



INSTRUCTIVO DE QUEMAS PRESCRITAS PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL FUEGO

**EN EL MUNICIPIO DE VILLAFLORES Y LA RESERVA
DE LA BIOSFERA LA SEPULTURA, CHIAPAS, MÉXICO**

INSTRUCTIVO DE QUEMAS PRESCRITAS PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL FUEGO

EN EL MUNICIPIO DE VILLAFLORES Y LA RESERVA
DE LA BIOSFERA LA SEPULTURA, CHIAPAS, MÉXICO

Dante Arturo Rodríguez Trejo
Pedro Martínez Muñoz
Jorge Alberto Pulido Luna
Pedro Jerónimo Martínez Lara
José Domingo Cruz López



CHIAPAS
GOBIERNO DEL ESTADO



CONANP
COMISIÓN NACIONAL
DE ÁREAS NATURALES
PROTEGIDAS



Modo de citar este trabajo:

Rodríguez-Trejo, D. A., Martínez-Muñoz, P., Pulido-Luna, J. A., Martínez-Lara, P. J., Cruz-López, J. D. 2019. Instructivo de quemas prescritas para el manejo integral del fuego en el municipio de Villaflores y la Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, USDA FS, US AID, BIOMASA, A. C., Universidad Autónoma Chapingo, Ayuntamiento de Villaflores, SEMARNAT, CONAFOR, CONANP, Gobierno del Estado de Chiapas, ANCF. México. 183 p.

CONTENIDO

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
LOS AUTORES	7
MIEMBROS DE LAS COMUNIDADES RURALES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO	9
PRESENTACIÓN	11
BREVE HISTORIA DEL PROGRAMA MUNICIPAL DE MANEJO DEL FUEGO EN VILLAFLORES	14
HISTORIA DE LOS INCENDIOS FORESTALES, DEL USO Y MANEJO DEL FUEGO EN CHIAPAS	22
EL PAPEL DE LA INVESTIGACIÓN EN EL MANEJO DEL FUEGO	25
INTRODUCCIÓN	28
OBJETIVOS	29
¿QUÉ ESPERAR DEL PRESENTE INSTRUCTIVO?	29
METODOLOGÍA	30
ECOLOGÍA DEL FUEGO EN LA REGIÓN	39
OBJETIVOS PARA LA REALIZACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS	50
EFFECTOS AMBIENTALES DEL FUEGO	58
LA APTITUD FÍSICA Y LA SALUD DEL BRIGADISTA DE QUEMAS PRESCRITAS	64
BASES SOBRE COMPORTAMIENTO DEL FUEGO	70

MODELOS DE COMBUSTIBLES FORESTALES
CARGA DE COMBUSTIBLES
COMPORTAMIENTO DEL FUEGO
CONSUMO
EMISIONES
SEVERIDAD EN EL ARBOLADO
RECOMENDACIONES PARA REALIZAR QUEMAS PRESCRITAS

77

CONSIDERACIONES SOBRE LOS MODELOS	78
BOSQUE DE PINO	79
BOSQUE DE ENCINO	89
BOSQUE DE PINO-ENCINO	99
PASTIZAL	107
SABANA	115

MÉTODOS DE IGNICIÓN	132
TÉCNICAS DE QUEMA	132
PLANEACIÓN DE LA QUEMA	140
PREPARACIÓN DEL TERRENO	143
ORGANIZACIÓN	145
SEGURIDAD EN QUEMAS PRESCRITAS O CONTROLADAS Y EN COMBATE DE INCENDIOS EN EL TRÓPICO	156
REQUERIMIENTOS (CAPACITACIÓN, ELEMENTOS, EQUIPO)	166
MANEJO DEL HUMO	168
EVALUACIÓN	169
PROBLEMAS PRINCIPALES DEL MANEJO DEL FUEGO PARA LA CONSERVACIÓN	170
¿CÓMO DISTRIBUIR EN ESPACIO Y TIEMPO LAS QUEMAS PRESCRITAS?	172
ALIANZA CON LAS COMUNIDADES RURALES	175
LITERATURA CITADA	177



RESUMEN

Este instructivo es básico y para el inicio de programas de quemas prescritas. Puede servir para capacitación en talleres, como libro de texto en cursos universitarios sobre o que incluyan manejo integral del fuego, ecología del fuego, protección forestal y utilización de quemas prescritas, o como base para la socialización de la información que contiene con miras a realizar capacitación comunitaria a señores campesinos en quemas prescritas, quemas controladas y manejo integral del fuego. Contiene la historia y el modelo del programa de manejo del fuego del Mpio. de Villaflores, Chis., la ecología del fuego en los principales tipos de vegetación del municipio y la Reserva de la Biosfera La Sepultura, aptitud física del brigadista, objetivos de quemas prescritas, bases de comportamiento del fuego y resultados de investigación en: modelos de combustibles forestales, carga, comportamiento del fuego (quemas prescritas en contra de viento y pendiente, a favor y estimación para incendios forestales), consumo, emisiones de CO₂ y severidad en el arbolado, en los tipos de vegetación tropicales bosque de pino, bosque de encino, bosque de pino-encino, pastizal, sabana y selva baja (en esta última como información de apoyo para combate). También incluye información sobre métodos de ignición y técnicas de quema, planeación y organización para la quema, así como seguridad del personal y seguridad para ayudar a prevenir escapes. Parte de la información proporcionada, también es de interés para combatientes de incendios forestales. Consideramos que esta publicación puede resultar de utilidad a nivel nacional y en otros países latinoamericanos.



