser puestas a prueba y deben diseñarse como experimentos que generen nuevos conocimientos y experiencias, a partir de las cuales es posible ajustar, mejorar o corregir los planeado y adaptarse al contexto del lugar y a los cambios en el entorno ecológico y social.

7 Objetivos

Teniendo como marco de referencia los objetivos de las áreas naturales protegidas establecidos en la legislación vigente, el Programa de Manejo del Bosque La Primavera (CONANP 2002), la ley de creación del OPD-BLP que establece su misión y funciones, y las funciones de las reservas de la biosfera (MAB 2006), así como los resultados del diagnóstico y pronóstico y los principios de manejo del fuego que han sido expuestos en las secciones anteriores, se establecieron los objetivos del Programa de Manejo del Fuego del Bosque la Primavera, que se presentan a continuación.

7.1 Objetivo general

Contribuir a través del manejo del fuego basado en principios y criterios ecológicos a la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad del Bosque La Primavera, manteniendo su capacidad para generar servicios ambientales.

7.2 Objetivos específicos

- 1) Poner en marcha en el Bosque La Primavera una estrategia de manejo del fuego que contribuya a los objetivos de conservación del área protegida.
- 2) Manejar el régimen de incendios forestales para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad del Bosque La Primavera, reduciendo su vulnerabilidad al cambio climático global y a la transformación del paisaje circundante.
- 3) Restaurar áreas degradadas por la alteración de los regímenes de incendios y otros factores de cambio ambiental.
- 4) Proteger a la población humana (pobladores, vecinos y visitantes), los recursos naturales y la infraestructura del Bosque La Primavera y su región circundante contra los efectos negativos de los incendios forestales.
- 5) Mitigar los impactos de las actividades agropecuarias y la urbanización que aumentan la vulnerabilidad del área protegida a los incendios forestales y otros factores de cambio.

- 6) Desarrollar el conocimiento y fortalecer las capacidades técnicas para el manejo del fuego en el Bosque La Primavera y su región de influencia.
- 7) Contar con soporte público, una base institucional sólida y mecanismos operativos que permitan asegurar la sostenibilidad de la estrategia de manejo del fuego a largo plazo.

8 Líneas de acción estratégicas

Para alcanzar los objetivos del Programa de Manejo del Fuego, este está estructurado en 11 líneas de acción estratégicas. Las seis primeras constituyen los componentes sustantivos de la estrategia de manejo del fuego. Las otras cinco líneas de acción son componentes complementarios que sirven de apoyo para poner en práctica las acciones sustantivas. Estas líneas de acción estratégicas se enumeran a continuación.

1. Planificación y evaluación con un enfoque de manejo adaptativo, basado en la experimentación y el aprendizaje continuos.
2. Manejo del régimen de incendios forestales para mitigar el peligro de incendios intensos reducir la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático y mitigar las emisiones de gases con efecto de invernadero y contaminantes atmosféricos.
3. Restauración de las áreas afectadas por el fuego y otros factores de cambio, bajo principios y criterios basados en el conocimiento y entendimiento de patrones y procesos ecológicos.
4. Protección contra incendios forestales a través de la prevención y combate del fuego.
5. Mitigación del riesgo de desastres asociados a los efectos directos e indirectos del fuego en la interfaz urbano-forestal.
6. Desarrollo de alternativas al uso del fuego en zonas agrícolas y ganaderas.
7. Investigación y monitoreo para la generación de conocimiento que fundamente el manejo del fuego con un enfoque adaptativo de experimentación y aprendizaje.
8. Fortalecimiento de las capacidades para el manejo del fuego a través de la formación, capacitación y entrenamiento.
9. Comunicación con el público y educación para el manejo del fuego.
10. Consolidación de la base institucional para el manejo del fuego y la gestión del área protegida, a través de la cooperación interinstitucional y la participación efectiva de los pobladores y vecinos.

11. Consolidación de mecanismos de financiamiento estables y de administración eficiente para sostener a largo plazo la aplicación de la estrategia de manejo del fuego.

En la siguiente tabla se presentan las metas de estas líneas de acción estratégicas.

Objetivos particulares, líneas de acción estratégica y metas

Objetivo general **Contribuir a través del manejo del fuego basado en principios y criterios ecológicos a la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad del Bosque La Primavera, manteniendo su capacidad para generar servicios ambientales.**

Objetivos particulares	Líneas de acción estratégicas	Metas
<p>1. Poner en marcha en el Bosque La Primavera una estrategia de manejo del fuego que contribuya a los objetivos de conservación del área protegida.</p>	<p>1. Planificación y evaluación con un enfoque de manejo adaptativo, basado en la experimentación y el aprendizaje continuos.</p>	<p>1.1. El OPD-BLP cuenta con un Programa de Manejo del Fuego aprobado y este entra en operación.</p>
		<p>1.2. Anualmente se elaboran programas operativos de manejo del fuego y se cumple con las acciones programadas.</p>
		<p>1.3. El programa estratégico y los programas operativos son conocidos y entendidos por los actores involucrados en su ejecución, han sido comunicados por medios adecuados a pobladores, poseedores de tierras y vecinos del área protegida, y cuentan con respaldo público para su ejecución.</p>
		<p>1.4. El programa estratégico y los programas operativos de manejo del fuego son evaluados periódicamente y se ajustan y adaptan de acuerdo con sus resultados, las condiciones del entorno y la incorporación del aprendizaje adquirido a través de la adquisición de nuevos conocimientos y experiencia en su implementación.</p>
<p>2. Manejar el régimen de incendios forestales para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad del Bosque La Primavera, reduciendo su vulnerabilidad al cambio climático global y a la transformación del paisaje circundante.</p>	<p>2. Manejo del régimen de incendios para mitigar el peligro de incendios intensos alta severidad, reducir la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático y mitigar las emisiones de gases con efecto de invernadero y contaminantes atmosféricos.</p>	<p>2.1. Mediante prácticas de manejo de combustibles y quemas prescritas se mantiene el régimen de fuego dentro de la amplitud de su variación natural o histórica.</p>
		<p>2.2. La diversidad de especies nativas se conserva a través del mantenimiento de un mosaico de hábitats que permite la coexistencia de especies pirófilas y sensibles al fuego.</p>
		<p>2.3. La superficie afectada por incendios de alta severidad se ha reducido a menos del 10% del área quemada anualmente.</p>
		<p>2.4. Se mantiene un balance positivo de carbono (captura mayor a emisiones) y se mitigan los eventos de contaminación atmosférica.</p>

Objetivos particulares	Líneas de acción estratégicas	Metas
<p>3. Restaurar áreas degradadas por la alteración de los regímenes de incendios y otros factores de cambio ambiental.</p>	<p>3. Restauración de las áreas afectadas por el fuego y otros factores de cambio, bajo principios y criterios basados en el conocimiento y entendimiento de patrones y procesos ecológicos.</p>	<p>3.1. En sitios afectados por incendios donde la regeneración natural es insuficiente para su recuperación o donde hay problemas críticos de erosión, se realizan intervenciones de restauración ecológica.</p>
		<p>3.2. En las plantaciones forestales (reforestaciones) establecidas en el área se aplican tratamientos silvícolas que favorecen su desarrollo y reducen su vulnerabilidad a incendios, sequías y ataque de parásitos y patógenos.</p>
		<p>3.3. Los hábitats de bosque ribereño, que cumplen un papel ecológico clave y que han sido severamente alterados, son restaurado.</p>
		<p>3.4. Se aplican medidas de control de especies exóticas invasoras.</p>
<p>4. Proteger a la población humana (pobladores, vecinos y visitantes), los recursos naturales y la infraestructura del Bosque La Primavera y su región circundante contra los efectos negativos de los incendios forestales.</p>	<p>4. Protección contra incendios forestales a través de la prevención física y el combate del fuego.</p>	<p>4.1. Se aplican medidas de prevención física, cultural y legal que reducen la incidencia de incendios forestales.</p>
		<p>4.2. Los incendios forestales se combaten y controlan de manera eficiente aplicando un Sistema de Mando de Incidentes basado en la cooperación y la coordinación interinstitucional.</p>
		<p>4.3. Las capacidades técnicas, el personal y los recursos materiales y financieros para la protección contra incendios han mejorado y se han fortalecido.</p>
<p>5. Mitigar los impactos de las actividades agropecuarias y la urbanización que aumentan la vulnerabilidad del área protegida a los incendios forestales y otros factores de cambio.</p>	<p>5. Mitigación del riesgo de desastres asociados a los efectos directos e indirectos del fuego en la interfaz urbano-forestal.</p>	<p>5.1. La incidencia de incendios originados en la interfaz urbano-forestal se ha reducido mediante la adopción de medidas de prevención.</p>
		<p>5.2. Los materiales combustibles, tanto naturales como artificiales, son adecuadamente manejados reduciendo el peligro de incendios en la interfaz urbano-forestal.</p>
		<p>5.3. En la interfaz urbano-forestal se están aplicando reglamentos municipales y protocolos para la prevención de incendios y desastres y la respuesta a contingencias.</p>
	<p>6. Desarrollo de alternativas al uso del fuego en zonas agrícolas y ganaderas.</p>	<p>6.1. Se ha reducido la incidencia de incendios originados por el uso del fuego en cultivos agrícolas y agostaderos.</p>
		<p>6.2. En las áreas de producción agropecuaria se aplican buenas prácticas de manejo basadas en técnicas de agricultura orgánica y sistemas silvopastoriles que reducen el uso del fuego y mejoran la productividad.</p>

Objetivos particulares	Líneas de acción estratégicas	Metas
<p>6. Desarrollar el conocimiento y fortalecer las capacidades técnicas para el manejo del fuego en el Bosque La Primavera y su región de influencia.</p>	<p>7. Investigación y monitoreo para la generación de conocimiento que fundamente el manejo del fuego con un enfoque adaptativo de experimentación y aprendizaje.</p>	<p>7.1. La investigación científica, planificada en función de las necesidades del área protegida, contribuye al diseño, implementación y evaluación de mejores prácticas de manejo del fuego y restauración ecológica.</p>
	<p>8. Fortalecimiento de las capacidades para el manejo del fuego a través de la formación, capacitación y entrenamiento.</p>	<p>7.2. El OPD-BLP cuenta con un sistema de información y monitoreo de incendios forestales el cual es utilizado para la planificación, seguimiento y evaluación de las acciones de manejo.</p>
		<p>8.1. El personal operativo, de apoyo y directivo que interviene en la ejecución de la estrategia de manejo del fuego cuenta con una formación adecuada y está capacitado.</p>
	<p>8.2. Las actividades de formación, capacitación y entrenamiento son planificadas en función de las necesidades de la unidad de manejo y se llevan a cabo regularmente.</p>	
<p>7. Contar con soporte público, una base institucional sólida y mecanismos operativos que permitan asegurar la sostenibilidad de la estrategia de manejo del fuego a largo plazo.</p>	<p>9. Comunicación con el público y educación para el manejo del fuego.</p>	<p>9.1. El conocimiento y entendimiento de los objetivos, principios y utilidad del manejo del fuego por los pobladores, vecinos y visitantes del Bosque La Primavera ha generado soporte público para la ejecución del programa.</p>
		<p>9.2. La comunicación continua de los avances y resultados de la estrategia de manejo del fuego permite su reconocimiento y fomenta el apoyo y participación de la sociedad.</p>
		<p>9.3. Los medios de comunicación realizan una cobertura adecuada del tema del manejo del fuego y los incendios forestales.</p>
	<p>10. Consolidación de la base institucional para el manejo del fuego y la gestión del área protegida, a través de la cooperación interinstitucional y la participación efectiva de los pobladores y vecinos.</p>	<p>10.1. A través del fortalecimiento de la colaboración interinstitucional se aplica la estrategia de manejo del fuego y se ejecutan las acciones programadas.</p>
<p>10.2. Los ejidos, propietarios particulares, pobladores y vecinos del Bosque La Primavera participan en la implementación de las acciones de manejo del fuego.</p>		
<p>10.3. Se han establecido convenios y acuerdos con las instituciones involucradas en la ejecución de las acciones del Programa de Manejo del Fuego del Bosque La Primavera.</p>		

Objetivos particulares	Líneas de acción estratégicas	Metas
<p>7. Contar con soporte público, una base institucional sólida y mecanismos operativos... (continuación)</p>	<p>11. Consolidación de mecanismos de financiamiento estables y de administración eficiente para sostener a largo plazo la aplicación de la estrategia de manejo del fuego.</p>	<p>11.1. El desarrollo del Programa de Manejo del Fuego es administrado de manera eficiente, realizando un uso óptimo de los recursos materiales y financieros.</p>
		<p>11.2. La estructura de la Dirección General del OPD-BLP y sus áreas técnicas y administrativa ha sido reorganizada y se ha fortalecido para la aplicación de la estrategia de manejo del fuego en el marco del Programa de Manejo del APFF y RB Bosque La Primavera.</p>
		<p>11.2. Se mantiene un presupuesto operativo suficiente y estable del OPD-BLP para la ejecución de las acciones del Programa de Manejo del Fuego.</p>
		<p>11.3. A través de propuestas de financiamiento se han obtenido fondos adicionales de fuentes externas para complementar los recursos necesarios para llevar a cabo las acciones del Programa de Manejo del Fuego del Bosque La Primavera.</p>

9 Acciones y resultados esperados

Las acciones del Programa de Manejo del Fuego del Bosque La Primavera se presentan a continuación agrupadas en las líneas estratégicas previamente descritas con sus metas en la sección anterior. En las tablas de esta sección se enlistan las acciones indicando sus resultados esperados o metas específicas, los plazos de ejecución (C1 y C2 corto plazo 2020-2021 y 2021-2022; M, mediano plazo 2022-2026; L, largo plazo, post 2026) y los responsables (RE) y colaboradores (CO) encargados de ponerlas en práctica. Después de la tabla correspondiente a cada línea de acción estratégica, se presenta información complementaria para el mejor entendimiento de las acciones planeadas.

Respecto a los plazos de ejecución, los primeros dos años del programa (2020-2022) son el periodo de transición necesario para pasar de un enfoque de manejo centrado en la supresión de incendios a la puesta en marcha de la estrategia de manejo del fuego, que deberá consolidarse en los siguientes cuatro años (2022-2026); al final de este periodo se plantea la revisión y actualización del Programa de Manejo del Fuego.

Como responsables del seguimiento y ejecución de las acciones se incluyeron únicamente a las instancias que forman parte del OPD-BLP, en cuya Junta de Gobierno están integrados los gobiernos municipales, la SEMADET y la CONANP; se incluyó también al Grupo Técnico Operativo (GTO) en el cual participan la CONAFOR y Protección Civil del Gobierno de Jalisco. La lista de los acrónimos de las instancias responsables y colaboradoras se presenta en la tabla 20. Las dependencias no se mencionan específicamente en las tablas, asumiendo que forman parte de las instancias de gestión del OPD-BLP o del GTO y como integrantes de estas son corresponsables en la ejecución de acciones. En el caso de los colaboradores, pueden incluirse las mismas instancias cuando su función es de apoyo, así como mencionarse instituciones u organizaciones que realizan una tarea específica contando con su colaboración ya sea por mandato legal o por sus funciones y compromisos adquiridos en la gestión del BLP. Como parte del proceso de desarrollo y puesta en marcha del PMF-BLP, podrán incorporarse en el futuro otros colaboradores incluyendo representantes de propietarios, ejidos, pobladores y vecinos del área protegida, organizaciones de la sociedad civil e instituciones de investigación y enseñanza, cuya participación es esencial tanto para el desarrollo de este programa como en general la

conservación del BLP. Promover e impulsar la participación de los dueños de tierras, pobladores y vecinos del BLP, se incluye como parte de las acciones considerando que es necesario desarrollar un proceso para construir mecanismos efectivos y no meramente formales de participación.

Tabla 20. Listado y acrónimos de las instancias responsables y colaboradoras en la ejecución de las acciones del PMF-BLP.

Acrónimo	Institución
OPD-BLP	Organismo Público Descentralizado Bosque La Primavera
JG	Junta de Gobierno del OPD-BLP
CCIU	Consejo Ciudadano del OPD-BLP
CCIE	Comité Científico del OPD-BLP
DG	Dirección General del OPD-BLP
Direcciones y unidades del OPD-BLP	
DRC	Dirección de Restauración y Conservación
DPV	Dirección de Protección y Vigilancia
DPM	Dirección de Productividad y Manejo de Recursos Naturales
DCC	Dirección de Cultura y Conocimiento
UIP	Unidad de Información y Planeación (*)
Otras instituciones	
GTO	Grupo Técnico Operativo para el Manejo del Fuego
AYTO	Ayuntamientos de los municipios de la región
SEMADET	Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial
SEDER	Secretaría de Desarrollo Rural
PC	Protección Civil y Bomberos del Estado de Jalisco
PROEPA	Procuraduría Estatal de Protección al Ambiente
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
UDG	Universidad de Guadalajara
EJI	Ejidotes del Bosque La Primavera
PP	Propietarios privados del Bosque La Primavera
OCV	Organizaciones de colonos y vecinos

(*) La UIP actualmente no existe; es un área cuya creación se propone en este programa para fortalecer la estructura del OPD-BLP.

En el listado de acciones se incluyó la elaboración de instrumentos de planificación complementarios a este Programa de Manejo del Fuego, que fueron denominados subprogramas, para cuya elaboración es necesario generar nueva información más detallada que

la derivada de la caracterización y diagnóstico del presente documento. Se incluyó también la elaboración de protocolos (guías de procedimientos y métodos para la ejecución de ciertas acciones del programa como la aplicación de quemas prescritas o la operación del Sistema de Mando de Incidentes) y reglamentos aplicables a temas específicos como el uso del fuego en áreas de visita pública y o la prevención de riesgos de incendios y desastres en la interfaz urbano-forestal. Estos instrumentos son necesarios para la implementación del Programa de Manejo del Fuego.

Es importante señalar que las líneas de acción estratégica y las acciones específicas se complementan entre sí como parte de una estrategia integral de manejo del fuego. Ninguno de los componentes sustantivos (manejo del régimen de incendios, restauración, protección contra incendios y manejo del fuego en zonas de uso agropecuario y en la interfaz urbano-forestal) puede tener éxito como actividades aisladas y requieren de los componentes de apoyo (investigación y monitoreo, formación y capacitación, comunicación, colaboración interinstitucional y administración y financiamiento) que son transversales.

El Programa de Manejo del Fuego debe entenderse como una guía para la ejecución de acciones en un proceso de construcción y puesta en práctica que requiere de la retroalimentación continua de la adquisición de nuevos conocimientos y experiencias y que a través del tiempo debe irse adaptando en función de sus resultados y de los cambios que ocurran en el entorno.

Debe tenerse en cuenta también que el Programa de Manejo del Fuego es sólo un componente de una estrategia más amplia de manejo del área protegida y de gestión ambiental en su región circundante. En este sentido es necesaria la elaboración de un nuevo programa de manejo del Bosque La Primavera, así como la aplicación de instrumentos de ordenamiento urbano, ordenamiento ecológico del territorio, control de la contaminación, desarrollo de una producción agropecuaria sustentable y mitigación del cambio climático global a escala regional o estatal. Considerando que el BLP cuenta con una declaratoria de reserva de la biosfera de MAB-UNESCO, debe asumirse la importancia del trabajo en su zona de transición o cooperación. El éxito de la conservación y la restauración dentro del polígono del área protegida depende de la gestión ambiental en la región.

1. Planificación y evaluación									
Nº	Acciones	Resultados esperados	C1	C2	M	L	RE	CO	
1.1	Consulta del Programa de Manejo del Fuego (PMF-BLP) con el Consejo Ciudadano y el Comité Científico del OPD-BLP.	El PMF-BLP ha sido revisado por el Consejo Ciudadano y el Comité Científico del OPD-BLP, se cuenta con su opinión y con el acuerdo para proceder a su aprobación.	1				DG	CCIE, CCIU	
1.2	Aprobación del Programa de Manejo del Fuego por la Junta de Gobierno.	El PMF-BLP ha sido aprobado por la Junta de Gobierno del OPD-BLP y entra en operación.	1				JG	DG	
1.3	Aprobación del Programa Operativo de Manejo del Fuego 2020-2022 por la Junta de Gobierno.	El PO 2020-2022-MF ha sido aprobado por la Junta de Gobierno del OPD-BLP y entra en operación.	1				JG	DG	
1.4	Taller sobre manejo del fuego con propietarios particulares.	Los propietarios privados del BLP conocen el PMF-BLP y su POA y se han establecido acuerdos para su implementación.	1				DRC	DCC	
1.5	Taller sobre manejo del fuego con ejidos.	Los ejidatarios del BLP conocen el PMF-BLP y su POA y se han establecido acuerdos para su implementación.	1				DRC	DPM	
1.6	Evaluación anual de la implementación del PMF-BLP.	Se realizan talleres anuales para evaluar el desarrollo de la implementación del PMF-BLP y sus PO.	1	1	1	1	CCIE	GTO	
1.7	Programación operativa anual.	A partir de la evaluación anual se elaboran los PO para el periodo siguiente.		1	1	1	DG	GTO	
1.8	Actualización del PMF-BLP.	El PMF-BLP ha sido evaluado a los 6 años de operación y se ha elaborado una nueva versión actualizada.			1		DG	GTO	

Antes de entrar en operación, el PMF-BLP debe pasar por el proceso de revisión por el Consejo Ciudadano y el Comité Científico del OPD (acción 1.1) y, una vez incorporadas las observaciones de estas dos instancias, el programa será sometido a la Junta Directiva del OPD para su aprobación (acción 1.2). La Junta de Gobierno, integrada por instituciones de los tres órdenes de gobierno, reúne a las dependencias responsables de la ejecución del programa y su aprobación constituye un compromiso de llevar a cabo la estrategia de manejo del fuego en el BLP y su región circundante. Como parte de este proceso, se aprobarían también las acciones a realizar como parte del Programa Operativo (PO) 2020-2022 (acción 1.3).

El PO establece las acciones a realizar para mantener la continuidad de lo que ya se viene realizando en cuanto a la protección contra incendios y hacer la transición hacia el manejo del

fuego. Este periodo de dos años será crucial para sentar las bases de la estrategia de manejo del fuego en el BLP.

La realización de talleres con los dueños de la tierra en la mayor parte del área protegida, que son los ejidos y los propietarios particulares (acciones 1.4 y 1.5), es necesaria no sólo para dar a conocer el programa sino para establecer acuerdos de colaboración que permitan ponerlo en práctica a escala de cada predio ejidal o privado, definiendo compromisos y acciones específicas a realizar en cada lugar en el marco de la estrategia general establecida en el programa.

Las acciones 1.6 y 1.7 se refieren a la evaluación de resultados de la ejecución del PMF-BLP y a la programación operativa anual. La acción 1.8 plantea la actualización del programa en 2026. Estas actividades son esenciales como parte de un proceso basado en los principios del manejo adaptativo, en el cual las acciones son ejecutadas con un enfoque experimental y están sujetas a monitoreo y evaluación continuos, de manera que la incorporación de nuevos conocimientos y experiencias permite hacer adecuaciones y mejoras a lo planeado adaptándose a nuevas condiciones o situaciones no previstas.

2. Manejo del régimen de incendios								
	Acciones	Resultados esperados	C1	C2	M	L	RE	CO
2.1	Diseño de un sistema de bloques para el manejo del fuego (SBMF), integrado por caminos, brechas cortafuego, líneas negras y prescripciones de manejo para cada bloque.	El sistema de bloques para el manejo del fuego ha sido diseñado, se cuenta con el mapa respectivo y se han establecido las prescripciones de manejo para cada bloque.	1	1	1	1	DRC	DPV
2.2	Mantenimiento de caminos, que funcionan como brechas cortafuego en el SBMF.	Anualmente se da mantenimiento a N km de caminos.	1	1	1	1	DRC	DPV
2.3	Construcción y mantenimiento de guardarrayas (brechas cortafuego) del SBMF.	Anualmente se da mantenimiento a N km de brechas cortafuego.	1	1	1	1	DRC	DPV
2.4	Construcción y mantenimiento de líneas negras del SBMF.	Anualmente se da mantenimiento a 90 km de líneas negras.	1	1	1	1	DRC	DPV
2.5	Aplicación de tratamientos mecánicos para controlar acumulaciones peligrosas de combustibles.	Tratamiento mecánico (pica, esparcimiento o apilamiento) de combustibles en 25 ha en sitios identificados con alto peligro y riesgo de incendios.	1	1	1	1	DRC	DPV
2.6	Realización de quemas prescritas como ensayos experimentales demostrativos.	Se realizan ensayos experimentales de quemas prescritas en 30 ha.		1	1		DRC	UDG, GTO
2.7	Elaboración del plan de quemas prescritas para el manejo de hábitats y combustibles y la adaptación al cambio climático global.	Un plan de quemas prescritas ha sido elaborado y cuenta con la programación de actividades para un ciclo de 5 años.		1			DRC	UDG, GTO
2.8	Elaboración de un protocolo para la aplicación de quemas prescritas.	Se cuenta con un protocolo que establece los procedimientos para la aplicación de quemas prescritas con fines de manejo de hábitat y combustibles.						
2.9	Aplicación rutinaria de quemas prescritas para restaurar el régimen de incendios con fines de conservación y mitigar el peligro de incendios de alta severidad como medida de adaptación al cambio climático global.	Se aplican quemas prescritas con una rotación variable de 3-10 años en una superficie mínima de 750 ha, ubicadas en lugares estratégicos.			1	1	DRC	GTO
2.10	Evaluación de las quemas prescritas e integración de los informes respectivos.	Los resultados de las quemas prescritas son evaluados y están documentados.						

La línea de acción estratégica número 2, corresponde a las acciones por realizar para manejar el régimen de incendios en las áreas forestales del BLP y puede considerarse como el componente central del PMF, ya que su propósito fundamental es la conservación y restauración de ecosistemas y biodiversidad. El manejo del fuego en un área protegida como el BLP enfrenta el reto de conciliar y balancear objetivos de conservación y restauración de ecosistemas pirófilos cuyo funcionamiento depende de mantener un régimen de incendios dentro de la amplitud de su variación natural, con los objetivos de minimizar los riesgos e impactos de los incendios para la población humana, los recursos naturales y la infraestructura.

Varias de las acciones planeadas se centran en la prevención física de incendios a través del manejo de los combustibles forestales, pero debe tenerse en cuenta que estas implican la manipulación de las condiciones de hábitat y tienen efectos sobre los componentes, patrones y procesos de los ecosistemas, incluyendo desde luego a la biodiversidad. La aplicación de quemas prescritas es la principal herramienta no sólo para controlar la acumulación de combustibles y reducir el peligro de incendios de alta severidad, sino para el manejo del hábitat y el mantenimiento de la variabilidad espaciotemporal de condiciones de hábitat que permitan conservar la diversidad de plantas nativas y animales silvestres.

La acción número 2.1 consiste en el diseño de un *sistema de bloques para el manejo del fuego* (SBMF). El principio básico de este sistema es la división de la unidad de manejo – el área protegida del BLP y áreas adyacentes – en subunidades denominadas “bloques” que, en términos generales, corresponden a la unidad mínima de manejo (como es el caso, por ejemplo, en los programas de aprovechamiento forestal). Los bloques o unidades mínimas de manejo están delimitados por factores físicos como unidades geomorfológicas, cauces y parteaguas y por infraestructura como caminos y brechas cortafuego (que pueden ser guardarrayas o líneas negras). Para cada bloque deberán establecerse prescripciones de manejo específicas, que pueden incluir quema prescrita en determinado tiempo, exclusión de fuego o intervenciones de restauración. El esquema de la figura 69 muestra un ejemplo del sistema de bloques y en el mapa de la figura 70 se presenta una propuesta preliminar de subdivisión del área, que deberá ser afinada al poner en práctica la acción 2.1.

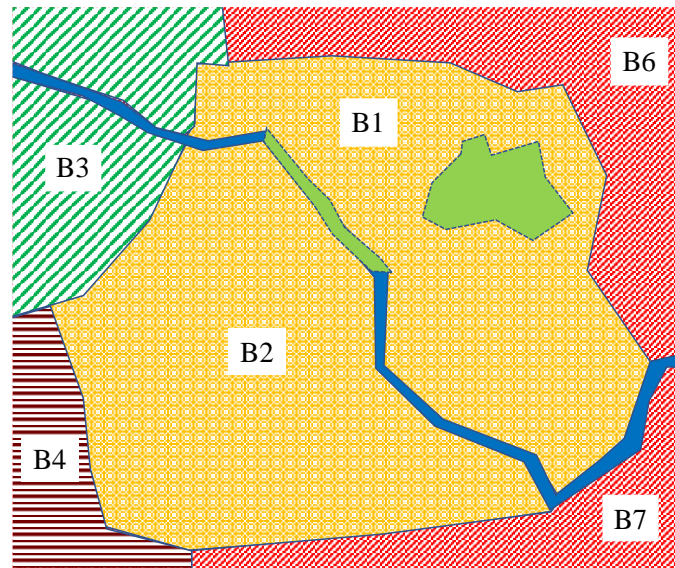


Figura 69. Ejemplo del manejo del fuego bajo un sistema de bloques en el cual se realizan diferentes tipos de intervenciones. El área está atravesada por un río que divide a los bloques y se aplican medidas de protección de la vegetación de ribera, excluyendo el fuego; en un tramo del río se realizan acciones de restauración. En los bloques B1 y B2 se hacen quemas a intervalos variables entre 5 y 10 años, pero en una parte de B1 con condiciones de degradación se realizan acciones de restauración. En el bloque B3 se ha prescrito exclusión de fuego por ser un área en proceso de regeneración natural, mientras que en el bloque B4, contiguo a una zona urbanizada sólo se aplican tratamientos mecánicos de combustibles. En los bloques B6 y B7 se realizan quemas frecuentes a intervalos variables de 2 a 4 años.

El ejemplo del mapa de los bloques de manejo del fuego (Fig. 70) muestra una zonificación básica para el manejo del fuego, establecida en función de las condiciones del paisaje, el estado de los hábitats forestales y los usos del suelo. Se muestran cuatro tipos de zonas que definen las acciones de manejo del fuego a realizar en cada bloque:

- a) Áreas forestales (FOR) donde las acciones de manejo del fuego están centradas en el manejo del régimen de incendios de acuerdo con su potencial determinado por los factores climáticos, geomorfológicos y la vegetación; el objetivo central es la conservación y la restauración de ecosistemas y biodiversidad.
- b) Áreas agropecuarias (AGR) en las que el manejo del fuego está dirigido a minimizar el riesgo de incendios y mejorar la producción agropecuaria, conservando o restaurando los hábitats forestales remanentes.
- c) Áreas en la interfaz urbano-forestal (IUF) en las que el manejo del fuego está centrado en la protección contra incendios y la prevención y mitigación de riesgos de desastres.

- d) Áreas con condiciones mixtas (AGR-IUF) donde el paisaje está formado por parcelas agrícolas, pastizales, centros de población y hábitat forestal.

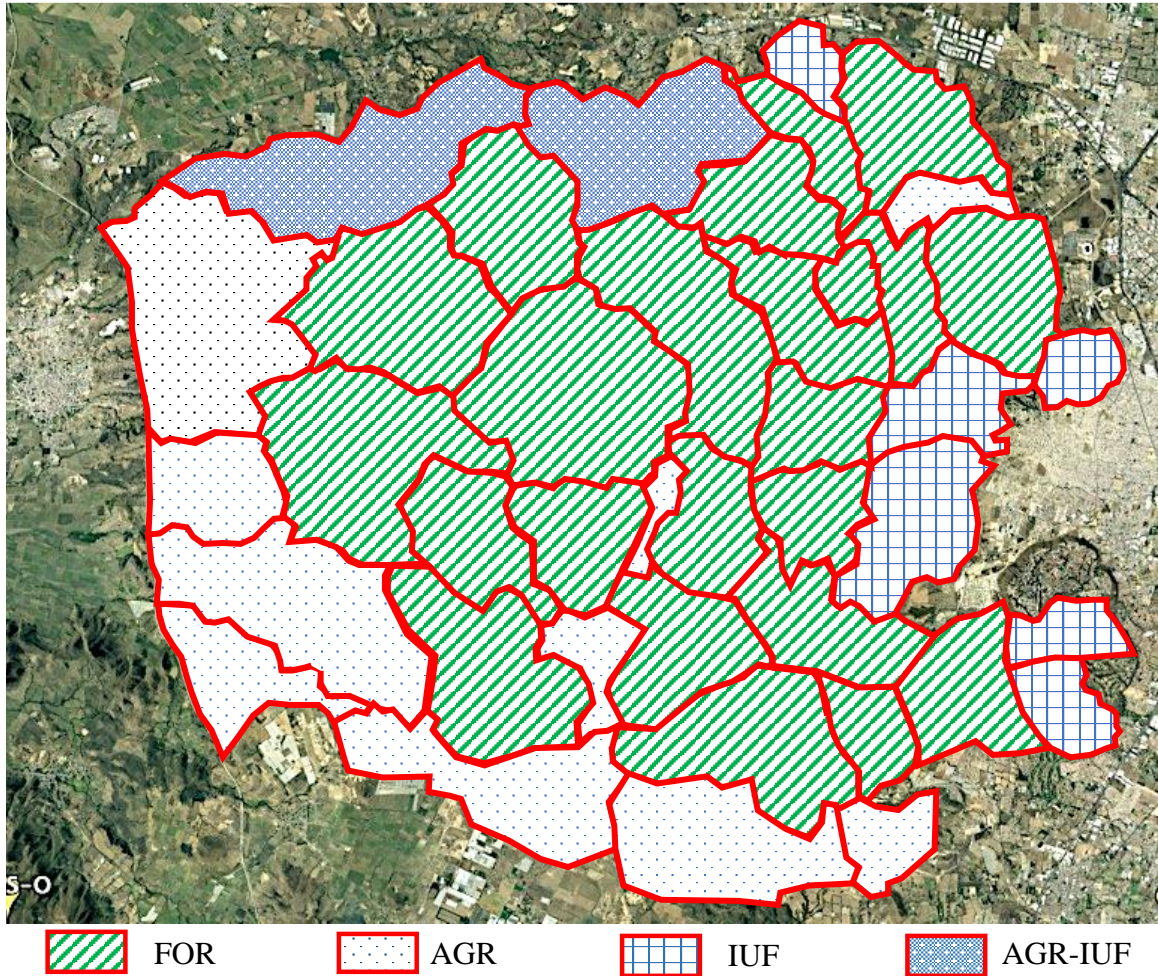


Figura 70. Propuesta preliminar del sistema de bloques de manejo del fuego. Se indican cuatro tipos de bloques de acuerdo con las condiciones del área y los objetivos de manejo: (a) áreas forestales, (b) áreas agropecuarias, (c) interfaz urbano-forestal y (d) condiciones mixtas de uso agropecuario e interfaz urbano-forestal. El diseño del sistema de bloques deberá afinarse como parte de la acción 2.1.

Las intervenciones de manejo del fuego en los bloques de las zonas AGR, IUF y AGR-IUF se presentan más adelante en los componentes de manejo en áreas de uso agropecuario (línea estratégica 5) y en la interfaz urbano-forestal (línea estratégica 6).

Las acciones 2.2 a 2.4 forman parte del manejo del sistema de bloques en áreas forestales principalmente y consisten en el mantenimiento de los caminos, guardarrayas y líneas negras

que delimitan o subdividen a los bloques. La acción 2.5 se dirige al control mecánico de combustibles en sitios donde es necesario controlar acumulaciones peligrosas antes de hacer quemas prescritas o donde la utilización de estas no sea recomendable por los riesgos que implica el escape del fuego o la emisión de humo, como puede ser en la proximidad de viviendas, infraestructura o áreas de uso agropecuario.

Las acciones 2.6 a 2.10 se refieren a la aplicación de quemas prescritas, consideradas como la principal herramienta para el manejo del fuego. La función principal de las quemas prescritas es emular el régimen natural o histórico de incendios manteniéndolo dentro de la amplitud de su variación en frecuencia, estacionalidad, intensidad, severidad y patrón espacial, considerando que el fuego es un componente de la dinámica de los ecosistemas del área y que produce un mosaico de hábitats favorable para la conservación de la biodiversidad. Esto es, las quemas prescritas no se reducen a una medida de prevención física de incendios, aunque esto es obviamente importante para mitigar el peligro de incendios severos con alto impacto sobre los ecosistemas y con elevadas emisiones de GEI y contaminantes atmosféricos.

Una cuestión importante es que el manejo, mantenimiento o restauración de los regímenes de incendios implica la combinación de quemas o “incendios prescritos” con la exclusión del fuego en áreas o hábitats sensibles a este factor.

Aunque el propósito sea reducir la incidencia de incendios mediante acciones de prevención y control y que el fuego dentro del área sea manejado mediante las quemas prescritas, pueden presentarse incendios causados por factores naturales como la caída de rayos o incluso por factores antropogénicos. En este caso puede tolerarse la propagación del fuego bajo control en ciertas áreas donde estaba previsto hacer quemas y donde no existen riesgos para poblaciones humanas, recursos naturales o infraestructura. Estos eventos pueden considerarse como “incendios prescritos”.