ABSTRACT

This manual is a basic one, intended for beginning prescribed burn programs. It can be useful for training in workshops or as a textbook for courses at a bachelor or graduate level that include themes on prescribed burning, integrated fire management, fire ecology, and forest protection, and as a basis for training campesinos about prescribed and controlled burning and integrated fire management. The document contains the history of the model fire management program at the Municipality of Villaflores, Chiapas, Mexico; the fire ecology of the main vegetation types in the municipality and the Biosphere Reserve La Sepultura; physical fitness basics for fire crews; and prescribed burning objectives. It addresses the elements of fire behavior and pertinent research on the following themes: forest fuels models, fuel load, fire behavior (in heading and backing prescribed burns and estimations for wildfires), fuel consumption, CO₂ emissions, and fire severity on trees in tropical vegetation types such as pine forest, oak forest, pine-oak forest, grassland, savanna, and tropical deciduous forest (this last for purposes of firefighting). The publication also includes information on ignition techniques and burning techniques, planning and organizing to burn, firefighter safety, and security to help prevent fire escapes. Part of the information provided should be of interest to firefighters. We consider that this publication may be useful throughout México and to other Latin American countries.



LOS AUTORES



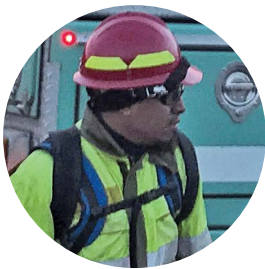
DANTE ARTURO RODRÍGUEZ TREJO (Universidad Autónoma Chapingo)

Dr. en Ciencias (U. de Florida), M. en C. (Col. Pos.), Ing. Agrón. Esp. en Bosques (U. Autónoma Chapingo). Profesor-Investigador de la Dicifo, UACH (desde 1991), investiga e impulsa la ecología del fuego y el manejo integral del fuego desde 1985. Investigador Nacional nivel 2 del Sistema Nacional de Investigadores. Académico de Número de la ANCF. Instructor de cursos y talleres comunitarios a internacionales, ha participado en o dirigido decenas de quemas prescritas. Autor de 200 publicaciones, como el libro “Incendios de Vegetación”, ha investigado el fuego en zonas tropicales, templadas y áridas de México y ha realizado investigación en E. U. A.



PEDRO MARTÍNEZ MUÑOZ (BIOMASA, A. C. y Ayuntamiento de Villaflores)

Experto nacional operativo en manejo del fuego, con 38 años de experiencia. Consultor externo ante diversas instituciones nacionales e internacionales. Ha recibido entrenamiento en México y el extranjero. Integrante del equipo nacional de Manejo de Incidentes de alta complejidad. Instructor de cursos internacionales y nacionales. Inicia el más importante programa municipal en el país hacia 2002, que puede considerarse como modelo para un tránsito real al manejo del fuego. Ha dirigido o participado en decenas de quemas prescritas.



JORGE ALBERTO PULIDO LUNA (Universidad de Lérica)

Ingeniero Forestal (Universidad Autónoma Chapingo). Estudiante del Máster Fuego: Ciencia y Gestión Integral, en la Universidad de Lérica, España. Funcionario en manejo del fuego en Chiapas (Estat) y Coahuila (CONAFOR), entre 2007 y 2013. Consultor en manejo del fuego. Instructor de cursos especializados en Supresión, Sistema de Comando de Incidentes y Comportamiento del Fuego. Ha tomado múltiples cursos nacionales e internacionales. Con experiencia en quemas prescritas extensivas en Estados Unidos. Ha dirigido o participado en decenas de quemas prescritas en México.



PEDRO JERÓNIMO MARTÍNEZ LARA (UNICACH)

Estudiante de Ingeniería en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Consultor Forestal. Ha tomado el curso internacional de protección contra incendios forestales y otros diversos relacionados con el comportamiento del fuego. Con experiencia en inventarios de combustibles forestales y quemas prescritas, coadyuvando en la adaptación de metodologías sobre dichos temas con investigadores de amplia experiencia y trayectoria en manejo del fuego. Brinda capacitación comunitaria en organización, prevención y combate de incendios forestales, entre otros.