Es necesario señalar que el régimen potencial de incendios de los ecosistemas forestales del BLP, esto es, bosques de encinos y pinos y formaciones sabanoides, es de incendios frecuentes de severidad baja a mixta. La frecuencia de las quemas prescritas debe emular el régimen potencial de incendios, manteniendo la variabilidad en el intervalo de retorno del fuego; para esto se propone realizar las quemas en dos rangos de frecuencia: corto, de 2-4 años y largo, de 5-10 años (Fig. 69), pero esto deberá ser evaluado experimentalmente (acción 2.6) y luego será

incorporado al plan de quemas (acción 2.7). Las prescripciones de quema estarán dirigidos a producir efectos de baja severidad, pero en algunos casos podrán incluir efectos localizados de severidad moderada a alta para formar claros, considerando que los incendios de severidad mixta forman parte del régimen potencial de incendios.

En el caso de hábitats sensibles al fuego como es el caso de los bosques ribereños, así como en rodales en proceso de regeneración natural, áreas de reforestación o en sitios designados para la exclusión de fuego como parte del diseño de los tratamientos experimentales para la evaluación de las quemas, deben aplicarse medidas de supresión de incendios. Así mismo, durante la aplicación de quemas prescritas deberán protegerse del fuego ciertos componentes de hábitat como pueden ser árboles vivos o muertos en pie con cavidades o epífitas que son importantes para la conservación de fauna silvestre, afloramientos rocosos o manchones de vegetación con especies sensibles al fuego o piróforas.

La aplicación de quemas prescritas se iniciará de manera experimental en áreas pequeñas y debe ir acompañada de la investigación y monitoreo de sus resultados (acción 2.6), así como de actividades (que se plantean más adelante) de comunicación con el público, dado que es necesario que se entienda su función y utilidad. Debe considerarse también que es necesario un proceso de experimentación y aprendizaje antes de aplicar quemas prescritas de manera rutinaria. La preparación durante el primer año y la experimentación durante el segundo año (acción 2.6), servirán para diseñar el plan de quemas prescritas para los siguientes seis años (acciones 2.7) y elaborar un protocolo de los procedimientos de quema (acción 2.8), que deberán estar bien fundamentados y ser adaptado a las condiciones del área, considerando aspectos tales como la frecuencia, estacionalidad, intensidad y tamaño de las quemas, la respuesta de la vegetación a sus efectos y las emisiones de humo. Al aplicarse de manera rutinaria en el futuro, deberá seguirse adoptando un enfoque de experimentación y aprendizaje, monitoreando los resultados de las quemas y adaptando y mejorando esta práctica.

3. Restauración de áreas degradadas									
Nº	Acciones	Resultados esperados	C1	C2	M	L	RE	CO	
3.1	Identificación y evaluación de áreas incendiadas que requieran intervenciones de restauración.	Se han identificado áreas incendiadas que requieren intervenciones de restauración.		1			DRC	UDG	
3.2	Evaluación del estado actual de plantaciones (reforestaciones) establecidas en el BLP.	Se cuenta con una evaluación de las plantaciones que han sido establecidas, que aporta información sobre su superficie, distribución espacial, composición y estructura de la vegetación, carga de combustibles y estado sanitario.		1			DRC	UDG	
3.3	Elaboración del subprograma de restauración.	El subprograma de restauración ha sido elaborado.		1			DRC	UDG	
3.4	Tratamientos silvícolas y manejo de combustibles en plantaciones forestales (áreas reforestadas).	Se aplican tratamientos silvícolas para mejorar el crecimiento y estado sanitario de las plantaciones y prácticas de control de combustibles.		1	1	1	DRC	GTO	
3.5	Establecimiento de ensayos experimentales/demostrativos de restauración.	Se han establecido ensayos experimentales de restauración en una superficie que será determinada en el subprograma de restauración.			1	1	DRC	DPM	
3.6	Restauración de bosques ribereños.	Los bosques ribereños han sido restaurados y se protegen.			1	1	DRC	DPM	
3.7	Mitigación del impacto ambiental de los caminos y restauración de sus márgenes.	La construcción de obras de drenaje, el control del uso y la reforestación de taludes y terraplenes reduce el impacto ambiental de los caminos.							
3.8	Diagnóstico y monitoreo de especies exóticas invasoras	Se cuenta con un diagnóstico de especies exóticas invasoras y estas son monitoreadas.		1			DRC	DPV, UDG	
3.9	Subprograma de control de especies exóticas invasoras.	El subprograma de control de especies exóticas invasoras ha sido elaborado y establece los métodos, prescripciones y actividades de control.		1			DRC	UDG, CCIE	
3.10	Intervenciones para el control de especies exóticas invasoras.	La expansión de poblaciones de especies exóticas invasoras se mantiene bajo control.		1	1	1	DRC	DPM, DPV	

La restauración ecológica es necesaria para recuperar áreas o sitios que han sido destruidos, dañados o degradados a causa de procesos como la deforestación, sobreexplotación de recursos naturales o eventos severos de perturbación. Se justifica cuando debido a la magnitud del daños los procesos de regeneración natural han sido interrumpidos o alterados significativamente. Los

resultados del diagnóstico indican que los problemas de degradación que se observan en el BLP no han sido causados en primera instancia por los incendios forestales, sino por una combinación de factores históricos asociados con el uso de la tierra y los recursos naturales, incluyendo el desmonte y cultivo, el sobrepastoreo, la construcción de infraestructura y caminos, la exploración geotérmica, la introducción de especies exóticas o las actividades de uso público. Sin embargo, los incendios han ocurrido en áreas previamente alteradas, agravando su proceso de deterioro. Así mismo, la alteración del régimen de incendios a través de la supresión del fuego ha favorecido incendios de alta severidad y en algunos sitios ha fallado la regeneración natural de la vegetación arbórea creándose condiciones sabanoides. Por lo tanto, se consideró conveniente incluir en este Programa de Manejo del Fuego acciones de restauración que no se limitan a las áreas incendiadas, a la protección contra incendios de sitios en proceso de recuperación o al uso del fuego como herramienta de manejo.

Las acciones de restauración ecológica en sitios específicos deben ser cuidadosamente planificadas para que puedan ser exitosas, cumpliendo su objetivo que es recuperar hábitats y biodiversidad para su reincorporación a áreas de conservación. El primer paso en el proceso de restauración es eliminar o controlar los factores que han causado daño o alteración al sitio de interés; en segundo término, se realizan las intervenciones necesarias para facilitar o incluso acelerar el proceso de recuperación (Bradshaw 2002, Cairns 2002). Estas intervenciones dependen del grado del daño o alteración y pueden incluir desde la protección del lugar para su regeneración natural hasta la reforestación o la construcción de barreras para estabilizar laderas, controlar la erosión o recuperar el suelo (Whisenant 1999).

La identificación puntual de sitios degradados, la evaluación de sus condiciones y la determinación de los factores que han causado su degradación (acción 3.1) es el punto de partida para diseñar intervenciones de restauración ecológica que contribuyan a los objetivos de conservar la biodiversidad nativa y los ecosistemas del BLP. En el área se han realizado acciones de reforestación en el pasado, por lo cual es importante evaluar el estado actual de las plantaciones establecidas (acción 3.2). A partir de la evaluación de áreas incendiadas y las reforestaciones o plantaciones, es posible entonces elaborar un subprograma de restauración ecológica (acción 3.3).

La restauración ecológica debe ser diseñada en función de objetivos claramente definidos, bajo principios ecológicos y con fundamento en el conocimiento de procesos como la regeneración natural y la sucesión ecológica. Tomando esto en consideración, las dos primeras acciones (3.1 y 3.2) consisten en obtener información y evaluar el estado de las reforestaciones o plantaciones ya establecidas en el BLP, así como áreas incendiadas donde la falla de la regeneración natural o la alteración del suelo justifiquen intervenciones de restauración. En función de esto, la acción 3.3 consiste en elaborar un subprograma de restauración ecológica que defina el plan de trabajo y las prescripciones de manejo para sitios específicos.

Las intervenciones de restauración no se reducen a la reforestación e implican un seguimiento a través del tiempo, para obtener los resultados deseados. Un problema común cuando se realizan plantaciones para reforestación es que, en los años siguientes, no se llevan a cabo actividades para su cultivo o mantenimiento. En las plantaciones o reforestaciones ya establecidas en años anteriores, es importante realizar intervenciones de cultivo o mantenimiento; la acción 3.4 plantea la aplicación de tratamientos silvícolas como aclareos y cortas de mejoramiento, para lograr un mejor crecimiento de la plantación y regular su densidad para mejorar el vigor del arbolado mitigar el riesgo de mortalidad en caso de sequías o brotes de insectos parásitos. Es importante también el manejo de combustibles, ya sea por medios mecánicos o quemas, para reducir el peligro de incendios.

Para la realización de nuevas acciones de restauración, se recomienda adoptar un enfoque experimental (acción 3.5). Esto implica que las intervenciones sean planificadas con objetivos definidos y fundamentadas en el conocimiento científico y la experiencia práctica, que se definan protocolos para realizar los tratamientos (preparación de sitio, plantación, cultivo y mantenimiento, protección, etc.) como experimentos cuyos resultados deben ser monitoreados y evaluados.

La acción 3.6 se refiere específicamente al caso de los bosques ribereños, que constituyen un hábitat clave para la conservación de la biodiversidad y los procesos ecológicos, así como para la protección de los hábitats acuáticos. Estos hábitats funcionan como refugios de los incendios y en ellos se encuentran especies piróforas o sensibles al fuego. Los hábitats ribereños han sido afectados principalmente por desmontes, establecimiento de infraestructura, alta densidad de

visita pública, apacentamiento de ganado e invasión de plantas exóticas, y secundariamente por incendios. Su restauración debe considerarse como una actividad prioritaria.

Los caminos son un factor crítico de impacto ambiental en las áreas forestales (Foster *et al.* 2002, Ibisch *et al.* 2016), por lo cual debe considerarse la mitigación y remediación de dicho impacto como parte de las tareas de restauración (acción 3.7). La construcción de obras de drenaje como vados, alcantarillas, cunetas y “cortadillos”, puede mitigar el impacto de los caminos sobre el sistema hidrológico y reducir erosión y sedimentación, al mismo tiempo que disminuir los costos de mantenimiento a largo plazo. Es importante el control del uso de los caminos, restringiendo su uso durante la temporada lluviosa y cerrando algunos a la circulación de visitantes. Así mismo es conveniente mantener áreas libres de caminos con fines de conservación. La consolidación de taludes y terraplenes y su reforestación es necesaria para controlar erosión y reducir el riesgo de derrumbes en laderas inestables.

Las acciones 3.8 a 3.10 corresponden a las medidas que deben implementarse para el control de especies de plantas exóticas invasoras. Estas compiten con las especies nativas y pueden desplazarlas; su expansión puede modificar el complejo de combustibles y contribuir a la alteración del potencial de incendios. La magnitud del problema no ha sido evaluada todavía, por lo cual es necesario realizar un estudio de diagnóstico (acción 3.8) a partir del cual pueda elaborarse un subprograma de control de especies exóticas invasoras (acción 3.9), centrado inicialmente en plantas, aunque debe considerarse también el caso de animales y de organismos parásitos y patógenos. A partir de este subprograma pueden ponerse en marcha las acciones de control (acción 3.10).

4. Protección contra incendios forestales									
Nº	Acciones	Resultados esperados	C1	C2	M	L	RE	CO	
4.1	Patrullaje y vigilancia para la prevención de incendios y su detección temprana.	El patrullaje y vigilancia se realiza sistemáticamente, se previenen incendios y cuando ocurren se detectan y reportan.	1	1	1	1	DPV	DRC	
4.2	Operación de las torres de vigilancia para la detección temprana de incendios forestales y apoyo en su combate.	Las torres de vigilancia se mantienen en operación y contribuyen a la detección temprana de incendios, apoyando las acciones de combate del fuego.	1	1	1	1	DPV	DRC	
4.3	Reglamento para el uso del fuego en sitios de visita pública.	Se cuenta con un reglamento escrito y este ha sido aprobado y difundido.	1				JG	DPV, DA	
4.4	Evaluación anual y renovación de equipo y materiales necesarios para la realización de las acciones de prevención física y combate de incendios.	Previamente al inicio de la temporada de incendios se realiza la evaluación y renovación del equipo y materiales.	1	1	1	1	DRC	DA	
4.5	Conformación de dos brigadas adicionales para combate de incendios.	La capacidad operativa para el combate de incendios se ha reforzado con la conformación de dos nuevas brigadas de combate de incendios.	1				DG	DRC, DA	
4.6	Operación de 17 brigadas de combate de incendios en el marco del SMI.	En el BLP se mantienen en operación 17 brigadas para combate de incendios (9 OPD-BLP; 4 SEMADET; 2 Protección Civil Zapopan; 2 CONAFOR).	1	1	1	1	GTO	DRC	
4.7	Contratación, capacitación y entrenamiento de personal eventual para reforzar a las brigadas de combate de incendios.	Durante la temporada de incendios las brigadas son reforzadas con la contratación de personal adicional.	1	1	1	1	DG	DRC, DA	
4.8	Conformación de 5 brigadas ejidales para la prevención física de incendios.	Se han integrado brigadas para la prevención física de incendios en los ejidos y estas han sido capacitadas, entrenadas y equipadas.	1				DRC	DPM	
4.9	Operación de 5 brigadas ejidales para la prevención física de incendios.	Los ejidos cuentan con brigadas que realizan anualmente labores de prevención física de incendios y pueden apoyar en caso necesario labores de combate.	1	1	1	1	DRC	DPM	
4.10	Integración y capacitación de brigadas de voluntarios para la prevención física de incendios.	Se han integrado y capacitado brigadas voluntarias que colaboran en actividades de prevención física de incendios.	1	1	1	1	DRC	DPV, DCC	

4. Protección contra incendios forestales (continuación)								
Nº	Acciones	Resultados esperados	C1	C2	M	L	RE	CO
4.11	Combate de incendios forestales en el marco del SMI.	Los incendios que ocurren en el BLP y su área circundante han sido combatidos y controlados y mantiene una superficie incendiada por debajo de la media 1998-2019 (< 1000 ha año-1).	1	1	1	1	GTO	DRC
4.12	Evaluación de áreas incendiadas.	Las áreas incendiadas son delimitadas en mapas, se evalúan los efectos de los incendios y se integra la información en un informe escrito.	1	1	1	1	DRC	UDG
4.13	Informe anual de resultados de la campaña de prevención y combate de incendios.	Anualmente se integra un informe escrito con los resultados de la campaña de prevención y combate de incendios,	1	1	1	1	UIP	DRC, DPV

La protección contra incendios forestales es el componente del manejo del fuego que ha mostrado mayores avances en el BLP. La mayor parte de las acciones planificadas consisten en dar seguimiento y fortalecer lo que ya se viene haciendo y que ha mostrado resultados aceptables.

La detección temprana de los incendios (acciones 4.1 y 4.2) es la base para poder realizar acciones efectivas de control del fuego. El BLP cuenta con infraestructura de torres de vigilancia, con una buena cobertura visual de toda el área, se mantienen puestos de control del acceso al área y se realizan patrullajes continuos, lo que además de permitir la detección de incendios sirve para disuadir a posibles incendiarios, informar a visitantes de medidas preventivas e incluso los guardabosques pueden intervenir en el combate inicial del fuego. No es necesaria la utilización de dispositivos tecnológicos de alto costo e ineficientes y es mejor invertir en el reforzamiento del personal de guardabosques y torreros y en mejorar sus condiciones de trabajo con infraestructura adecuada y equipamiento y vehículos suficientes.

La reglamentación del uso del fuego en áreas de visita pública (acción 4.3) y asegurar que el reglamento es conocido y aplicado por los prestadores de servicios, es necesario como una medida para reforzar la prevención de incendios dentro del área protegida. El reglamento debe establecer en que sitios es posible encender fogatas o asadores, las características que deben tener los sitios donde se permite el uso del fuego, las medidas preventivas para evitar la propagación de incendios, las condiciones de riesgo meteorológico en el que el uso del fuego debe ser suspendido y las áreas donde no es permitido.

Anualmente debe hacerse una evaluación de los medios disponibles para la prevención física y combate de incendios, para mantener y renovar el equipo y materiales necesarios para la realización de estas actividades antes del inicio de la temporada de incendios (acción 4.4).

Se ha identificado la necesidad de integrar dos brigadas de combate de incendios adicionales (acción 4.5) para reforzar el trabajo de las brigadas con que cuenta actualmente el OPD-BLP, y tener una mejor distribución del personal en el área protegida y sus inmediaciones (Fig. 71).

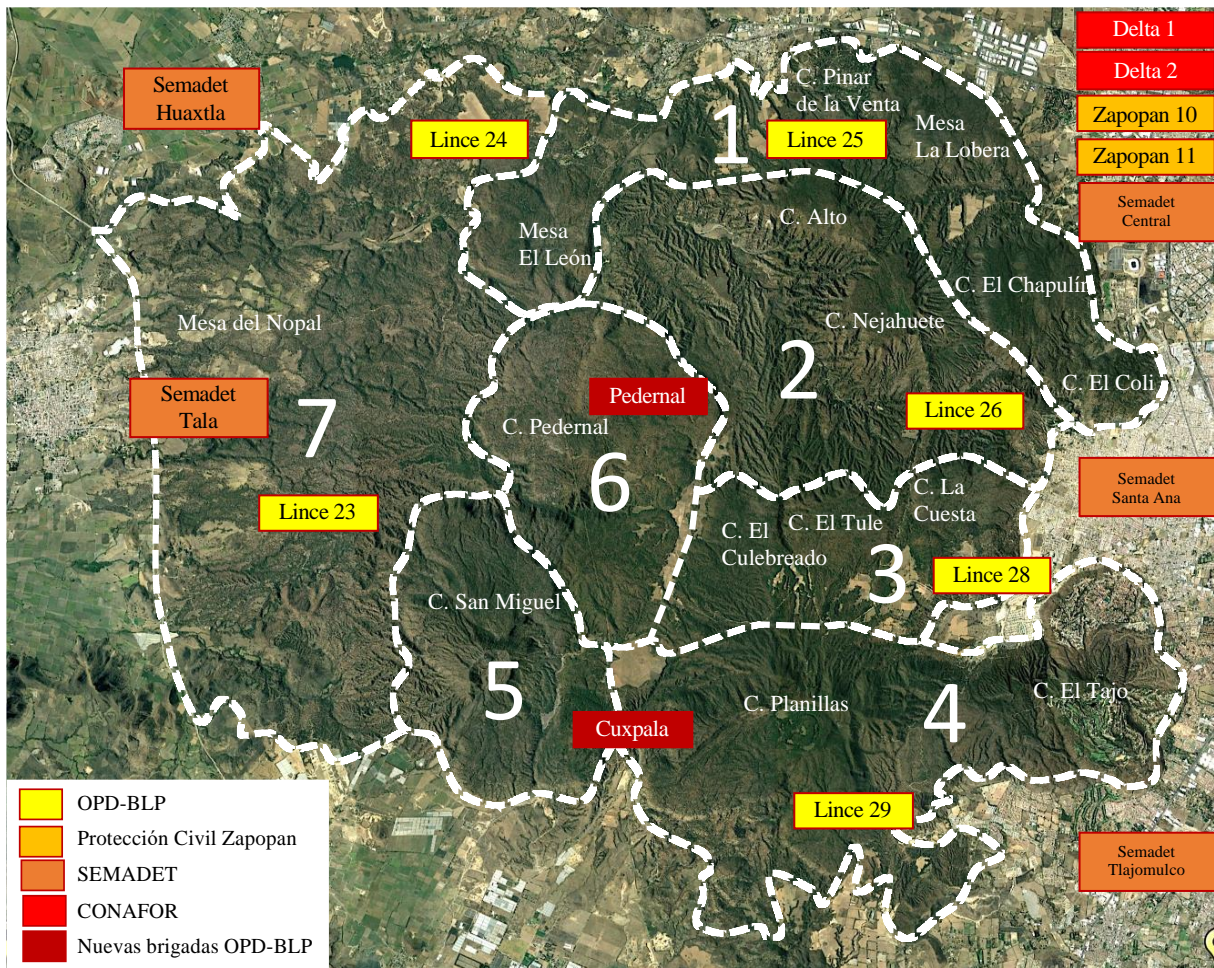


Figura 71. Distribución de las brigadas de combate de incendios.

Con las dos nuevas brigadas, se contará con 17 brigadas en operación en el área; las 8 brigadas del OPD-BLP y 3 de la SEMADET estarían encargadas del combate inicial de incendios y la supresión de conatos de fuego dentro del área protegida y sus inmediaciones. Dos brigadas

adicionales de SEMADET, las dos de Protección Civil del Municipio de Zapopan y las dos de CONAFOR (que tienen áreas de intervención en otras partes de la región) reforzarían el control de incendios cuando sea necesario pasar a la fase de combate ampliado en incendios grandes. Se seguirá contando con el apoyo de dos helicópteros y carros motobomba.

Durante la fase crítica de la temporada de incendios (abril a mediados de junio) se contratará personal adicional para el fortalecimiento de las brigadas (acción 4.7). Se planea también la formación de brigadas ejidales (acciones 4.8 y 4.9) cuyas labores deberán concentrarse en la prevención física de incendios, pero que podrán apoyar eventualmente labores de combate. Se planea también formar brigadas de voluntarios (acción 4.10) con pobladores y vecinos del área, estudiantes y en general personas interesadas en colaborar con el BLP, que pueden apoyar labores de prevención física de incendios como el control mecánico de combustibles o el mantenimiento de guardarrayas, especialmente en la interfaz urbano-forestal y sitios de visita pública. Estas brigadas de voluntarios no intervendrían en el combate de incendios.

La acción 4.11 corresponde al combate de incendios, que deberá seguir los lineamientos y procedimientos establecidos en el Sistema de Mando de Incidentes que será aplicado a través del Grupo Técnico Operativo de manejo del fuego.

Las acciones 4.12 y 4.13 consisten en las tareas post-supresión de evaluación y reporte de las áreas incendiadas y la integración de un informe anual de la campaña de prevención y combate de incendios.

Mitigación del riesgo de incendios forestales y desastres en la interfaz urbano-forestal									
	Acciones	Resultados esperados	C1	C2	M	L	RE	CO	
5.1	Estudio para la caracterización, mapeo (1:50,000) y diagnóstico de la interfaz urbano forestal (IUF).	Se cuenta con un estudio detallado con información actualizada para la planificación de acciones en la interfaz urbano-forestal.	1				UIP	UDG	
5.2	Elaboración del subprograma de prevención de incendios y desastres en la IUF.	Un subprograma ha sido elaborado estableciendo las acciones de prevención de incendios y desastres en la interfaz urbano forestal.	1	1			DG	PC, GTO, UDG	
5.3	Elaboración de un protocolo para la prevención de incendios y desastres en la IUF.	Se cuenta con un protocolo que establece los procedimientos de prevención y de intervención en caso de incendios o desastres en la IUF-	1				JG	PC, GTO, UDG	
5.4	Taller sobre prevención de incendios y desastres en la IUF con autoridades municipales.	El subprograma y el protocolo de prevención de incendios y desastres ha sido revisado con las autoridades municipales.	1		1	1	DG	PC, GTO, UDG	
5.5	Taller sobre prevención de incendios y desastres en la IUF con pobladores de colonias y fraccionamientos.	El subprograma y el protocolo de prevención de incendios y desastres ha sido revisado y discutido con pobladores y vecinos del BLP..	1		1	1	DG	PC, GTO, UDG	
5.6	Elaboración, revisión y aprobación de reglamentos municipales para la prevención de incendios y desastres en la IUF.	Los cabildos de los municipios circundantes al BLP han aprobado reglamentos municipales para la prevención de incendios y desastres.		1			JG	DG	
5.7	Control de la disposición de desechos sólidos y de jardines (combustibles no-naturales).	En los centros de población colindantes con el BLP se hace una disposición adecuada de desechos sólidos y de jardines, se evita su quema y se ha reducido el riesgo de incendios por esta causa.	1	1	1	1	JG	OCF	

El establecimiento de centros de población e infraestructura en áreas que por sus condiciones de clima estacionalmente seco, terreno accidentado y vegetación altamente inflamable son propensos a incendios, representa un problema creciente en distintas partes del mundo y que es particularmente crítico en la interfaz urbano-forestal del BLP. Adicionalmente la mancha urbana de la ZMG a crecido hacia áreas en los bordes del área protegida donde existen riesgos de desastres si se producen riadas cuando ocurren eventos de alta precipitación o si ocurren deslizamientos en masa (derrumbes) en zonas de inestabilidad de laderas, lo cual es parte de la

dinámica del paisaje geológicamente joven y geomorfológicamente activo de la Sierra de la Primavera.

Es indispensable profundizar en la caracterización y diagnóstico de las condiciones de la interfaz urbano-forestal (IUF) del BLP (acción 5.1), contando con un mapa a escala 1:50,000 (o con mayor detalle), con información de límites prediales y tipo de infraestructura y construcciones existentes, para luego hacer una planificación detallada de un Subprograma de prevención de incendios y desastres en la IUF (acción 5.2). Este subprograma deberá estar complementado con un protocolo (acción 5.3) con los procedimientos a seguir para realizar acciones preventivas y organizar las intervenciones en casos de contingencias o desastres.

Es indispensable la realización de talleres con las autoridades municipales (acción 5.4) y con pobladores y vecinos (acción 5.5), especialmente con las organizaciones de los fraccionamientos y colonias, para promover la toma de conciencia sobre los riesgos de incendios y desastres en la IUF e iniciar el proceso de definición de medidas preventivas. Además, los municipios deberán contar con reglamentos municipales para la prevención de incendios y desastres en la IUF (acción 5.6).

La acción 5.7 se refiere al control de residuos sólidos que constituyen combustibles no naturales (materiales de plástico, papel y cartón, desechos de podas y mantenimiento de jardines y áreas verdes, etc.). La quema de basura es una causa importante de incendios que debe ser eliminada.

El riesgo de incendios en la IUF está determinado tanto por la probabilidad de que el fuego se propague desde terrenos boscosos al área urbana, como por el inicio de incendios desde esta hacia el bosque e incluye también el peligro de que el fuego se propague dentro de las mismas zonas urbanas.

En la IUF la prevención y control de incendios implica no sólo intervenciones de manejo en las áreas boscosas, sino también el manejo de los combustibles urbanos que incluyen los materiales de construcción inflamables, la biomasa en jardines, áreas verdes y terrenos baldíos, y las acumulaciones de desechos sólidos en tiraderos de basura. Esto implica reglamentar el uso de materiales de construcción, el manejo de la vegetación y el control de los combustibles de jardines y áreas verdes y la disposición adecuada de los desechos sólidos. Es necesario también establecer zonas de amortiguamiento alrededor de las áreas construidas donde se apliquen

medidas de control mecánico de combustibles. En las construcciones deben instalarse también equipos y dispositivos para el combate de incendios.

Las líneas de transmisión eléctrica constituyen un riesgo para el inicio del fuego y los accidentes en estas son una causa importante de incendios en áreas forestales y en la IUF, por lo que entre las medidas de prevención debe incluirse su mantenimiento preventivo.

Mitigar el riesgo de desastres implica regular el crecimiento urbano y las construcciones en sitios de riesgo, incluyendo áreas boscosas y terrenos con inestabilidad de laderas o próximos a cauces de agua. La aplicación de ordenamientos urbanos y reglamentos municipales es indispensable para la prevención de desastres. Debe considerarse también el caso de las instalaciones industriales aledañas al BLP y el manejo de materiales inflamables en estas, como parte de las medidas de prevención.

6. Desarrollo de alternativas al uso del fuego en zonas agrícolas y ganaderas									
Nº	Acciones	Resultados esperados	C1	C2	M	L	RE	CO	
6.1	Diagnóstico de las actividades agrícolas y ganaderas y prácticas de uso del fuego en el BLP y áreas adyacentes.	La caracterización y análisis de la agricultura y ganaderas ha generado una base de información y conocimiento para reducir el riesgo de propagación de incendios desde los terrenos bajo usos agropecuarios.	1				DPM	DRC, UDG	
6.2	Subprograma de manejo del fuego en áreas bajo uso agropecuario.	Un subprograma ha sido elaborado para remplazar el uso del fuego por otras prácticas de cultivo, cosecha y manejo de agostaderos que contribuyan a mejorar la producción agropecuaria.		1			DPM	SEDER	
6.3	Talleres con agricultores sobre alternativas al uso del fuego	Periódicamente se realizan talleres con los agricultores sobre alternativas de mejores prácticas de cultivo que aumentan la productividad agrícola y reducen el riesgo de incendios.		1	1	1	DPM	DRC	
6.4	Talleres con ganaderos sobre manejo de agostaderos y sistemas silvopastoriles.	Periódicamente se realizan talleres con los ganaderos sobre alternativas de mejores prácticas de manejo de agostaderos que aumentan la productividad ganadera y reducen el riesgo de incendios.		1	1	1	DPM	DRC	
6.5	Seguimiento a la asistencia técnica a agricultores y ganaderos.	Las capacidades de los agricultores y ganaderos han sido reforzadas mediante la asistencia técnica para mejorar la producción agropecuaria y reducir el riesgo de incendios.	1	1	1	1	DPM	SEDER	
6.6	Integración del manejo del fuego con el manejo de agostaderos combinando quemas prescritas con el apacentamiento de ganado para el control de combustibles forestales.	En terrenos de agostadero el uso prescrito del fuego aumenta la producción forrajera, mientras que el apacentamiento de ganado es utilizado para el control de combustibles forestales.			1	1	DPM	DRC	

Gran parte del perímetro del BLP está ocupado por terrenos agrícolas y dentro del área protegida existen campos de cultivo y ranchos ganaderos. Como se señaló en el diagnóstico, el escape del fuego de las quemas agrícolas han sido una causa importante de incendios forestales. Estas quemas se realizan principalmente para la preparación de terrenos de cultivo y en el caso de la caña de azúcar para la cosecha. El Programa de Manejo del BLP (CONANP 2000) permite actividades de producción agropecuaria en zonas de aprovechamiento de recursos naturales establecidas en la zonificación vigente.

Actualmente se carece de un diagnóstico de las actividades agrícolas y ganaderas, por lo cual en la acción 6.1 se plantea la elaboración de un estudio que aporte información sobre el número de las unidades de producción, los cultivos que se producen, el número de cabezas de ganado, el destino de la producción y las prácticas de cultivo y manejo del ganado, incluyendo también el uso y manejo del fuego. A partir de dicho estudio sería posible elaborar un Subprograma de manejo del fuego en áreas bajo uso agropecuario (acción 6.2) cuyos objetivos serían minimizar la incidencia de incendios causados por actividades agropecuarias, mitigar su impacto ambiental (especialmente en la erosión de suelos y la contaminación por el uso de agroquímicos y plástico), evitar el cambio de uso del suelo y contribuir al mejoramiento de la productividad de las unidades de producción agropecuaria existentes. Este Subprograma podría ampliar sus alcances como parte de la actualización del Programa de Manejo del Área Protegida; en el presente documento sólo se señalan las acciones relacionadas con el manejo del fuego.

Las acciones 6.3 y 6.4 se refieren a la realización de talleres con agricultores y ganaderos para explorar y analizar las alternativas de manejo del fuego en sus sistemas de producción, aportando elementos para el Subprograma y promoviendo su participación en la aplicación del presente Programa de Manejo del Fuego.

La acción 6.5 plantea el desarrollo de actividades de asistencia técnica a los productores para el manejo del fuego y deberá contar con el apoyo de la SEDER del Gobierno de Jalisco. Hasta ahora el OPD-BLP ha trabajado con los agricultores para calendarizar las quemas, aplicarlas de acuerdo con lo establecido en la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007 y vigilar su desarrollo para intervenir en caso de escape del fuego.

El Gobierno de Jalisco ha promovido la eliminación de las quemas agrícolas en los alrededores de la ZMG como parte de las medidas para el control de la contaminación atmosférica y la prevención de incendios forestales. Esto implica adoptar prácticas de cosecha en verde de la caña de azúcar, pero también diseñar y poner en práctica medidas de control de plantas competidoras (“malezas”) y parásitos de los cultivos que al eliminar el fuego no generen un mayor uso de herbicidas e insecticidas. En este sentido deben explorarse opciones como el uso de cultivos de cobertura, técnicas de agricultura orgánica, aprovechamiento de plantas arvenses, rotación de cultivos y control integrado de plagas.

En el caso de la ganadería puede promoverse la adopción de sistemas silvopastoriles que contribuyan a aumentar la productividad al mismo tiempo que se incrementa la cobertura forestal y se contribuye a la generación de servicios ambientales.

En la acción 6.6 se propone la integración del manejo del fuego con el manejo de agostaderos, combinando quemas prescritas con el apacentamiento de ganado para el control de combustibles forestales. El uso del fuego es una antigua práctica utilizada para favorecer el rebrote de plantas forrajeras y eliminar otras que no son comestibles para el ganado; por lo tanto, en áreas de uso ganadero las quemas prescritas pueden favorecer la disponibilidad de recursos forrajeros para los animales que son apacentados en estas. Al mismo tiempo, el apacentamiento controlado puede ser utilizado como una práctica que contribuye a regular la acumulación de biomasa combustible. El ganado puede ser utilizado para controlar el crecimiento de la vegetación en brechas cortafuego.

La implementación de estas acciones hace necesario fortalecer la Dirección de Productividad y Manejo de Recursos Naturales del OPD-BLP, así como establecer acuerdos de colaboración con instituciones del sector agropecuario e instituciones de investigación y enseñanza. Al igual que en otras líneas de acción, es importante adoptar un enfoque de manejo adaptativo en el desarrollo de mejores prácticas de producción agropecuaria.

Una cuestión importante es estabilizar la producción agropecuaria y evitar el cambio de uso del suelo por esta actividad. Se debe tratar también de evitar el remplazo de áreas de cultivo y pastoreo por la expansión de áreas urbanas y viviendas. En algunos casos puede ser posible la restauración de áreas desmontadas que ya no son utilizadas para incorporarlas a la superficie forestal.

PROGRAMA DE MANEJO DEL FUEGO DEL BOSQUE LA PRIMAVERA

7. Investigación y monitoreo									
Nº	Acciones	Resultados esperados	C1	C2	M	L	RE	CO	
7.1	Integración del Sistema de Información y Monitoreo de Incendios Forestales (SIMIF).	El BLP cuenta con un SIMIF en el cual se integra, se mantiene actualizado y se reporta la información espacial y temporal sobre incidencia de incendios, bases de datos y un SIG con mapas temáticos de apoyo para la planificación del manejo del fuego.	1				UIP	DRC, DPV, UDG	
7.2	Operación y mantenimiento del SIMIF.	Las bases de datos y el SIG del SIMIF se mantienen actualizados y se elaboran reportes anuales de resultados.	1	1	1	1	UIP	DRC, DPV	
7.3	Subprograma de investigación científica sobre ecología y manejo del fuego.	Las prioridades y actividades de investigación sobre ecología y manejo del fuego han sido identificadas y planificadas con el fin de generar conocimiento que retroalimente la ejecución del PMF-BLP.	1				CCIE	UDG	
7.4	Inventario y elaboración de un catálogo y mapa (1:25,000) de combustibles forestales del BLP y áreas adyacentes.	Un catálogo y un mapa detallado de camas de combustibles forestales del BLP han sido elaborado y es utilizado para el monitoreo.	1	1		1	DRC	UDG	
7.5	Monitoreo y evaluación de combustibles forestales.	Anualmente se realiza el monitoreo de combustibles forestales manteniendo información actualizada para fundamentar las prácticas de manejo del fuego.	1	1	1	1	DRC	UDG	
7.6	Monitoreo meteorológico para el manejo del fuego.	Se cuenta con 4 estaciones meteorológicas en operación para el monitoreo del estado del tiempo, la evaluación de riesgo de incendios y apoyo a las labores de quemas prescritas y combate de incendios.	1	1	1	1	UIP	DPV	
7.7	Estudio de evaluación de áreas incendiadas y diseño de un sistema de monitoreo de efectos del fuego y tratamientos de combustibles sobre la vegetación, biodiversidad y suelo.	A partir de la evaluación de áreas incendiadas se diseña un sistema de monitoreo operativo y costo efectivo para el monitoreo de efectos de incendios que retroalimenta la ejecución del programa de manejo del fuego.		1			DRC	UDG	
7.8	Monitoreo de efectos de incendios forestales y tratamientos de combustibles sobre la vegetación, biodiversidad y suelo.	Los efectos de incendios y prácticas de manejo del fuego son monitoreados y sus resultados están disponibles para retroalimentar el desarrollo del PMF-BLP.		1	1	1	DRC	UDG	
7.9	Estudio de percepciones sobre incendios forestales y manejo del fuego en el BLP y la región circundante.	Un estudio de las percepciones de los pobladores y vecinos del BLP sobre los incendios forestales y el manejo del fuego aporta las bases para el diseño de las actividades de comunicación, educación y difusión.		1			CCIE	UDG	

7. Investigación y monitoreo (continuación)									
Nº	Acciones	Resultados esperados	C1	C2	M	L	RE	CO	
7.10	Seminario anual sobre ecología y manejo del fuego en el BLP.	Los avances y resultados de la investigación sobre ecología y manejo del fuego y su aplicación en el BLP son compartidos y discutidos entre el personal del OPD-BLP, investigadores y estudiantes.	1	1	1	1	DCC	CCIE	
7.11	Ciclo anual de conferencias sobre ecología, manejo del fuego y restauración en el BLP.	Mediante ciclos de conferencias se comunican y difunden públicamente los avances y resultados de la investigación sobre ecología y manejo del fuego.	1	1	1	1	DCC	CCIE	

La investigación científica y el monitoreo son componentes esenciales de una estrategia de manejo adaptativo. Como se ha señalado repetidamente en este documento, la experimentación es necesaria para adquirir nuevo conocimiento acerca de la ecología del fuego y evaluar los resultados de las intervenciones de manejo. Además de esto es importante tomar en cuenta que la generación de conocimiento a través de la investigación es una de las funciones de las reservas de la biosfera.