JOSÉ DOMINGO CRUZ LÓPEZ (REBISE, CONANP)

Técnico de la Reserva de la Biosfera La Sepultura, CONANP. Ha tomado cursos internacionales de quemas prescritas y de prevención y combate de incendios. Trabaja en contacto con las comunidades rurales, incluyendo capacitaciones diversas, como el manejo del fuego. Ha dirigido o participado en decenas de quemas prescritas. También tiene amplia experiencia en la prevención y el combate de incendios forestales en el sureste de México.



MIEMBROS DE LAS COMUNIDADES RURALES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Las siguientes personas de las comunidades de Villahermosa, Ricardo Flores Magón, Niquidámbar, Melchor Ocampo y California, H. Ayuntamiento de Villaflores, Chis., y Reserva de la Biosfera La Sepultura, fueron capacitadas y participaron conformando las brigadas para recorridos previos, preparación de áreas de quema prescrita, contención y liquidación o medición en el presente proyecto.

AUXILIAR DEL PROYECTO:

Miguel Sánchez Gómez.

APOYO AL COMPONENTE DE INVESTIGACIÓN:

Mirángel Vázquez Gómez (UNICACH), Víctor Samuel López Ramírez (UNICACH), Jorge Antonio Gómez Sarmiento (UNICACH).

APOYO OPERATIVO:

Víctor Hugo Alfaro Gutiérrez (H. Ayuntamiento Municipal de Villaflores), Ing. Javier Castillo Cruz (H. Ayuntamiento Municipal de Villaflores).

MIEMBROS DE LA BRIGADA DE MEDICIÓN:

Víctor Samuel López Ramírez, Gerardo Castro Mandujano, Juan Carlos Castro Mandujano, Arbel Toledo García, Marcos Gómez Velázquez, Daniel Valencia Avendaño, José Alfredo Cruz Hernández, Diego Girón Guzmán, Fredy Corzo Morales, Esgardo Sánchez Cruz y Rubén Vázquez Corzo (Figura A).

BRIGADA DE CONTROL DE INCENDIOS DEL H. AYUNTAMIENTO DE VILLAFLORES:

Zaraín Zímata Vilchiz (qepd), Alembert Molina Hernández, Gregorio Camacho Ruíz, Sein Ruíz Zambrano, Angel López Pérez, Daniel Castro Mandujano, Sebastian Pérez Náfate, José Julián Ruíz Vázquez, Humberto Bilchis Sánchez, Froylán Vilchis Marroquín, Jesús E. Monjarás M.,



FIGURA A. Algunos miembros de la brigada comunitaria de medición que laboraron durante el proyecto de investigación sobre cargas y consumo de combustibles forestales, comportamiento del fuego, emisiones de CO₂ y severidad sobre el arbolado.



Pedro Ovando Álvarez, Rosemberg Gutiérrez Gómez, Marco A. Pérez de la Cruz, Alejandro Hernández Balbuena, José Armando Jiménez, Eliseo Castro Mandujano, Miguel Ángel Toalá Fernández.

BRIGADA COMUNITARIA DEL EJIDO VILLAHERMOSA:

Javier de Jesús Castro López, Rubén de Jesús Mandujano Rivera, Julio Leonel Mandujano Rivera, Sebastián Gómez Girón, Santiago Gómez Girón, Alonso Luna Gómez, Alfonso Gómez Girón.

BRIGADA COMUNITARIA DEL EJIDO RICARDO FLORES MAGÓN:

Francis Cruz Gumeta, Emilio Juan Zárate, Jeremías Morales López, Pedro Morales Corzo y Walter Toledo Zárate.

BRIGADA COMUNITARIA DEL EJIDO CALIFORNIA:

José Luis Saraoz Ramírez, Cornelio Santos Avendaño, Adelaido Sarauz Ocaña, Isel Saraoz Ramírez y Elías Cruz Morales.

BRIGADA DE CONTROL DE INCENDIOS DE LA REBISE:

Juan Toledo Martínez, Lizandro Corzo Toledo, Alejandro Morales Corzo, José Guadalupe Niño Hernández, Edgar González Corzo, Gregorio Camacho Ruíz, Edwar Rafael Cruz Gumeta, Obet Corzo Toledo, Fernando Moreno Vázquez y Elías Gonzalez Toledo.

DUEÑOS DE TERRENOS:

Héctor Carrillo Martínez (Ejido Ricardo Flores Magón), Rubén Mandujano Guzmán (Ejido Villahermosa), Ponciano Castro Ozuna (Ejido Villahermosa), Víctor Santos Gutiérrez (Ejido Melchor Ocampo), Catalino Juan García (Ejido Ricardo Flores Magón) y Andrés Sánchez Sánchez (Ejido California).



PRESENTACIÓN

Al momento de escribir estas líneas, el centro del país está inmerso en aire estancado y muy contaminado debido a los incendios forestales. Diversos estados son afectados por una fuerte temporada de incendios, entre ellos destaca Chiapas. En este último, en el bosque mesófilo de montaña y las selvas, ecosistemas sensibles al fuego, hay incendios forestales. Históricamente, Chiapas sigue posicionado como uno de los estados más afectados por estos fenómenos en el país.

El Programa de Cooperación Técnica Internacional en Materia Forestal (PCTI), que desarrollan el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS por sus siglas en inglés) y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A. C. (FMCN), está orientado a promover el manejo forestal sustentable y la conservación de los recursos naturales en México, en coordinación con organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, expertos consultores nacionales, instituciones académicas y grupos comunitarios. La meta general del programa es fortalecer las instituciones mexicanas en conocimiento técnico y capacidades para proteger, manejar y restaurar los bosques.

Uno de los componentes principales del programa está enfocado a apoyar actividades de capacitación y manejo del fuego que contribuyan a reducir la degradación y la deforestación provocada por regímenes de fuego alterados. Para este propósito define la necesidad de apoyar el trabajo interagencia con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la provisión de capacitación técnica especializada y la colaboración con la red de manejo del fuego en México.

En este contexto, el USFS y el FMCN acordaron apoyar el desarrollo e implementación de Programas de Manejo del Fuego en Áreas Naturales Protegidas (ANP) con el propósito de reducir los impactos negativos del fuego en ecosistemas vulnerables y optimizar los efectos benéficos en los ecosistemas mantenidos



por el fuego; a través de la mejora de la organización, las capacidades, los conocimientos y las técnicas operativas conforme a las necesidades de manejo de las ANP responsabilidad del Gobierno de México.

Con la referencia del Programa de Manejo del Fuego de la Reserva de la Biosfera de la Sepultura de la CONANP y del Programa de Manejo del Fuego del municipio de Villaflores, la organización civil Biodiversidad, Medio Ambiente, Suelo y Agua (BIOMASA, A.C.) y la Universidad Autónoma Chapingo establecieron un acuerdo de trabajo con el FMCN para desarrollar el proyecto “Establecimiento de una Línea Base de Información para Transitar de la Supresión al Manejo del Fuego, en el Municipio de Villaflores y la Reserva de la Biósfera La Sepultura”, el cual fue apoyado con recursos del Fondo de Manejo del Fuego y Restauración del FMCN desde el año de 2105. En este proyecto la Universidad Autónoma Chapingo desarrolló el componente de investigación en acompañamiento a los trabajos de campo coordinados por BIOMASA.

Estos trabajos contribuyen a la implementación de la Línea de acción 2.2. Elaborar e implementar los Programas Regionales de Manejo del Fuego, de la Estrategia 2. Regionalizar la Estrategia de Manejo del Fuego con Acciones Coordinadas de Prevención, Capacitación, Entrenamiento, Manejo del Combustible y Atención a Emergencias, inscritas en el Programa de Manejo del Fuego 2019 de la Gerencia de Manejo del Fuego de la Comisión Nacional Forestal del Gobierno de México.

La publicación del instructivo fue apoyada por PCTI que llevan a cabo el USFS y el FMCN en coordinación con los socios nacionales participantes en la red de colaboración en manejo del fuego en México.

Uno de los resultados de tal conjunción de esfuerzos es el presente instructivo de quemas prescritas para el manejo integral del fuego. Los especialistas en manejo del fuego, operativo, normativo y científico, así como el FMCN, estamos convencidos de que es necesario utilizar el fuego para mejorar el manejo de los ecosistemas en las ANP. Es decir, las quemas prescritas para ayudar a que haya menos incendios forestales no deseados, y a restablecer regímenes de fuego base.

El grupo de instituciones y técnicos que colaboramos con el proyecto, estamos convencidos que la aplicación del fuego debe ser llevada a cabo por especialistas, debe haber esquemas de capacitación y entrenamiento, utilizarse información generada con rigor científico, de tipo local preferentemente, relativa a las condiciones de los factores que gobiernan el comportamiento del fuego (combustibles, topografía y tiempo atmosférico) propias de las regiones. Lo anterior, con la participación



del núcleo que hace uso tradicional del fuego y comparte la problemática sobre incendios forestales: el campesino, ya que en unas regiones de Chiapas hay maestría en el uso empírico del fuego, pero en otras como a lo largo y ancho del territorio nacional, por pobreza y necesidad principalmente, las causas agropecuarias de incendio son las principales, debido a un inadecuado uso del fuego.

La rica biodiversidad Chiapaneca y del municipio de Villaflores y la Reserva La Sepultura, incluye también una pirodiversidad, pues abarca ecosistemas donde el fuego cumple un papel ecológico, como los bosques de pino, encino, pastizales y sabanas. Pero también hay ecosistemas donde el fuego es ajeno y resulta degradador, como en los bosques mesófilos de montaña y las selvas medianas y altas.