La acción 7.1 es la integración de un Sistema de Información y Monitoreo de Incendios Forestales (SIMIF). Este sistema estaría integrado por: (1) bases de datos de la incidencia de incendios forestales y de la ejecución de actividades de manejo del fuego como tratamientos de combustibles, quemas prescritas, supresión de incendios, etc.; (2) un sistema de información geográfica con la ubicación espacial de los incendios y actividades señalados en el inciso anterior y con toda la información cartográfica digital de mapas temáticos utilizados o utilizables en la planificación y monitoreo del manejo del fuego; (3) la información documental (estudios, informes, programas, archivo fotográfico) relacionada con el manejo del fuego. El SIMIF es una herramienta indispensable para la planificación, el seguimiento y la toma de decisiones y la evaluación de resultados. Su operación debe realizarse como un servicio de información para el manejo.

La acción 7.2 consiste en el mantenimiento del SIMIF en operación y su actualización continua. Además, es esencial realizar el análisis de la información y elaborar reportes periódicos para la comunicación y entrega de resultados, evitando el problema común de realizar actividades de

monitoreo que sólo acumulan datos que no son puestos en un formato que permita su análisis y utilización. Las acciones 7.1 y 7.2 implican el fortalecimiento del OPD-BLP con una unidad de información y planificación (UIP), con personal especializado y equipada para poder llevar a cabo sus tareas.

Las actividades de investigación y monitoreo deberán ser planificadas elaborando un Subprograma de investigación científica sobre ecología y manejo del fuego (acción 7.3). En el BLP se han llevado a cabo numerosos trabajos de investigación, principalmente por la Universidad de Guadalajara y se han hecho importantes contribuciones que aportan conocimiento útil para el manejo del área. Sin embargo, no ha existido un programa de investigación diseñado explícitamente y estructurado en función de las necesidades de generación de información y conocimiento para el manejo del BLP y que cuente con medios para mantenerse en operación como parte de una estrategia de investigación ecológica de largo plazo (Jardel *et al.* 2013). Es indispensable desarrollar este subprograma y establecer acuerdos de colaboración con instituciones de investigación y enseñanza (acción 7.4).

La investigación y monitoreo sobre ecología y manejo del fuego debe considerar ciertos aspectos básicos (Jardel *et al.* 2010): (a) la generación y sistematización de información básica para la planificación del manejo del fuego (función del SIMIF); (b) el conocimiento de la ecología del fuego que se basa en el estudio y monitoreo del ambiente del fuego, los regímenes de incendios y las respuestas de los ecosistemas a los incendios y las intervenciones de manejo; (c) la experimentación con las prácticas de manejo del fuego y la evaluación de sus resultados; (d) el estudio de los factores sociales relacionados con la ecología y manejo del fuego, y (e) la comunicación y entrega de resultados,

Las acciones de esta línea estratégica incluyen el monitoreo de aspectos clave del ambiente del fuego, como son los combustibles forestales (acción 7.5) y el estado del tiempo atmosférico (acción 7.6). El monitoreo de combustibles, para ser practicable de manera rutinaria y costo-operativo requiere de la elaboración de catálogos de camas de combustibles y mapas a una escala apropiada (acción 7.4). Un catálogo de camas de combustibles consiste en una serie de fotografías (“fotoseries”) acompañadas de tablas de datos cuantitativos y cualitativos que describen las características del complejo de combustibles de un área (Alvarado *et al.* 2008, Morfín *et al.* 2012) a partir de estudios de campo locales. El catálogo facilita una evaluación

visual rápida de las camas de combustibles en puntos de verificación de campo, para realizar evaluaciones periódicas que sirvan para actualizar la información sobre condiciones que son dinámicas, mantener mapas puestos al día y planificar y evaluar las intervenciones de manejo.

El monitoreo del estado del tiempo es esencial para apoyar la aplicación de quemas prescritas, evaluar el riesgo meteorológico de incendios y la realización de acciones de combate de incendios. Se requiere por lo tanto que el OPD-BLP y el GTO cuenten con información meteorológica disponible en tiempo real. Los datos de estaciones meteorológicas automáticas ya establecidas deben estar disponibles y la red de monitoreo meteorológico debe ampliarse estableciendo estaciones en al menos las tres torres de vigilancia en operación (acción 7.6).

Se planea realizar un estudio de evaluación de áreas incendiadas que complemente investigaciones que ya están en proceso y, a partir de este trabajo, diseñar de un sistema de monitoreo de efectos del fuego y tratamientos de combustibles sobre la vegetación, biodiversidad y suelo (acción 7.7). Partiendo de este estudio pueden ponerse en práctica métodos de evaluación rápida de las áreas incendiadas que permitan realizar un monitoreo operativo y costo efectivo que aporte información para el seguimiento y evaluación del programa de manejo del fuego (acción 7.8).

La realización de un estudio de percepciones sobre incendios forestales y manejo del fuego en el BLP y la región circundante (acción 7.9), es necesaria para el diseño de actividades de comunicación y divulgación del Programa de Manejo del Fuego, sus fundamentos y sus resultados.

Estas acciones constituyen elementos básicos para el desarrollo de la línea estratégica de investigación y monitoreo. El panel 5 muestra un listado de temas de investigación identificados a partir de los resultados del diagnóstico; no es un listado exhaustivo, pero indica algunas de las líneas de investigación a desarrollar en el área que podría convertirse en un centro de investigación ecológica de largo plazo, cumpliendo además con sus objetivos de investigación como reserva de la biosfera.

Por último, las acciones 7.10 y 7.11 se dirigen a la comunicación y entrega de los resultados de investigación a través de seminarios y ciclos de conferencias.

Panel 5. Temas de investigación sobre ecología y manejo del fuego y otros aspectos relacionados, identificados en el diagnóstico.

Ambiente del fuego y regímenes de incendios

- Análisis de la variación climática y del estado del tiempo y desarrollo de modelos predictivos de riesgo de incendios.
- Productividad primaria, regímenes de fuego y dinámica del complejo de combustibles.
- Validación de modelos de comportamiento del fuego y potencial de incendios.
- Variación espaciotemporal de la severidad de incendios a escala del paisaje y su relación con la variación climática y la supresión del fuego.

Respuesta de la biodiversidad y los ecosistemas a los regímenes de incendios

- Regeneración natural y dinámica sucesional de la vegetación en áreas incendiadas.
- Efectos del fuego en los hábitats forestales y dinámica de comunidades de fauna.
- Composición y diversidad de las comunidades bióticas en hábitats ribereños y afloramientos rocosos (refugios de incendios).
- Efectos del fuego sobre las propiedades del suelo y la hidrología.
- Influencia de los incendios, sequías y parásitos forestales en la mortalidad y productividad de especies arbóreas.
- Emisiones de humo y gases y balance de carbono en los ecosistemas forestales.

Factores de cambio y degradación forestal

- Efectos del apacentamiento de ganado en el suelo, la vegetación y el complejo de combustibles.
- Inventario, distribución y dinámica de poblaciones de especies de plantas exóticas invasoras y su influencia en el complejo de combustibles y el potencial de incendios.
- Evaluación del impacto de caminos forestales en la erosión-sedimentación, el flujo hidrológico y la inestabilidad de laderas.

Historia ambiental y ecológica aplicada a la restauración

- Reconstrucción del régimen histórico de incendios por métodos dendrocronológicos y paleoecológicos.
- Historia ecológica del impacto humano en la composición y estructura de la vegetación.
- Historia ambiental del Bosque La Primavera: análisis de las interacciones humanos-bosque a través del tiempo.

Procesos socioambientales e interacción del Bosque La Primavera con su entorno

- Factores sociodemográficos, económicos y sociológicos del cambio socioambiental en el Bosque La Primavera y la región circundante.
- Dinámica del mercado de tierras y el uso del suelo.
- Efectos del cambio climático global y de la isla de calor de la mancha urbana de la ZMG en el balance hídrico y la productividad de la vegetación.
- Evaluación de riesgos de desastre en la interfaz urbano-forestal.
- Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de los ecosistemas forestales.

8. Formación, capacitación y entrenamiento para el manejo del fuego								
Nº	Acciones	Resultados esperados	C1	C2	M	L	RE	CO
8.1	Subprograma de formación, capacitación y entrenamiento.	El subprograma de formación, capacitación y entrenamiento para el fortalecimiento de las capacidades de manejo del fuego ha sido elaborado.	1				DG	GTO, UDG
8.2	Capacitación y entrenamiento anual de las brigadas de combate de incendios.	Los integrantes de las brigadas de combate de incendios desarrollan anualmente actividades de capacitación y entrenamiento que permiten mejorar y actualizar sus capacidades.	1	1	1	1	GTO	DRC
8.3	Curso de ecología y manejo del fuego	El personal de las instituciones integrantes del GTO mejora su formación y capacitación sobre el manejo del fuego y sus bases ecológicas.	1		1	1	DCC	UDG, DRC
8.4	Curso de manejo de combustibles	El personal de las instituciones integrantes del GTO mejora su formación y capacitación sobre el manejo de combustibles forestales.		1	1	1	DCC	GTO, UDG
8.5	Curso de restauración ecológica	El personal de las instituciones integrantes que participan en actividades de restauración ecológica mejoran su formación y capacitación.		1	1	1	DCC	UDG, DRC
8.6	Curso de prevención de incendios y desastres en la interfaz urbano-forestal	El personal de las instituciones integrantes del GTO adquiere una mejor formación y capacitación sobre prevención de incendios y desastres en la IUF.	1				DCC	GTO, PC, UDG
8.7	Cursos especiales (definidos por necesidades específicas identificadas por el GTO)	Las necesidades de capacitación identificadas en el seno del GTO son atendidas mediante actividades de capacitación y entrenamiento.	1	1	1	1	GTO	DRC, DCC
8.8	Curso taller para comunicadores sobre ecología y manejo del fuego	El conocimiento y entendimiento del manejo del fuego contribuye a mejorar la comunicación y divulgación del tema ante la opinión pública.		1			DCC	UDG

Poner en práctica una estrategia de manejo del fuego requiere de personal con una formación, capacitación y entrenamiento adecuados. Hasta ahora la oferta de cursos y actividades de capacitación, como son por ejemplo los cursos que ha realizado la CONAFOR con la cooperación del Servicio Forestal de Estados Unidos han jugado un papel clave en el fortalecimiento de capacidades para el combate de incendios en México y en Jalisco. Se han desarrollado también actividades de capacitación en el marco de la colaboración con el servicio

forestal canadiense. Estas oportunidades deben seguirse aprovechando, pero para un área protegida como el BLP y para el buen desarrollo de su Programa de Manejo del Fuego es conveniente contar con un Subprograma de formación, capacitación y entrenamiento (acción 8.1) complementario y diseñado en función de necesidades locales.

La capacitación continua es importante para mantener actualizado al personal y capacitar a nuevos integrantes de las brigadas de incendios; además es importante desarrollar de manera regular actividades de entrenamiento (acción 8.2).

Las siguientes actividades abordan temas específicos del manejo del fuego necesarias para el fortalecimiento de capacidades del OPD-BLP y personal de las instituciones que participan en el GTO. Es indispensable la formación de personal con conocimiento de los principios ecológicos del manejo del fuego (acción 8.3) y profundizar en la actualización de temas como el manejo de combustibles (acción 8.4) y la restauración ecológica (8.5) en el contexto del manejo de un área protegida poniendo especial énfasis en su relación con la conservación de biodiversidad y ecosistemas. El tema del manejo del fuego y la prevención de incendios y desastres en la interfaz urbano-forestal es relativamente nuevo en México y en este sentido se planea un curso de capacitación (acción 8.6) que sin duda requerirá de la cooperación de instituciones extranjeras con experiencia en el tema, para lo cual pueden aprovecharse las relaciones de colaboración existentes con los servicios forestales de Estados Unidos y Canadá. Como parte del desarrollo de las actividades del Programa de Manejo del Fuego el personal de las brigadas de incendios, el OPD-BLP y el GTO pueden identificar las necesidades de cursos especiales o actividades de entrenamiento sobre diversos temas (acción 8.8).

Por último, considerando que una adecuada comunicación con la opinión pública es esencial para el desarrollo del Programa de Manejo del Fuego es conveniente realizar un curso-taller para comunicadores (acción 8.9), en el cual mejorarían su conocimiento y entendimiento acerca del manejo del fuego, superando el tratamiento habitual de la cuestión, y generando como producto artículos y reportajes sobre el tema.

9. Comunicación y educación para el manejo del fuego									
Nº	Acciones	Resultados esperados	C1	C2	M	L	RE	CO	
9.1	Subprograma de comunicación y educación para el manejo del fuego.	Las actividades de comunicación, divulgación y educación ambiental para el manejo del fuego han sido planificadas y programadas.	1				DG	CCIE	
9.2	Elaboración de una versión abreviada del PMF-BLP para divulgación.	Se cuenta con un documento escrito para divulgación del PMF-BLP.	1				DCC	UDG, CCIE	
9.3	Divulgación del PMF-BLP	El PMF-BLP ha sido divulgado a través de los medios de comunicación y conferencias dirigidas a sectores clave de la población.	1	1			DCC	CCIE	
9.4	Campaña anual de difusión de medidas de prevención de incendios en los medios de comunicación.	Anualmente se realizan campañas de medidas de prevención de incendios a través de prensa, radio y televisión.	1	1	1	1	DCC	GTO	
9.5	Establecimiento, renovación y mantenimiento de señalamiento informativo sobre prevención de incendios y manejo del fuego.	En los ingresos al BLP y sitios de visita pública se ha establecidos señalamiento informativo sobre prevención de incendios y manejo del fuego.	1	1	1	1	DPV	DCC	
9.6	Producción y distribución de un folleto informativo sobre prevención de incendios y manejo del fuego, dirigido a pobladores, vecinos y visitantes.	Un folleto informativo sobre prevención de incendios y manejo del fuego ha sido elaborado y distribuido a pobladores, vecinos y visitantes.	1	1	1	1	DCC	DPV, UDG	
9.7	Realización de visitas guiadas de interpretación ambiental sobre ecología y manejo del fuego.	Se realizan visitas guiadas de interpretación ambiental que contribuyen a la comunicación y divulgación de los conceptos y prácticas del manejo del fuego y sus bases ecológicas.	1	1	1	1	DCC	DRC, UDG	

Ante la percepción negativa de los incendios y el desconocimiento generalizado acerca del manejo del fuego y sus fundamentos, la comunicación juega un papel clave para generar soporte público al Programa de Manejo del Fuego. Con base en el estudio de percepciones sobre los incendios y el manejo del fuego, se planea el diseño del Subprograma de comunicación y educación (acción 9.1).

Lograr la participación de pobladores, vecinos y visitantes del BLP en las acciones de manejo del fuego, requiere que este programa sea divulgado y comunicado por medios apropiados.

Deberá elaborarse una versión de divulgación del Programa de Manejo del Fuego que esté disponible tanto en formato impreso como electrónico (acción 9.2) y que esté complementada con una serie de actividades de divulgación a través de los medios de comunicación, conferencias y presentaciones (acción 9.3).

Anualmente debe darse seguimiento a la campaña de difusión de medidas de prevención de incendios utilizando la radio, la televisión y la prensa (acción 9.4) y complementar esto con el establecimiento, renovación y mantenimiento de señalamiento informativo sobre prevención de incendios y manejo del fuego en áreas de visita pública, casetas de ingreso y otros lugares estratégicos del área protegida (acción 9.5). Se planea también la producción y distribución de un folleto informativo sobre dichos temas dirigido a pobladores, vecinos y visitantes (acción 9.6).

La realización de actividades de interpretación ambiental mediante visitas guiadas (acción 9.7) para observar en el terreno aspectos de la ecología y manejo del fuego y su relación con la conservación y la restauración, se considera un medio eficaz para generar conocimiento, comunicar ideas, mostrar resultados y fortalecer la participación y el soporte público.

10. Colaboración interinstitucional									
Nº	Acciones	Resultados esperados	C1	C2	M	L	RE	CO	
10.1	Seguimiento del PMF-BLP en la agenda de la Junta de Gobierno, el Consejo Ciudadano y el Comité Científico del OPD-BLP.	El desarrollo de las actividades del PMF-BLP es analizado y se le da seguimiento en la agenda de las instancias colegiadas del OPD-BLP, fortaleciendo la colaboración interinstitucional.	1	1	1	1	JG	CCIU CCIE	
10.2	Constitución formal del Grupo Técnico Operativo (GTO) para el Manejo del Fuego del BLP	Un GTO integrado por las instituciones involucradas en la implementación del PMF-BLP ha sido constituido y está en operación.	1				JG	DG	
10.3	Sesiones periódicas del GTO para el Manejo del Fuego del BLP.	El GTO se reúne periódicamente para dar seguimiento a la implementación de las acciones del PMF-BLP.	1	1	1	1	GTO	DG	
10.4	Revisión y actualización del protocolo del Sistema de Mando de Incidentes (SMI)	El SMI es revisado y actualizado periódicamente y se renuevan los acuerdos interinstitucionales para su puesta en operación.	1		1		GTO	DRC	
10.5	Acuerdo de colaboración con la SEDER para la implementación del Subprograma de manejo del fuego en áreas bajo uso agropecuario.	El OPD-BLP ha establecido un acuerdo de colaboración con la SEDER y se han puesto en marcha acciones para la implementación del Subprograma de manejo del fuego en áreas bajo uso agropecuario.		1			JG	DG	
10.6	Acuerdo de colaboración con instituciones de investigación y enseñanza para el desarrollo del subprograma de investigación científica sobre ecología y manejo del fuego.	El OPD-BLP ha establecido acuerdos con instituciones de investigación y enseñanza para la puesta en marcha del subprograma de investigación científica sobre ecología y manejo del fuego.	1				JG	CCIE	
10.7	Acuerdo de colaboración con CONAFOR, SEMADET y UDG para la implementación del subprograma de capacitación	Se han establecido acuerdos de colaboración para poner en marcha el subprograma de formación, capacitación y entrenamiento para el manejo del fuego y este contribuye a las actividades de capacitación que desarrollan la CONAFOR y SEMADET.	1				JG	CCIE, GTO	
10.8	Promoción de la participación organizada de los ejidos y propietarios privados de terrenos del BLP en la aplicación del PMF-BLP.	La participación organizada de los ejidos y propietarios privados en la realización de las acciones del PMF-BLP se ha incrementado.	1	1	1	1	DG	GTO	
10.9	Promoción de la participación organizada de los pobladores de colonias y fraccionamientos vecinos al BLP en la aplicación del Subprograma de prevención de incendios y desastres en la IUF.	La participación organizada de los pobladores de colonias y fraccionamientos vecinos al BLP en la realización de las acciones de prevención de incendios y desastres en la IUF se ha incrementado.	1	1	1	1	DG	GTO	

La colaboración interinstitucional y una organización adecuada en el marco de una estrategia común es esencial para el desarrollo del Programa de Manejo del Fuego, como lo ha demostrado la experiencia en el BLP durante los últimos años. Es importante mantener el seguimiento del PMF-BLP en la agenda de la Junta de Gobierno, así como en el Consejo Ciudadano y el Comité Científico del OPD-BLP (acción 10.1).