El presente instructivo tiene que ver con todo lo mencionado: provee las bases para iniciar programas de quemas prescritas, es una valiosa herramienta de capacitación para diferentes niveles, incluyendo gestores y personal operativo, un material bibliográfico relevante para cursos de licenciatura y posgrado relacionados con el manejo del fuego, con la ecología del fuego y con la protección forestal. Asimismo, la información que contiene puede ser socializada para capacitar elementos de brigadas comunitarias. Todo con un fuerte perfil regional que sin duda contribuirá a la restauración, conservación y protección de la biodiversidad chiapaneca.

En los trabajos de campo para la elaboración de este instructivo, participaron decenas de productores de varias comunidades rurales de la región. Es a ellos a quienes finalmente este proyecto tiene como meta llegar a través de capacitación y apoyos, para contribuir a un manejo integral del fuego, que ayude a reducir tanto incendios no deseados como su aporte al cambio climático global, a que el fuego continúe cumpliendo su función donde la evolución lo ha dictado así y que se siga utilizando juiciosamente, con medida y bases de conocimiento tradicional sólidas, pero sustentadas con conocimiento científico. La participación de los productores ennoblece y enriquece al proyecto, que se conjuntó con el de personal gestor, normativo, operativo, así como con el de investigadores.

Más aún, aunque diseñado para la depresión central de Chiapas, en general el material resulta útil parcialmente para otros estados con vegetación tropical de los mismos tipos que los referidos aquí.

JUAN MANUEL FRAUSTO LEYVA, FMCN



BREVE HISTORIA DEL PROGRAMA MUNICIPAL DE MANEJO DEL FUEGO EN VILLAFLORES

En el municipio de Villaflores, Chiapas, hasta el año 2001, la atención de los incendios forestales tradicionalmente se realizó por medio de la Federación y el Gobierno del Estado, con el acompañamiento del propio H. Ayuntamiento, quien de manera preferente apoyaba solo con recursos logísticos. A partir del año 2002, este municipio inicia con un Programa de Protección Contra Incendios Forestales, cuyas acciones se despachaban desde las oficinas de Protección Civil Municipal; mismo, que se implementa con el objetivo principal de disminuir las superficies afectadas por los incendios forestales, ya que, según las estadísticas de esos tiempos, Villaflores estaba registrado como el municipio más crítico del Estado de Chiapas (con un promedio de afectación anual superior a 7 000 ha de vegetación, período 1995 – 2001). En virtud de lo anterior, se estableció y desarrolló una estrategia de ataque inicial agresivo, considerando principalmente la participación de brigadas municipales y comunitarias, con el apoyo complementario del Gobierno Federal y Gobierno del Estado. Dicho Programa, desde su inicio, ha brindado resultados exitosos, puesto que ha logrado reducir tal afectación del fuego hasta un promedio anual de 650 ha (período 2002 – 2018), privilegiando el componente de control y combate. Por lo anterior, de manera indirecta, otros elementos de manejo del fuego no se atendían como es debido. Tal es el caso del manejo de combustibles forestales, ocasionando que en la mayoría de las superficies cubiertas con vegetación existan fuertes acumulaciones de dichos materiales, pre-disponiendo a que en el futuro haya potencial para la ocurrencia de incendios catastróficos, si no se implementan las medidas pertinentes. De hecho, esto ya se presentó en el año 2019, conjuntado con otros factores.

Cabe mencionar que, como herencia o costumbre ancestral, el fuego ha sido una herramienta de trabajo de mayor importancia en las comunidades rurales del municipio. Este elemento ha economizado el esfuerzo personal y demandado



poco capital y tecnología, aplicándose para remover o consumir la vegetación natural o residuos de cosecha, dando espacio a cultivos de maíz y frijol, principalmente. Aporta el beneficio adicional de incorporar algunos nutrientes al suelo que provienen del material orgánico calcinado. En Villaflores, históricamente esta actividad ha sido la principal causa de ocurrencia de incendios forestales. El deterioro ambiental en el municipio y, de manera particular en la REBISE, está dado principalmente por las actividades agropecuarias y sus prácticas culturales como la roza-tumba-quema, así como la quema de pastizales, que con frecuencia derivan en incendios forestales (SEMARNAP, 1999). En virtud de lo anterior, una de las acciones implementadas para contrarrestar dicha problemática, ha sido la difusión y aplicación de la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA 2007, principalmente brindando conocimiento e información en lo que se refiere a las medidas de seguridad que se deben cumplir previo a la realización de las quemas agropecuarias, entre otras. Para ello, se ha diseñado y desarrollado una estrategia de acercamiento a las comunidades rurales que más queman en el municipio, por medio de visitas domiciliarias, reuniones en asambleas ejidales y asistencia técnica en el terreno, cuyas actividades han estado a cargo de un grupo de técnicos pertenecientes a instituciones como la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la REBISE, el Área Natural Protegida de Recursos Naturales (APRN) La Fraileskana y el propio H. Ayuntamiento. Sin duda, estas acciones, se han visto reflejadas en un incremento de la participación comunitaria en la protección y conservación de sus recursos naturales, logrando los resultados ya descritos en líneas anteriores.