Aunque ya se cuenta con un Grupo Técnico Operativo (GTO), este se ha centrado principalmente en las acciones de protección contra incendios y se considera conveniente ampliar sus funciones para cubrir los distintos componentes del Programa de Manejo del Fuego como parte de su agenda de trabajo (acción 10.2). El GTO es una instancia clave que ocupa un lugar central en el desarrollo del programa, cuyo seguimiento y evaluación requiere del desarrollo de sesiones periódicas del GTO (acción 10.3).

Aunque los principios básicos de organización y operación del Sistema de Mando de Incidentes (SMI) se mantienen, es importante su revisión para hacer adecuaciones y mejoras que respondan a las condiciones locales y poner por escrito un protocolo para su aplicación (acción 10.4).

Las otras acciones corresponden al establecimiento de nuevos acuerdos de colaboración o la actualización de los existentes en temas como la implementación del Subprograma de manejo del fuego en áreas bajo uso agropecuario (acción 10.5), la colaboración con instituciones de investigación y enseñanza para el desarrollo del Subprograma de investigación científica sobre ecología y manejo del fuego (acción 10.6) y la implementación del Subprograma de capacitación (acción 10.7).

Una tarea importante es promover la participación organizada de los ejidos y propietarios privados de terrenos del BLP en la aplicación del Programa de Manejo del Fuego (acción 10.8), así como la participación organizada de los pobladores de colonias y fraccionamientos vecinos al BLP en la aplicación del Subprograma de prevención de incendios y desastres en la IUF (acción 10.9).

11. Financiamiento y administración									
	Acciones	Resultados esperados	C1	C2	M	L	RE	CO	
11.1	Análisis y adecuación de la estructura del OPD-BLP para la implementación del PMF-BLP.	La estructura del OPD.BLP ha sido reorganizada y fortalecida para la puesta en marcha del PMF-BLP.	1				DG	DA	
11.2	Fortalecimiento de las Direcciones de Productividad y Manejo de Recursos Naturales (DPM) y de Cultura y Conocimiento (DCC).	La DPM y la DCC cuentan con personal suficiente para cumplir las tareas asignadas para el desarrollo del PMF-BLP.	1				JG	DG	
11.3	Creación de una Unidad de Información y Planificación (UIP).	El OPD-BLP cuenta con una unidad de apoyo para la operación del SIMIF y el seguimiento a la planificación, monitoreo y evaluación del PMF-BLP.							
11.4	Evaluación económica de la implementación del PMF-BLP.	A partir de la evaluación económica de la implementación del PMF-BLP se cuenta con elementos para la presupuestación y la procuración de fondos.		1			DG		
11.5	Presupuestación anual	Anualmente se elabora el presupuesto para la operación del PMF-BLP.	1	1	1	1	DG	DA	
11.6	Informes financieros.	Anualmente se presentan los informes financieros de la ejecución del PMF-BLP y se cuenta con información para la programación y presupuestación del año siguiente.	1	1	1	1	DG	DA	
11.7	Propuestas de financiamiento	A través de propuestas de financiamiento se han obtenido recursos complementarios de fuentes externas para la ejecución de los subprogramas y acciones del PMF-BLP.		1	1	1	CCIE	DG	
11.8	Administración del PMF-BLP	El personal y los recursos materiales y financieros se administran eficientemente y se da seguimiento al cumplimiento de las acciones del PMF-BLP.	1	1	1	1	DG	DA	
11.9	Dotación de equipo manual y de protección, maquinaria y materiales para las brigadas de prevención física y combate de incendios.	Se cuenta con el equipo, maquinaria y materiales necesarios para la realización de las acciones de prevención física y combate de incendios,	1	1	1	1	DA	DRC, DPV	

Contar con financiamiento estable y suficiente, así como una administración adecuada de los recursos disponibles, es esencial para el éxito en el desarrollo del Programa de Manejo del Fuego.

La ejecución de las acciones planeadas implica revisar, adecuar y fortalecer la estructura actual del OPD-BLP (acción 11.1). Dada las tareas asignadas para poner en marcha los componentes de manejo del fuego en zonas de uso agropecuario, investigación y monitoreo y comunicación y educación, es necesario fortalecer las Direcciones de Productividad y Manejo de Recursos Naturales (DPM) y de Cultura y Conocimiento (DCC) (acción 11.2), cuyo personal es actualmente insuficiente.

Se propone la creación de una Unidad de Información y Planificación (UIP) para dar apoyo a la Dirección General y a las distintas áreas del OPD-BLP en el seguimiento a las actividades de planificación, monitoreo y evaluación. Esta unidad estaría encargada de la operación del SIMIF (acción 11.3).

Es recomendable hacer una evaluación económica de la implementación del Programa de Manejo del Fuego, considerando sus costos de operación y los beneficios esperados de la implementación del programa. Esta evaluación económica proporcionaría elementos para la gestión del presupuesto, la aplicación de mejoras en la asignación de recursos y la procuración de fondos (acción 11.4).

La elaboración anual del presupuesto para la operación del programa (acción 11.5) y la presentación de informes financieros (acción 11.6), así como el seguimiento de las actividades administrativas (acción 11.8) y la dotación equipo, maquinaria y materiales necesarios para la realización de las acciones de prevención física y combate de incendios (11.9) pueden considerarse actividades rutinarias, pero forman parte esencial de la ejecución del programa. La acción 11.6 tiene el propósito de obtener recursos complementarios de fuentes externas para la ejecución de los subprogramas y acciones del Programa de Manejo del Fuego.

10 Literatura citada

- Abrams, M.D. 1992. Fire and the development of oak forests. *BioScience* 42 (5): 346-353.
- Agee, J.K. 1993. *Fire ecology of Pacific Northwest Forests*. Island Press. Washington D.C. 493 pp.
- Agee, J.K. 2001. Spatial controls of historical fire regimes: a multiscale example from the interior West, USA. *Ecology* 82 (3), 660–678.
- Agee, J. K. 2002. The fallacy of passive management. *Conservation Biology in Practice* 3 (1):18–25
- Agee, J. K. y Skinner, C. N. 2005. Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest Ecology and Management*, 211: 83-96.
- Agee, J. K, B. Bahro, M. A Finney, P. N Omi, D. B Sapsis, C. N Skinner, J. W. van Wagtenonk y C. Phillip Weatherspoon. 2000. The use of shaded fuelbreaks in landscape fire management. *Forest ecology and management* 127: 55–66.
- Ahmend, S., A. Giraldo, J. Oltremari, R. Sánchez, V. Valarezo & E. Yerena. 2002. Planes de manejo: conceptos y propuestas. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y GTZ. Parques Nacionales y Conservación Ambiental N° 10. Gland, Suiza.
- Albini, F.A. 1976. Estimating wildfire behavior and effects. USDA Forest Service General Technical Report INTVGTRV146. Ogden, Utah, USA.
- Alcocer, P. 2019. Biosfera cultural Primavera. Procesos de construcción territorial en el borde del Bosque La Primavera. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/80883/58MVD_AlcocerPedro.pdf]
- Alcocer S., P. y S. Valdés V. 2016. Anillo Primavera. Perspectivas en la gestión de la zona de amortiguamiento del bosque La Primavera desde la visión de los paisajes culturales. *Labor & Engenho* 10 (2): 143-156.
- Alvarado, E.C., J.E. Morfín-Ríos, E.J. Jardel P., R.E. Vihnanek, D.K. Wright, D.V. Sandberg, J.M. Michel-Fuentes, C.S. Wright, R.D. Ottmar, D.V. Sandberg y A. Nájera-Díaz. 2008. Fotoseries para la cuantificación de combustibles forestales de México: bosques montanos subtropicales de la Sierra Madre del Sur y bosques templados y matorral submontano del norte de la Sierra Madre Oriental. University of Washington, College of Forest Resources-Pacific Wildland Fire Sciences Laboratory USDA Forest Service. Special Publication No. 1. Seattle, Washington.
- Anderson, H.E. 1982. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. Gen. Tech. Rep. INTV122. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT. 22 p
- Arnaldos V., J., X. Navalón N., E. Pastor F., E. Planas C. y L. Zárate L. 2004. Manual de ingeniería básica para la prevención y extinción de incendios forestales. Ediciones MundiVPrensa, Madrid. 414 Pp.
- Arno, S. F. y Fiedler, C. E. 2005. *Mimicking nature's fire*. Island Press. Washington D.C. 242 pp.
- Badia, A., Pallares-Barbera, M., Valldeperas, N., & Gisbert, M. 2019. Wildfires in the wildland-urban interface in Catalonia: Vulnerability analysis based on land use and land cover change. *Science of the total environment*, 673, 184-196.
- Batisse, M. 1986. La evolución y el enfoque del concepto de reserva de biosfera. MAB. UNESCO.
- Bailey, R.G. 1996. *Ecosystem geography*. Springer Verlag. Nueva York, EUA.
- Balcázar M., O.E. 2011. Patrones geoecológicos de incendios forestales en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Tesis. Maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales. Universidad de Guadalajara-CUCSUR. Autlán, Jal.
- Bergeron, Y., Leduc, A., Harvey, B.D. y Gauthier, S. 2002. Natural fire regime: a guide for sustainable management of the Canadian boreal forest. *Silva Fennica* 36 (1): 81–95.
- Bocco, G., Priego, A. y Cotler, H. 2005. La geografía física y el ordenamiento ecológico del territorio. Experiencias en México. *Gaceta Ecológica* 76: 23-24.
- Bond, W. J. y van Wilgen, B. W. 1996. *Fire and Plants*. Chapman & Hall, London.
- Bond, W. J. y J.J. Midgley. 2001. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. *Trends in Ecology and Evolution*, 16(1): 45-51.

- Bond, W. J., y Keeley, J. E. 2005. Fire as a global “herbivore”: the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(7), 387–94. doi:10.1016/j.tree.2005.04.025
- Bond, W. J., Woodward, F. I., & Midgley, G. F. (2005). The global distribution of ecosystems in a world without fire. *The New Phytologist*, 165(2), 525–37.
- Borman, F.H. y G.E. Likens. 1979. *Pattern and process in a forested ecosystema*. Springer Verlag, Nueva York, EUA.
- Bowman, D. M. J. S., J. K. Balch, P. Artaxo, W. J. Bond, J. M. Carlson, M. A. Cochrane, C. M. D’Antonio, R. S. DeFries, J. C. Doyle, S. P. Harrison, F. H. Johnston, J. E. Keeley, M. A. Krawchuk, C. A. Kull, J. B. Marston, M. A. Moritz, I. C. Prentice, C. I. Roos, A. C. Scott, T. W. Swetnam, G. R. van der Werf, and S. J. Pyne. 2009. Fire in the Earth system. *Science* 324 (5926):481-484.
- Bowman, D. M. J. S., J. Balch, P. Artaxo, W. J. Bond, M. A. Cochrane, C. M. D’Antonio, R. DeFries, F. H. Johnston, J. E. Keeley, M. A. Krawchuk, C. A. Kul, M. Mack, M. A. Moritz, S. Pyne, C. I. Roos, A. C. Scott, N. S. Sodhi, and T. W. Swetnam. 2011. The human dimension of fire regimes on Earth. *Journal of Biogeography* 38:2223-2236.
- Bowman, D.M.J.S., J.A. O’Brian y J.G. Goldammer. 2013. Pyrogeography and the global quest for sustainable fire management. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 38:57–80.
- Bradley, G.A. 1984. *Land use and forest resources: The urban/forest interface*. University of Washington Press, Seattle, WA.
- Bradstock, R.A. 2010. A biogeographic model of fire regimes in Australia: current and future implications. *Global Ecol Biogeogr* 19:145-158.
- Brockett, B. H., H. C. Biggs, and B. W. van Wilgen. 2001. A patch mosaic burning system for conservation areas in southern African savannas. *International Journal of Wildland Fire* 10:169-183.
- Brown, J.K. y Arno, S.F. 1991. The paradox of wildland fire. *Western Wildlands (Spring)*: 40V46..
- Brown, R. T., Agee, J. K., & Franklin, J. F. (2004). Forest restoration and fire: principles in the context of place. *Conservation Biology*, 18(4), 903–912.
- Burgan, R. E., y Rothermel, R. C. 1984. *Behave: Fire Behavior Prediction and Fuel Modeling System V FUEL Subsystem (No. General Technical Report INTV167)*. Ogden, UT.: USDA Forest Service.
- Burton, F.D. 2009. *Fire, the spark that ignited human evolution*. University of New Mexico Press, Albuquerque, EUA.
- Cerdà, A. y P.R. Robichaud (Eds.). 2009. *Fire effects on soils and restoration strategies*. Science Publishers. Enfield, EUA.
- Challenger, A. y J. Soberón. 2009. Los ecosistemas terrestres. En: J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente Bousquets (Compiladores) *Capital Natural de México. Vol. I. Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. Pp. 87-108
- Chandler, C., P. Cheney, P. Thomas, L. Trabaud y D. Williams. 1983. *Fire in forestry. Vol. I*. John Wiley. Nueva York, EUA.
- Chapin III, F.S., P.A. Matson y H.A. Mooney. 2004. *Principles of terrestrial ecosystems ecology*. Springer Verlag. Nueva York, N.Y., EUA.
- Christensen, N.L. 1997. Managing for heterogeneity and complexity on dynamic landscapes. En: S.T.A. Pickett, R.S. Ostfeld, M. Shachack & G.E. Likens (eds.). *The ecological basis of conservation*. Chapman & Hall. Nueva York, EUA. Pp. 167-186.
- Christensen, N.L., A.M. Bartuska, J.H. Brown, S. Carpenter, C. D’Antonio, R. Francis, J.F. Franklin, J.A. MacMahon, R.F. Noss, D.J. Parsons, C.H. Peterson, M.G. Turner & R.G. Woodmansee. 1996. The report of the Ecological Society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecological Applications* 6 (3): 665 – 691.
- Cochrane, M.A. 2003. Fire science for rainforests. *Nature* 421: 913-919.
- Cohn, P. J., Williams, D. R., & Carroll, M. S. 2008. Wildland-urban interface resident's views on risk and attribution. In: Martin, Wade E.; Raish, Carol; Kent, Brian, eds. *Wildfire risk: Human perceptions and management implications*. Washington, DC: Resources for the Future, RFF Press. p. 23-43.
- CONAFOR. 2012. *Evaluación de los incendios en el Bosque La Primavera*. Comisión Nacional Forestal. Zapopan Jal.

- CONANP. 2000. Programa de Manejo del Bosque La Primavera. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Contreras R., S. H., S. I. González C. y B. O. Ávila R. 2011. Guía de pastos del Bosque La Primavera. Prometeo Editores. Guadalajara, México. 161 p.
- Cooper, R. W. 1975. Prescribed burning. *Journal of Forestry* 73(12):776V780. 73(12):776V780.
- Cruz-Sáenz D. 2008. Efecto de los incendios forestales sobre la comunidad de reptiles del área natural protegida Bosque La Primavera, Jalisco, México. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara, México. 67 pp.
- Curiel, A. 1988. Plan de manejo Bosque La Primavera, Guadalajara, Jalisco. Facultad de Agricultura y Dirección de Investigación Científica y Superación Académica, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco.
- Dantas VL, Hirota M, Oliveira RS, Pausas JG. 2016. Disturbance maintains alternative biome states. *Ecol Lett* 19:12-19.
- Davydova- Belitskaya, V. y Y.N. Skiba 1999. Climate of Guadalajara City (Mexico), its variation and change within latest 120 years. *World Resources Review* 11 (2): 258-270.
- Davydova-Belitskaya P.V., Y.N. Skiba, S.N. Bulgakov y A. Martínez Z. 1999. Modelación matemática de los niveles de contaminación en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México: Parte I microclima y monitoreo de la contaminación. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 15(2): 103-111.
- Del Castillo A. 2006. Los incendios en el Bosque La Primavera. Guadalajara, Jal.
- Del Castillo A. 2012. Los megaincendios se pueden evitar en La Primavera: expertos. *Milenio* 03 de Mayo.
- Del Castillo A. y V. Fernández. 2012. Megaincendio costó más de lo que estado da al bosque. *Milenio* 01 de mayo.
- DellaSala, D.A. y C.T. Hanson (Eds.). 2015. The ecological importance of mixed-severity fires. Elsevier, Amsterdam, Países Bajos.
- DOF.1980. Decreto por el que por causa de utilidad pública se establece como Zona de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre la región conocida como La Primavera. *Diario Oficial de la Federación*, 6 de marzo de 1980.
- Driscoll, D. A., Lindenmayer, D. B., Bennett, A. F., Bode, M., Bradstock, R. A., Cary, G. J., ... York, A. 2010. Fire management for biodiversity conservation: Key research questions and our capacity to answer them. *Biological Conservation*, 143(9), 1928–1939. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.05.026>
- Dye, B. 2012. La apasionante geología del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera. Bosque La Primavera. Zapopan, Jalisco. 71 p.
- Egan, D. y E. A. Howell (Eds.). 2001. The historical ecology handbook: a restorationist's guide to reference ecosystems. Island Press, Washington, D.C.
- Falk, D.A.; Miller, C.; McKenzie, D.; Black, A.E. 2007. Cross-scale analysis of fire regimes. *Ecosystems* 10 (5): 809-823.
- Flannigan, M. D., Stocks, B. J., & Wotton, B. M. (2000). Climate change and forest fires. *The Science of the Total Environment*, 262(3), 221–9.
- Farjon, A., J. A. Pérez de la Rosa y B. Styles. 1997. A field guide to the pines of Mexico and Central America. The Royal Botanical Garden, Kew and the University of Oxford. Oxford, Reino Unido.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1993. Geology of Mexico: A synopsis. En: Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J, (Eds.). *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido. Pp. 3–108.
- Flannigan, M. D., M. A. Krawchuk, W. J. de Groot, B. M. Wotton, and L. M. Gowman. 2009. Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire* 18:483-507.
- Flores G., J. G., O. G. Rodríguez C., A. T. Ortega M. y O. G. 2005. Respuesta de la regeneración natural en un rodal perturbado por el fuego en el bosque La Primavera. 234-240 pp. En: Santiago P. A. L. (ed). 1er Foro de Investigación y Conservación del Bosque La Primavera. 22 al 23 de septiembre. Zapopan, Jalisco, México.
- Forman, R.T.T, D. Sperling, J.A. Bissonette, A.P. Clevenger, C.D. Cutshall, V.H. Dale, L. Fahrig, R. France, C.R. Goldman, K. Heanue, J.A. Jones, F.J. Swanson, T. Turrentine y T.C. Winter. 2002. *Road Ecology*. Island Press, Washington DC, Estados Unidos.
- Foster, D. R. 2001. Conservation lessons and challenges from ecological history. *Forest History Society*.

- Fowler, C.T. y J.R. Welch. 2018. Fire otherwise. Ethnobiology of burning for a changing world. The University of Utah Press, Salt Lake City, EUA.
- Frostic, L. 2004. Rift valley and rifting. En: Goudie, A.S. Encyclopedia of geomorphology (Vol. 1, pp. 849-852). Routledge, Londres, Reino Unido.
- Fulé, P.Z. y Covington, W.W. 1996. Changing fire regimes in Mexican Pine Forests. *Journal of Forestry* 94(10): 33-38.
- Gallegos, R. A. (Comp.). 2011. El Bosque La Primavera y la Universidad de Guadalajara: una antología de biodiversidad y ciencia. Guadalajara, Jalisco.: Universidad de Guadalajara. 223 p.
- Gallegos R.A., E. Abundio R., S. Carvajal, J. Espinosa A. y J. Hernández A. 2011. Variación en la tipología del cambio de uso del suelo en el área de protección de flora y fauna “La Primavera” para el periodo 1980-2002. *Scientia CUCBA* 8 (2): 171-180.
- Gallegos R., A., G. A. González C., R. G. Cabrera O., C. Marcelli S. y E. Hernández Á. 2014. Efecto de la recurrencia de incendios forestales en la diversidad arbórea. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 24(5): 110- 123.
- García M., H. Ulloa, H. Ramírez, M. Fuentes, S. Arias, O. García, A. Meulenert y J. Alcalá. 2012. Análisis del viento y su influencia en la dispersión de la contaminación atmosférica en el área urbana de Guadalajara, Jalisco, México.
- Gea Sostenible y OPD-BLP. 2020. Plan Maestro de Actividades Recreativas en el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera.
- Gedalof, Z. 2011. Climate and Spatial Patterns of Wildfire in North America. En: McKenzie, D., C. Miller y D. Falk (Eds.). *The Landscape Ecology of Fire*. Springer. Dordrecht, Holanda.
- Gergis, J. 2018. Sunburnt country. The history and future of climate change in Australia. Melbourne University Press, Carlton, Victoria, Australia.
- Gilliam, F. S. 2007. The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest Ecosystems. *BioScience* 57(10): 845-858.
- Gillson, L., C. Whitlock y G. Humphrey. 2019. Resilience and fire management in the Anthropocene. *Ecology and Society* 24(3): 14 [<https://doi.org/10.5751/ES-11022-240314>].
- Gómez-Vega, E.R. 2019. Dinámica de cambio en la estructura del bosque de encino-pino de la microcuenca del Río Salado, APFF La Primavera, Jalisco. Tesis, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara.
- González-Bernáldez, F. 1980. Ecología y paisaje. Blume. Madrid.
- González-Murguía, R. y G. Rodríguez-Alcaráz. 2017. Evaluación del estado actual de áreas quemadas en los incendios de 2005, 2012 y 2017 en el Bosque La Primavera: severidad de incendios a escala del paisaje. Anexo 2.2, Estudio para la evaluación del efecto de incendios forestales y generación de información básica para el manejo del fuego en el Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre Bosque La Primavera. Informe técnico. OPD Bosque La Primavera-Quercus Geosoluciones-Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco.
- González-Torreros, L., Valdivia Ornelas, L., y Gómez Senci3n, J. H. 2018. El contexto del territorio: una forma de introducci3n a la Sierra La Primavera. En L. González Torreros, L. Valdivia Ornelas, y J. H. Gómez Senci3n (Eds.), *Diversidad Volcánica y Geopatrimonio en la Sierra La Primavera* (pp. 9–42). Guadalajara, Jalisco.: Universidad de Guadalajara.
- Goren I., N., N. Alpers3n, M.E. Kislev, O. Simchoni, Y. Melamed, A. Ben N., E. Werker. 2004. Evidence of hominid control of fire at Gesher Benot Ya’aqov, Israel. *Science* 304 (5671): 725-727.
- Graf, en preparaci3n
- Halfpeter, G. 1984. Las reservas de la biosfera: Conservaci3n de la naturaleza para el hombre. *Acta Zoologica Mexicana*.
- Hardesty, J.; Myers, R.; Fulks, W. 2005. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. *The George Wright Forum*, 22(4): 78V87.
- Hardy, C. C. (2005). Wildland fire hazard and risk: Problems, definitions, and context. *Forest Ecology and Management*, 211(1V2), 73–82.

- Harmon, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Sollins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., ... & Lienkaemper, G. W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research* 15: 133-302.
- He, T., Lamont, B. B., y Pausas, J. G. 2019. Fire as a key driver of Earth's biodiversity. *Biological Reviews* 94 (6): 1983-2010.
- Heinsch, F. A. y P.L. Andrews. 2010. BehavePlus fire modeling system, version 5.0: Design and Features. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-249. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 111 p.
- Herrera-Palacios, I.A., E.J. Jardel-Peláez, R. Cuevas-Guzmán y S. Zuloaga-Aguilar. 2020. Comunidades de plantas, diversidad florística e incendios forestales en el Bosque La Primavera, México. Universidad de Guadalajara, Autlán, Jalisco (en preparación).
- Holdridge, L.A. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.
- Holling, C. S., and G. K. Meffe. 1996. Command and control and the pathology of natural resource management. *Conservation Biology* 10:328-337.
- Holz A, Kitzberger T, Paritsis J, Veblen TT .2012. Ecological and climatic controls of modern wildfire activity patterns across southwestern South America. *Ecosphere* 3(11): 103
- Huerta M., F. M. y J. L. Ibarra M. 2014. Incendios en el Bosque La Primavera (Jalisco, México): un acercamiento a sus posibles causas y consecuencias. *Ciencia UAT* 9(1): 23-32.
- Huerta-Martínez, F. M., Briones-Tirado, J. E., Neri-Luna, C., Muñoz-Urías, A., y Rosas-Espinoza, V. C. 2014. Relaciones entre comunidades arbóreas, suelo y el gradiente altitudinal en el Volcán de Tequila, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(24), 202–215.
- Huggett, R.J. 1995. *Geocology, an evolutionary approach*. Routledge, Londres, Reino Unido.
- Hunter, M. L. 1993. Natural fire regimes as spatial models for managing boreal forests. *Biological conservation*, 65(2), 115-120.
- Hurteau M and North M. 2009. Fuel treatment effects on tree based carbon storage and emissions under modeled wildfire scenarios. *Front Ecol Environ* 7.
- Hurteau, M. D., y Brooks, M. L. 2011. Short-and long-term effects of fire on carbon in US dry temperate forest systems. *BioScience* 61 (2): 139-146.
- Ibarra-Montoya, J. L. y F.M. Huerta-Martínez. 2016. Modelado espacial de incendios: una herramienta predictiva para el Bosque La Primavera, Jalisco, México. *Revista Ambiente & Agua* 1(1): 35-49.
- Ibisch, P.L., M.T. Hoffmann, S. Kreft, G. Pe'er, V. Kati, L. Biber-Freudenberger, D.A. DellaSala, M.M. Vale, P.R. Hobson, N. Selva. 2016. A global map of roadless areas and their conservation status. *Science* 354: 1423-1427.
- Islas, G.W., B. Escobedo C., J.C. Juárez V., S. Virgen R., J. Ramos M., J. Hernández A., A. Gallegos R. y E. Hernández A. 2006. Evaluación de las zonas afectadas por los incendios forestales en el Bosque La Primavera. XVII Semana de la Investigación Científica – Avances en la Investigación Científica en el CUCBA. Guadalajara, Jalisco, México. 5 pp.
- Janzen, D. H. 1983. No park is an island: increase in interference from outside as park size decreases. *Oikos* 41:402-410.
- Jardel-Peláez, E.J. 2008. Sucesión ecológica y restauración de bosques subtropicales de montaña en la Estación Científica Las Joyas, México. En: M. González-Espinoza, J.M. Rey-Benayas y N. Ramírez-Marcial (Eds.) *Restauración de bosques en América Latina*. Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas y Mundi-Prensa. México D.F. Pp. 77-97.
- Jardel-Peláez, E.J. 2010. Planificación del Manejo del Fuego. Universidad de Guadalajara-Fundación Manantlán para la Biodiversidad de Occidente-Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Autlán, Jalisco, México. [En línea: <http://www.ccmss.org.mx/biblioteca/761-planificacion-del-manejo-del-fuego.html>].
- Jardel-Peláez, E.J. 2015. Guía para la caracterización y clasificación de hábitats forestales. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México.
- Jardel Peláez, E.J. 2017. Programa de investigación y monitoreo sobre ecología y manejo del fuego en el Bosque La Primavera. Anexo 4.7, Estudio para la evaluación del efecto de incendios forestales y generación de

- información básica para el manejo del fuego en el Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre Bosque La Primavera. OPD Bosque La Primavera-Quercus Geosoluciones-Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco.
- Jardel-Peláez, E.J. 2020. Humanos, bosques y fuego. Universidad de Guadalajara, Autlán, Jalisco.
- Jardel-Peláez, E.J., A.L. Santiago-Pérez, C. Cortés M. y F. Castillo-Navarro. 2004. Sucesión y dinámica de rodales. En: R. Cuevas-Guzmán y E.J. Jardel (Editores). Flora y Vegetación de la Estación Científica Las Joyas. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. Pp. 179-203.
- Jardel P., E.J., R. Ramírez-Villeda, F. Castillo-Navarro, S. García-Ruvalcaba, O.E. Balcázar M, J. C. Chacón M. y J. E. Morfín R. 2006. Manejo del Fuego y Restauración de Bosques en Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México. En: Flores G., J.G. y D.A. Rodríguez-Trejo (Eds.) Incendios Forestales. Mundi Prensa y CONAFOR. México D.F. y Madrid. Pp. 216-242.
- Jardel-Peláez, E.J., M. Maass, A. Castillo, R. García-Barrios, L. Porter, J. Sosa y A. Burgos. 2008. Manejo de ecosistemas e investigación a largo plazo. Ciencia y Desarrollo 34(215): 31-37.
- Jardel-Peláez, E.J., E. Alvarado, J.E. Morfín-Ríos, F. Castillo-Navarro y J.G. Flores-Garnica. 2009. Regímenes de incendios en ecosistemas forestales de México. En: J.G. Flores-Garnica (Ed.). Impacto Ambiental de Incendios Forestales. Mundi-Prensa, INIFAP y Colegio de Postgraduados. México D.F. Pp. 73-100.
- Jardel-Peláez, E.J., J.M. Frausto-Leyva, D. Pérez-Salicrup, E. Alvarado, J.E. Morfín-Ríos, R. Landa y P. Llamas-Casillas. 2010. Prioridades de Investigación en Manejo del Fuego en México. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México D.F., México.
- Jardel-Peláez, E.J., E.J., M. Maass, V.H. Rivera-Monroy et al. (Coordinadores). 2013. La Investigación Ecológica a Largo Plazo en México. Editorial Universitaria-Universidad de Guadalajara-Red Mexicana de Investigación Ecológica de Largo Plazo. Guadalajara, Jal., México.
- Jardel-Peláez, E.J., D. Pérez-Salicrup, E. Alvarado y J.E. Morfín-Ríos. 2014. Principios y criterios para el manejo del fuego en ecosistemas forestales: guía de campo. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México. 96 Pp. [<http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=727>]
- Jardel Peláez, E.J., S.D. Quintero-Gradilla, O.E. Balcázar-Medina, G. Vélica-Zúñiga, J.Manuel. Rodríguez-Gómez & J.E. Morfín-Ríos. 2016. Caracterización, clasificación y cuantificación de combustibles forestales para el manejo del fuego en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-Universidad de Guadalajara. Autlán, Jalisco, México. 65 Pp + 8 mapas.
- Jardel Peláez, E.J., J.E. Morfín Ríos, E. Padilla Velarde, D. Graf Pérez , I.A. Herrera Palacios , G.M. Barragán Vicente, V. Castillo, R. González Murguía, G. Rodríguez Alcaráz. 2017. Estado actual de las áreas quemadas en los incendios forestales de 2005, 2012 y 2017 en el Bosque La Primavera: efectos de incendios a escala de rodales. Anexo 2.1, Estudio para la evaluación del efecto de incendios forestales y generación de información básica para el manejo del fuego en el Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre Bosque La Primavera. OPD Bosque La Primavera-Quercus Geosoluciones-Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco.
- Jardel Peláez, E.J., S.D. Quintero-Gradilla, A.J. Lomelí-Jiménez, J.D. Graf-Pérez, J.M. Rodríguez-Gómez. 2018. Generación de modelos de comportamiento del fuego para los tipos de combustibles forestales de México. Informe técnico del proyecto “Caracterización y clasificación de combustibles para generar y validar modelos de combustibles forestales para México”. Fondo Sectorial CONAFOR-CONACYT 2014-CO2-251694. Instituto de Investigaciones en Ecosistemas (UNAM)-Departamento de Ecología y Recursos Naturales (Univeridad de Guadalajara). Morelia, Michoacán. 48 Pp.
- Jardel Peláez, E.J., S.D. Quintero-Gradilla, O.E. Balcázar-Medina, G. Vélica-Zúñiga, J.M. Rodríguez-Gómez, J.E. Morfín-Ríos. 2018. Caracterización, clasificación y mapeo de camas de combustibles de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Informe técnico del proyecto “Caracterización y clasificación de combustibles para generar y validar modelos de combustibles forestales para México”. Fondo Sectorial CONAFOR-CONACYT 2014-CO2-251694. Instituto de Investigaciones en Ecosistemas (UNAM)-Departamento de Ecología y Recursos Naturales (Univeridad de Guadalajara). Morelia, Michoacán. 55 Pp.
- Jauregui, E., L. Godines y F. Cruz. 1992. Aspects of the heat island in Guadalajara, Mexico. Atmospheric Environment 26B (3): 391–396.
- Johnson, E. A. 1996. Fire and vegetation dynamics: studies from the North American boreal forest. Cambridge University Press.

- Johnson, P. S., Shifley, S. R., Rogers, R., Dey, D. C., y Kabrick, J. M. 2002. The ecology and silviculture of oaks. Cabi.
- Johnstone, J. F., C. D. Allen, J. F. Franklin, L. E. Frelich, B. J. Harvey, P. E. Higuera, M. C. Mack, R. K. Meentemeyer, M. R. Metz, G. L. W. Perry, T. Schoennagel, and M. G. Turner. 2016. Changing disturbance regimes, ecological memory, and forest resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14:369-378.
- Keane RE. 2015. *Wildland fuel fundamentals and applications*. Springer. New York.
- Keeley, J.E. 2012. Ecology and evolution of pine life histories. *Annals of forest science* 69(4): 445-453.
- Keeley, J.E. y Rundel, P.W. 2005. Fire and the Miocene expansion of C4 grasslands. *Ecology Letters*, 8, 683–690.
- Keeley, J.E. y Zedler, P.H. 1998. Evolution of life histories in *Pinus*. En: D.M. Richardson (ed.). *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 219–250.
- Keeley, J.E., Pausas, J.G., Rundel, P.W., Bond, W.J. y Bradstock, R.A. 2011. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. *Trends in Plant Science*, 16, 406–411.
- Kelly, L. T. y Brotons, L. 2017. Using fire to promote biodiversity. *Science*, 355 (6331): 1264-1265.
- Key CH, Benson NC .2006. Landscape Assessment: Ground measure of severity, the Composite Burn Index; and Remote sensing of severity, the Normalized Burn Ratio. In 'FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System'. (Eds DC Lutes, RE Keane, JF Caratti, CH Key, NC Benson, S Sutherland, LJ Gangi) USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-164-CD: LA1-51. (Ogden, UT)
- Komarek, E. V. 1968. Lightning and lightning fires as ecological forces. *Proceedings 8th Tall Timbers Fire Ecology Conference*.
- Krawchuk, M., Moritz, M., Parisien, M.VA., Van Dorn, J., & Hayhoe, K. (2009). Global pyrogeography: the current and future distribution of wildfire. *PLoS One*, 4(4), e5102. doi:10.1371/journal.pone.0005102
- Lloret, F., H. Estevan, J. Vayreda y J. Terradas. 2005. Fire regenerative syndromes of forest woody species across fire and climatic gradients. *Oecologia* 146: 461-468.
- López C., G. A. 2011. Guía floral de hierbas y arbustos silvestres de la Zona Metropolitana de Guadalajara. CAABSA-EAGLE. Guadalajara, México. 200 p.
- MAB (Man and Biosphere Program). 1996. Estrategia de Sevilla y Marco Estatutario de la Red Mundial de Reservas de Biosfera. UNESCO, París.
- Maciel-Flores, R. y J. Rosas-Elguera 1992, Modelo geológico y evaluación del campo geotérmico La Primavera Jal. México. *Geofísica Internacional* 31 (4): 359–370.
- Maciel-Flores, R. J. Rosas-Elguera, L.E. Peña-García y J.A. Pérez de la Rosa. 2011. Evolución bio-geológica durante el Pleistoceno, en la Sierra La Primavera, Jalisco, México. *Scientia-CUCBA* 13 (1-2): 53-71.
- Magaña, V.O., J.L. Vázquez, J.L. Pérez y J.B. Pérez. 2003. Impact of El Niño on precipitation in Mexico. *Geofísica Internacional* 42: 313-330.
- Martínez J. y A. del Castillo. 2012. La Primavera sufre su peor incendio desde 2005. *Milenio* 24-Abril.
- Martínez-Domínguez, R. 2012. Guía para la planificación del manejo del fuego en áreas naturales protegidas. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, Ciudad de México.
- McKenzie, D. 2004. Historia del fuego y su relación con el clima. En: Villers R., L. y López B., J. (Edit.). *Incendios forestales en México: Métodos de evaluación*. Centro de Ciencias Atmósfera, UNAM. México D.F. pp. 13-28.
- McKenzie, D., C. Miller y D.A. Falk. 2011. Toward a theory of landscape fire. En: McKenzie, D., C. Miller y D.A. Falk (Eds.) *The landscape ecology of fire*. Springer, Nueva York.
- Miller, S. R., y Wade, D. 2003. Re-introducing fire at the urban/wildland interface: Planning for success. *Forestry*, 76 (2): 253-260.
- Morfín-Ríos, J.E., E.J. Jardel, J.M. Michel-Fuentes y E. Alvarado. 2012. Caracterización y cuantificación de combustibles forestales. Comisión Nacional Forestal-Editorial Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. 95 Pp.
- Morfín-Ríos, J.E., D. Graf, E. Padilla-Velarde y E.J. Jardel-Peláez. 2017. Clasificación de características del complejo de combustibles en el Bosque La Primavera. Anexo 3.4-6, Estudio para la evaluación del efecto de incendios forestales y generación de información básica para el manejo del fuego en el Área de Protección