Este Programa, ha tenido vigencia y permanencia, y trascendido siete administraciones municipales, contando siempre con un equipo técnico que atiende sus componentes prioritarios y el establecimiento y operación de un Centro Municipal de Control de Incendios Forestales (CEMIF), mismo que ha servido de modelo para su réplica en otros municipios con alta problemática de ocurrencia de incendios forestales en la entidad. En este Centro de trabajo se impulsan, al menos, 20 acciones relacionadas con el manejo del fuego. Se trata del órgano rector donde las instituciones aliadas del Programa se ponen de acuerdo y se coordinan para atender los asuntos prioritarios relacionados con el impulso a la participación social, el manejo de combustibles (que incluye la ejecución de quemas prescritas y otros métodos), seguimiento a la detección y avisos oportunos sobre la ocurrencia de incendios forestales y agropecuarios, seguimiento a una



estrategia de ataque inicial y seguimiento de una estrategia propia de coordinación interinstitucional. Un aspecto relevante, es la vinculación “intramunicipal” que se ejerce, mediante la cual, en principio, el Programa es respaldado por el C. Presidente Municipal en turno, recibiendo el apoyo y aprobación del Honorable Cabildo. Este último órgano, mediante una primera reunión y la firma de un acta, valida al interior del H. Ayuntamiento todos los componentes del Programa, incluyendo los recursos humanos, materiales y un presupuesto para su operación. De la misma forma, al menos ocho Direcciones de área, del propio Ayuntamiento, también apoyan e interactúan con el equipo técnico asignado al programa; fortalecen el cumplimiento de las metas y objetivos establecidos, brindando servicios logísticos y técnicos complementarios.

En el año 2006, la organización campesina “Unión de Productores de la Sierra Villaflores” (UPROSIVI), se incorpora a la iniciativa municipal de prevención y combate de incendios forestales, mediante un primer proyecto financiado por el FMCN, el cual fue elaborado y gestionado con la asistencia de especialistas que en ese entonces se encontraban asignados al Programa municipal ya referido. Dicha organización, hasta el año 2011, se convierte en el aliado principal de esta iniciativa, atendiendo y desarrollando una estrategia de ataque inicial exitosa, con la participación, conocimientos y experiencia de brigadistas comunitarios locales; a tal grado de posesionarse como una organización modelo en el Estado de Chiapas, por su nivel de compromiso y dedicación a la actividad de incendios forestales. Como consecuencia, en el año 2010, fue acreedora al “Premio a la Conservación” otorgado por la CONANP a nivel nacional. Además del tema del fuego, esta organización también desarrolla proyectos productivos sustentables, relacionados con el aprovechamiento de palma camedor y café de conservación, como alternativas para desalentar o disminuir el uso excesivo del fuego, en las actividades agropecuarias. A partir del año 2007, BIOMASA se involucra de manera permanente como asesor y gestor de proyectos o financiamiento externo, adicional al presupuesto que anualmente el H. Ayuntamiento de Villaflores proporciona al Programa municipal. Otra de las tareas de BIOMASA, es la de realizar los trabajos de mayor especialización, con la asistencia de expertos nacionales de reconocida capacidad. Por tal razón, el manejo del fuego en Villaflores tiene un nivel de desarrollo más avanzado, con respecto al resto de municipios del Estado de Chiapas y, posiblemente, de la República Mexicana. Con la asistencia técnica de BIOMASA y el liderazgo del H. Ayuntamiento de Villaflores, durante



el período 2007 – 2011, se fortalece la estrategia de ataque inicial, teniendo como principales actores las brigadas comunitarias de la UPROSIVI, las propias del H. Ayuntamiento y la REBISE, mediante la operación de un Centro “Comunitario” de Control de Incendios Forestales, establecido en un Campamento de la Reserva de la Biósfera La Sepultura, en la zona Sierra del municipio. Desde este Campamento, se planificaban y orientaban todas las acciones relacionadas con la prevención y combate de incendios forestales, cubriendo la parte de mayor cobertura vegetal. Cabe mencionar que otros organismos, nacionales e internacionales, han influido también en el desarrollo del Programa de Villaflores, resaltando el apoyo casi permanente del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, así como el financiamiento recibido de: Corredor Biológico Mesoamericano, The Nature Conservancy (TNC), el Servicio Forestal de los Estados Unidos de América (USFS), la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID), contando con el apoyo técnico-científico de diversas instituciones académicas, entre otros.

Se puede decir que en el año 2010 es cuando se inicia con los proyectos o procesos de mayor especialización, diferentes a la supresión tradicional, ya que mediante un proyecto externo se comienza con varios trabajos preliminares, como una caracterización y un inventario preliminares de combustibles forestales. Esto considerando que, entre más información se tenga sobre los combustibles, mayor será la probabilidad de entendimiento de su influencia en el manejo del fuego.

En 2014 se inició con la elaboración del Plan de Manejo del Fuego del municipio de Villaflores, con una visión estratégica, mismo que se concluyó en 2015. Es un documento que describe diversas acciones que deben realizarse para cumplir objetivos en el corto y mediano plazos, y que integra tanto el componente clásico de manejo del fuego (prevención, detección, supresión y uso del fuego), como los atributos ecológicos del fuego (componente ecológico) y las necesidades socioeconómicas y culturales de la población en el uso del fuego (componente social). La planificación de este Programa, se sustenta en una metodología de zonas prioritarias, apoyado en el conocimiento especializado que proporcionan los tratamientos analíticos relativos a la obtención de tres mapas o índices, relacionados con el riesgo y peligro de incendios, así como los valores a proteger. Con la metodología anterior, se ha mejorado la orientación de las acciones de manejo del fuego en Villaflores y, al mismo tiempo, se realiza de manera más eficiente la asignación de recursos en las prioridades de protección y conservación.



Ya en los años 2016 hasta el 2018, con financiamiento del Fondo de Manejo del Fuego y Restauración (FOMAFUR) del FMCN, se ha desarrollado un proyecto para la prueba y refinamiento de ocho modelos de combustibles forestales locales (que fueron elaborados de manera preliminar en el 2014), mediante el estudio de combustibles forestales, su consumo y emisiones de CO₂, incluyendo el comportamiento del fuego y sus efectos inmediatos en el arbolado, por medio de quemas prescritas experimentales; de tal forma que los efectos positivos estén determinados mediante investigaciones específicas y se tenga medida de cómo dichas quemas apoyan a reducir tales efectos negativos de los incendios. En estos trabajos, en cada quema experimental, se consideró un inventario de combustibles forestales inicial y residual y, el correspondiente trabajo en laboratorio consistente en secado en horno del material en sus distintos tiempos de retardación, 1, 10, 100 y 1000 horas para la obtención de las cargas (t/ha), así como la obtención de la densidad aparente del material leñoso; en la adaptación de estos modelos, se ha utilizado programas de cómputo existentes para pronosticar el comportamiento del fuego. Esto ha servido para confirmar la generación de nuevos modelos de combustibles, con mayor rigor científico, ajustándolos a las condiciones y datos locales, pero, bajo una observación cuidadosa, aplicando el buen juicio y la experiencia del personal que ha integrado el equipo de trabajo, así como, de las personas que conocen la forma en que se comporta el fuego, en las asociaciones vegetales que ha tomado en cuenta en el presente estudio. Lo anterior, está permitiendo contar con información relevante y más confiable que está ayudando no sólo a predecir el comportamiento del fuego, si no también, poder planificar con mayor certeza la ejecución de quemas prescritas, así como generar conocimiento sobre la severidad del daño y ecología del fuego, relacionada con los ecosistemas estudiados. Además, se cuenta con elementos técnicos para contribuir en la planificación de la supresión de incendios forestales. Entonces, lo que se pretende, es ayudar a facilitar la visión actual del fuego como elemento de perturbación (alteración natural) o disturbio (alteración humana) y poder lograr la transición al manejo del fuego, con sustento científico, técnico y social. Un aspecto relevante de este proceso, es hacer una realidad la transferencia de tecnología y la apropiación de los conocimientos generados en campo de los efectos ecológicos del fuego, pretendiendo incidir en el cambio de paradigma del fuego malo y propiciar una gestión del fuego más adecuada en los ecosistemas de la REBISE en lo específico y, de manera general, del municipio de



Villaflores. Es importante destacar que, durante el desarrollo del proyecto de investigación citado, se ha conformado un equipo técnico y de investigación que incluye la participación de más de 40 personas, entre un investigador, estudiantes de maestría y licenciatura, técnicos especialistas en manejo del fuego y combatientes de instituciones académicas, encabezadas por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), con la participación de UNICACH, UNACH y Universidad de Lérida, España, así como, dependencias gubernamentales y ONG's como BIOMASA y la REBISE, contando con el apoyo complementario del H. Ayuntamiento de Villaflores, de la CONAFOR, la CONANP y SEMAHN del Gobierno del Estado de Chiapas, resaltando el involucramiento de, al menos, cinco comunidades ejidales y una pequeña propiedad.