- de Flora y Fauna Silvestre Bosque La Primavera. OPD Bosque La Primavera-Quercus Geosoluciones-Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco.
- Moritz, M. A., M.-A. Parisien, E. Batllori, M. A. Krawchuk, J. Van Dorn, D. J. Ganz, and K. Hayhoe. 2012. Climate change and disruptions to global fire activity. *Ecosphere* 3:1-22.
- Murphy, B. P., G. J. Williamson, and D. M. J. S. Bowman. 2011. Fire regimes: moving from a fuzzy concept to geographic entity. *New Phytologist* 192:316-318.
- Murphy BP, Bowman DMJS (2012) What controls the distribution of tropical forest and savanna?. *Ecol Lett* 15:748-758.
- Noble, I.R. y H. Gitay. 1996. A functional classification for predicting the dynamics of landscapes. *Journal of Vegetation Science* 7(3): 329-336.
- NOM-015-SENARNAT/SAGARPA. 2007. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario. Diario Oficial de la Federación, 16 de enero de 2009.
- North, M. P., and W. S. Keeton. 2008. Emulating natural disturbance regimes: an emerging approach for sustainable forest management. Pages 341-372 in R. Laforzezza, J. Chen, G. Sanesi, and T. R. Crow, editors. *Patterns and processes in forest landscapes*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- North, M. P., S. L. Stephens, B. M. Collins, J. K. Agee, G. Aplet, J. F. Franklin, and P. Z. Fulé. 2015. Reform forest fire management. *Science* 349:1280-1281.
- Noss, R.F. 2018. *Fire ecology of Florida and the Southeastern Coastal Plain*. University Press of Florida. Gainesville, EUA.
- Ortega P., A., R. Villavicencio G., A. L. Santiago P., R. Bachmann y S. L. Toledo G. 2007. Caracterización de la diversidad estructural de formaciones boscosas de pino-encino de la microcuenca del río Salado del área protegida La Primavera. 34-38 p. En: Carvajal, S. y E. Pimienta (eds). *Avances en la investigación científica en el CUCBA*, Universidad de Guadalajara. Zapopan, México.
- Ottmar, R.D., D.V. Sandberg, C.L. Riccardi, S.J. Prichard, 2007. An overview of the Fuel Characteristic Classification System- Quantifying, classifying, and creating fuelbeds for resource planning. *Canadian Journal of Forest Research* 37(12): 2383-2393.
- Palaiologou, P., Ager, A. A., Nielsen-Pincus, M., Evers, C. R., & Day, M. A. (2019). Social vulnerability to large wildfires in the western USA. *Landscape and Urban Planning*, 189, 99-116.
- Parr, C. L., and A. N. Andersen. 2006. Patch mosaic burning for biodiversity conservation: a critique of the pyrodiversity paradigm. *Conservation Biology* 20:1610-1619.
- Pausas JG (2015) Alternative fire-driven vegetation states. *J Veg Sci* 26:4-6.
- Pausas, J.G. y M. Verdú. 2005. Plant persistence traits in fire-prone ecosystems of the Mediterranean basin: a phylogenetic approach. *Oikos* 109: 196-202.
- Pausas, J.G. y J.E. Keeley. 2009. A burning story: the role of fire in the history of life. *BioScience* 59 (7): 593-601.
- Pausas JG, Ribeiro E (2013) The global fire-productivity relationship. *Global Ecol Biogeogr* 22:728-736.
- Penman, T. D., F. J. Christie, A. N. Andersen, R. A. Bradstock, G. J. Cary, M. K. Henderson, O. Price, C. Tran, G. M. Wardle, R. J. Williams, and A. York. 2011. Prescribed burning: how can it work to conserve the things we value? *International Journal of Wildland Fire* 20:721-733.
- Pérez de la Rosa, J. A. 2011. Los Pinos del bosque La Primavera, Zapopan, Jalisco. 17-18 pp. En: Gallegos, R. A. (eds). *El bosque La Primavera y la Universidad de Guadalajara: Una antología de ciencia y biodiversidad*. Ed. Prometeo. Guadalajara, México.
- Perry, D.A., R. Oren y S.C. Hart. 2008. *Forest ecosystems*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland, EUA.
- Plana, E. 2001. Anàlisi d'escenaris de prevenció i extinció d'incendis des de la perspectiva socioambiental. En: E. Plana (Coord.) *Incendis forestals, dimensió socioambiental, gestió del risc i ecologia del foc*. Xarxa Temàtica de Recerca Alinfo. Solsona, Catalunya. Pp. 5-11.
- Prichard, S.J., D.V. Sandberg, R.D. Ottmar, E. Eberhardt, A. Andreu, P. Eagle y S. Kjell. 2013. Fuel Characteristic Classification System version 3.0: technical documentation. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-887. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

- Priego, A., G. Bocco, M. Mendoza y A. Garrido. 2010. Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes. Serie Planeación Territorial. SEMARNAT, INE, CIGA-UNAM.
- Puettmann, K.J., C. Messier y K.D. Coatea. 2014. Managing forests as complex adaptive systems. En: Messier, C., K.J. Puettmann y K.D. Coates. 2014. Managing forests as complex adaptive systems. Routledge, Londres, Reino Unido. Pp. 3-16.
- Pyne, S. J. 1997. World fire: the culture of fire on earth. University of Washington Press, Seattle, Washington, USA.
- Pyne, S. J., Andrews, P.L. y Laven, R.D. 1996. Introduction to wildland fire. John Wiley Nueva York, NY, EUA.
- Quintero-Gradilla, S. D., Jardel-Peláez, E. J., Cuevas-Guzmán, R., García- Oliva, F., & 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): 1-14, e2531888. doi: 10.21829/myb.2019.2531888.
- Quintero-Legorreta, O. 2002. Análisis estructural de fallas potencialmente activas. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 55 (1): 1-11.
- Radeloff, V. C., Halmers, D. P., Kramer, H. A., Mockrin, M. H., Alexandre, P. M., Bar-Massada, A., ... & Stewart, S. I. 2018. Rapid growth of the US wildland-urban interface raises wildfire risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115 (13): 3314-3319.
- Ramírez D., R., J. Reynoso D. y M. Harker. 2006. Estado actual del conocimiento florístico del Bosque La Primavera, Jalisco, México. 158-162 pp. En: Santiago P., A. L. Ed. 2do Foro de investigación y Conservación del Bosque La Primavera: Memorias, Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco.
- Ramírez, H., Andrade, M., Bejarano, R., García, M., Wallo, A., Pompa, A. y de la Torre, O. 2009. The spatial-temporal distribution of the atmospheric polluting agents during the period 2000–2005 in the Urban Area of Guadalajara, Jalisco, Mexico. *Journal of Hazardous Materials*, 165 (1-3): 1128-1141.
- Reinhardt, E.D., R.E. Keane & J.K. Brown. 2001. Modeling fire effects. *International Journal of Wildland Fire* 10: 373-380.
- Reyna Bustos, O. F. 1989. Estudio de la vegetación de la reserva forestal de La Primavera, Jalisco. Tesis, Facultad de Agricultura, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.
- Reyna B., Ó. F. 2004. Árboles y arbustos del bosque La Primavera. CONABIO. Guadalajara, Jalisco. 118 p.
- Reyna B., Ó. F. 2006. Orquídeas silvestres del bosque La Primavera: guía ilustrada. Universidad de Guadalajara. 90 p.
- Reyna B., Ó. F., I. T. Ahumada C. y O. Vázquez H. 2007. Anfibios y reptiles del bosque La Primavera: guía ilustrada. Universidad de Guadalajara, Gobierno del Estado de Jalisco. Guadalajara, Jalisco, México. 125 p.
- Reyna B., Ó. F. 2010. Aves del bosque La Primavera. Primera edición. Petra Ediciones. Guadalajara, México. 221 p.
- Riccardi, C.L., R.D. Ottmar, D.V. Sandberg, A. Andreu, E. Elman, K. Kopper y J. Long. 2007a. The fuelbed: a key element of the Fuel Characteristic Classification System. *Canadian Journal of Forestry Research* 37: 2394-2412.
- Riccardi, C.L., S.J. Prichard, D.V. Sandberg y R.D. Ottmar. 2007. Quantifying physical characteristics of wildland fuels using the Fuel Characteristic Classification System. *Canadian Journal of Forestry Research* 37: 2383-2393.
- Richardson D. M. (Ed.). 1988. Ecology and Biogeography of *Pinus*. Cambridge University Press. Reino Unido.
- Rodríguez-Trejo, D.A. y R.L. Myers. 2010. Using oak characteristics to guide regime restoration in Mexican pine-oak and oak forests. *Ecological Restoration* 28(3): 304-323.
- Rodríguez R., A. S. G. Díaz R., T. Escoto G. y J. I. Manríquez C. 2009. Establecimiento de sitios de monitoreo permanente en el bosque natural y plantaciones forestales en la sierra La Primavera, Jalisco. 64-73 pp. En: Santiago P. A. L. (Ed.). *II Foro de investigación y Conservación del Bosque*, Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco.
- Rothermel, R.C. 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildlands fuels. USDA For. Serv. Res. Pap. INT-115.
- Rowell, A. y Moore, P.F. 1999. Global review of forest fires. WWF/ UICN. Gland, Suiza. 64 p.

- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México D.F., México
- Sánchez D., M., A. Gallegos R., G. A. González C., J. C. Castañeda G. y R. G. Cabrera O. 2014. Efecto del fuego en la regeneración de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schldtl. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 5(24): 126- 142.
- Sandberg, D.V., R.D. Ottmar & G.H. Cushon. 2001. Characterizing fuels in the 21st century. International Journal of Wildland Fire 10: 381-87.
- Santana C., E., E.J. Jardel P. y P. Pons. 2009. Manejo del fuego y conservación de la fauna silvestre en ecosistemas forestales de montaña. En: J.G. Flores-Garnica (Ed.). Impacto Ambiental de Incendios Forestales. Mundi-Prensa, INIFAP y Colegio de Postgraduados. México D.F. Pp. 195-222.
- Santiago P., A. L., R. Villavicencio G., A. Gallego R., J. Röder y J. J. Olea M. 2006. Condiciones físicas y estructura forestal de la microcuenca del río Salado del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera, como fase descriptiva para la valoración de pago por servicios ambientales. Avances de la Investigación Científica de CUCBA 2006. 185-191 p.
- Scheffer, M., and S. R. Carpenter. 2003. Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. Trends in Ecology & Evolution 18:648-656.
- Schoennagel, T., E. A. H. Smithwick & M. G. Turner. 2008. Landscape heterogeneity following large fires: insights from Yellowstone National Park, USA. International Journal of Wildland Fire 17:742-753.
- Schoennagel, T., J. K. Balch, H. Brenkert-Smith, P. E. Dennison, B. J. Harvey, M. A. Krawchuk, N. Mietkiewicz, P. Morgan, M. A. Moritz, R. Rasker, M. G. Turner, and C. Whitlock. 2017. Adapt to more wildfire in western North American forests as climate changes. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 114:4582-4590.
- Scott, A.C. 2018. Burning planet. The story of fire through time. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.
- Scott A.C., Bowman D.M., Bond W.J., Pyne S.J., Alexander M.E. 2014. Fire on Earth. An introduction. Wiley Blackwell, Chichester.
- Scott, J. E., Burgan, R.E. 2005. Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-153.
- SER. 2004. The SER International primer on ecological restoration Society for Ecological Restoration International. [En línea: www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp]
- Stephens, S. L., Collins, B. M., Fettig, C. J., Finney, M. A., Hoffman, C. M., Knapp, E. E., ... y Wayman, R. B. 2018. Drought, tree mortality, and wildfire in forests adapted to frequent fire. BioScience, 68 (2): 77-88.
- Stewart, S. I., Radeloff, V. C., Hammer, R. B., y Hawbaker, T. J. 2007. Defining the wildland–urban interface. Journal of Forestry 105 (4): 201-207.
- Stock, J.M. 1999. Tectónica de placas y evolución del bloque Jalisco, México. GEOS, Boletín de la Unión Geofísica Mexicana 13 (3): 3-9.
- Sugihara, N. G, J. Van Wagendonk y J. Fites-Kaufman. 2006. Fire as an ecological process. En: Fire in California's ecosystems. University of California Press. Londres, Inglaterra. Pp. 58–74.
- Swanson, F. J., J.A. Jones, D.O. Wallin & J.H. Cissel. 1994. Natural variability implications for ecosystem management. In: M.E. Jensen & P.S. Bourgeron (Eds.). Eastside forest ecosystem health assessment. Vol 2, Ecosystem management: principles and applications. U.S. Forest Service, General Technical Report PNW-GTR-318, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon, EUA. Pp. 89-104.
- Tedim, F., Leone, V., Amraoui, M., Bouillon, C., Coughlan, M. R., Delogu, G. M., ... y Parente, J. 2018. Defining extreme wildfire events: difficulties, challenges, and impacts. Fire, 1(1): 9.
- Tereshchenko, I.E. y A.E. Filonov. 2001. Air temperature fluctuations in Guadalajara, Mexico, from 1926 to 1994 in relation to urban growth. International Journal of Climatology 21: 483-494.
- Tricart, J. y A. Cailleux. 1965. Traité de géomorphologie. Paris
- Trigueros B., A. G., R. Villavicencio G. y A. L. Santiago P. 2014. Mortandad y reclutamiento de árboles en un bosque templado de pino-encino en Jalisco. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 5 (24): 160-181.
- Trumbore, S. y P.B. Hartmann. 2015. Forest health and global change. Science 349 (6250): 814-818.
- Turner, M. G., Romme, W. H., Gardner, R. H., & Hargrove, W. W. 1997. Effects of fire size and pattern on early succession in Yellowstone National Park. Ecological monographs, 67 (4): 411-433.

- Valadas, B. 2004. Géomorphologie dynamique. Armand Colin, Paris.
- Vale, T.R. 2002. Fire, native peoples, and the natural landscape. Island Press, Washington DC, EUA.
- Valdivia Ornelas, L. 2018. Caracterización de los procesos geológico-geomorfológicos y clasificación del relieve de la Sierra La Primavera. En: L. González Torrerros, L. Valdivia Ornelas, y J. H. Gómez Sención (Eds.), Diversidad Volcánica y Geopatrimonio en la Sierra La Primavera. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco. Pp. 43–136.
- Van Wilgen, B. W., and H. C. Biggs. 2011. A critical assessment of adaptive ecosystem management in a large savanna protected area in South Africa. *Biological Conservation* 144:1179-1187.
- Van Wilgen, B. W., G. G. Forsyth, and P. Prins. 2012. The management of fire-adapted ecosystems in an urban setting: the case of Table Mountain National Park, South Africa. *Ecology and Society* 17(1):8.
- Van Wilgen, B. W., W. S. W. Trollope, H. C. Biggs, A. L. F. Potgieter, and B. H. Brockett. 2003. Fire as a driver of ecosystem variability. En: J. T. du Toit, K. H. Rogers y H. C. Biggs (Eds.). *The Kruger experience: ecology and management of savanna heterogeneity*. Island Press, Washington, D.C., Estados Unidos. Pp. 149-170
- Van Young, E. 1997. La ciudad y el campo en el México del siglo XVIII. La economía rural de la región de Guadalajara, 1675 -1820. Fondo de Cultura Económica. México.
- Vélez, R. (Coord.) 2000. La defensa contra incendios forestales. McGraw Hill, Madrid, España.
- Villa-Galaviz, E., L. Hernández-López, M. Harker y C. Neri-Luna. 2020. Descripción de aspectos del suelo y composición florística del hábitat de *Lobelia villaregalis* (Campanulaceae), especie endémica de Jalisco, México. *Polibotánica* 49: 30-49
- Villanueva-Díaz, J., E.A. Rubio-Camacho, A.A. Chávez-Durán, J.L. Zavala-Aguirre, J. Cerano-Paredes y A.R. Martínez-Sifuentes. 2018. Respuesta climática de *Pinus oocarpa* Schiede Ex Schetol en el Bosque La Primavera, Jalisco. *Madera y bosques*, 24 (1).
- Villavicencio G., R., A. L. Santiago P., J. P. Topete Á. y S. L. Toledo G. 2007. Diagnóstico del medio físico de la Microcuenca del “Río Salado” del Área Natural Protegida “La Primavera”, para la valoración al PSA. 111-119 pp. En: *Memorias de la Reunión Nacional SELPER Capítulo-México*. Monterrey, N. L.
- Walker, B. & Salt, D. 2006. Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world. Island Press, Washington D.C., EUA.
- Walters, C.J. & C.S. Holling. 1990. Large-scale management experiments and learning by doing. *Ecology* 71: 2060 – 2068
- Weigand, P.C., C. Beekman, y R. Esparza (Coords.) 2008. Tradición Teuchitlán. El Colegio de Michoacán y Secretaría de Cultura del Estado de Jalisco. Guadalajara, Jalisco.
- Weigand, P.C. 2012. La caldera del Coli y su vecina Guadalajara. *El Colegio de Michoacán. Revista Relaciones* 129: 231- 318.
- Vázquez-García, J. A., Muñiz-Castro, M. Á., Martínez-González, R. E., Nieves-Hernández, G., Pulido-Ávila, M. G., Hernández-Vera, G., y Delgadillo, O. Z. 2019. *Populus primaveralepisensis* sp. nov. (Salicaceae, Malpighiales), a new species of white poplar from the Bosque La Primavera Biosphere Reserve in western Mexico. *European Journal of Taxonomy*, (498).
- Villa-Galaviz, E., L. Hernández-López, M. Harker y C. Neri-Luna. 2020. Descripción de aspectos del suelo y composición florística del hábitat de *Lobellia villaregalis* (Campanulaceae), una especie endémica de Jalisco, México. *Polibotánica* 49: 30-49.
- Westerling, A.L., H.G. Hidalgo, D.R. Cayan & T.W. Swetnam. 2006. Warming and earlier spring increase western U.S. forest wildfire activity. *Science* 313: 940-943.
- Whelan, R. 1995. The ecology of fire. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Whelan, R. J., L. Rodgerson, C.R. Dickman & E. F. Sutherland. 2002. Critical life cycles of plants and animals: developing a process-based understanding of population changes in fire-prone landscapes. In: R.A. Bradstock, R.A., J.E. Williams y A. M. Gill (Eds.) *Flammable Australia: the fire regimes and biodiversity of a continent*. Cambridge University Press. Pp. 94-124.
- White, P.S y S.T.A. Pickett. 1985. Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In: S.T.A. Pickett & White P.S (Eds.). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, New York, NY, EUA. Pp. 3-13.

PROGRAMA DE MANEJO DEL FUEGO DEL BOSQUE LA PRIMAVERA

Wrangham, R. 2009. *Catching fire. How cooking made us human*. Basic Books, Nueva York, EUA.

Zalapa, S. G., E. G. Godínez y S. Guerrero. 2014. Mastofauna del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana* 30(1): 18-31.