Un aspecto relevante que el proceso de manejo del fuego toma en cuenta, en el municipio de Villaflores, es que los productores a través del tiempo, principalmente, en los ecosistemas mantenidos por el fuego, han generado conocimientos tradicionales que están proporcionando información muy valiosa, que posiblemente no ha sido descubierta por la generación actual de manejadores del fuego en la zona, ya que dichos conocimientos se han transmitido a lo largo de muchas generaciones. Aprovechando lo anterior, desde el nacimiento del Programa, se ha impulsado el fortalecimiento de capacidades en el municipio, con una doble dirección; es decir, aprovechar el conocimiento tradicional y brindar capacitación y entrenamiento con temas especializados de acuerdo a la currícula que la CONAFOR impulsa a nivel nacional. En este caso, se tiene un registro que indica que en los 17 años de vigencia de esta iniciativa, se han capacitado 315 brigadistas y técnicos comunitarios, así como, 106 técnicos y especialistas en manejo del fuego de diversas instituciones y organizaciones aliadas del Programa municipal, haciendo un total de 421 personas capacitadas en 16 cursos y talleres diferentes. Es importante citar que, en esta estrategia, se cuenta con una Brigada Comunitaria de medición, en proceso de especialización, cuyas capacidades están orientadas a la realización de inventarios de combustibles inicial y residual, medición del tiempo atmosférico y, la evaluación del comportamiento del fuego y sus efectos, en la ejecución de quemas prescritas; y, al menos, existe una comunidad ejidal, debidamente preparada, a la cual, en el corto plazo, se pretende se le transfieran la tecnología y conocimientos generados con los diferentes proyectos realizados.

El Programa de Villaflores, bajo el liderazgo del H. Ayuntamiento, en “tránsito de la supresión hacia acciones más integrales de manejo del fuego”, ha sido



un proceso que es coordinado y apoyado por diversas dependencias gubernamentales de los tres niveles de gobierno, dueños de la tierra, organizaciones locales, nacionales e internacionales, agencias para el desarrollo internacional y la academia. Cuenta con respuestas apropiadas y proactivas al problema de los incendios perjudiciales, con el propósito general de contribuir al establecimiento de políticas, estrategias y mecanismos de planificación diferenciada, que mejoren el desarrollo del manejo del fuego, a nivel local, basado en la participación comunitaria. En este sentido, al menos, 14 instituciones son las que han formado el marco de coordinación interinstitucional, desarrollando una organización que a través del tiempo ha permitido establecer los arreglos institucionales pertinentes, facilitando la colaboración y cumplimiento de compromisos entre las partes, conformando un modelo de trabajo que ha impulsado la planeación, operación, seguimiento y evaluación de las acciones de manejo del fuego, en el municipio y la REBISE.

No está de más mencionar algunos de los impactos positivos o resultados que hasta la fecha se observan con este programa, como los siguientes: **1)** disminución de las superficies afectadas por los incendios perjudiciales de más de 7 000 ha promedio anual del período 1995 – 2001 (cuando no existía el programa municipal) a 650 ha promedio por año desde que existe dicho Programa (CEMIF-Villaflores, 2018), **2)** generación de una nueva estrategia de ataque inicial (en proceso) que considera, al menos, ocho acciones o componentes que están fortaleciendo la participación, experiencia y conocimientos de brigadistas comunitarios locales, **3)** formación de técnicos especialistas y brigadistas comunitarios en temas especializados de manejo del fuego, **4)** avances tecnológicos al contar con información científica y técnica para transitar hacia el manejo del fuego, producto del desarrollo de proyectos de investigación, **5)** generación de empleos para habitantes de las comunidades rurales involucradas, las cuales integran brigadas comunitarias para las quemas prescritas y supresión de incendios forestales, **6)** se cuenta con un Subprograma de Quemias Prescritas, mismo, que servirá como plataforma para impulsar, de manera formal, esta actividad, en el municipio de Villaflores y la REBISE, **7)** se está ganado conocimientos relacionados con la caracterización de combustibles forestales, principalmente, en cuanto a cargas y modelos de combustibles, y **8)** la información sobre emisiones es posible extrapolarla a otros ecosistemas del mismo tipo en el Estado de Chiapas y otras regiones tropicales de México, en lo que se obtienen datos específicos para ellas.



En conclusión, se puede decir que, en Villaflores, durante todo este tiempo, se ha estado construyendo un “modelo piloto”, que puede servir para impulsar la desconcentración o descentralización de recursos y funciones en favor de grupos organizados o Ayuntamientos preparados e interesados en hacerse cargo de la operación de algunos de los componentes que contemplan los Programas de manejo del fuego. Lo anterior, debe considerarse como un aspecto relevante, ya que, al menos en el resto de los municipios de Chiapas, el nivel de organización y compromiso en el tema de incendios, aún sigue siendo incipiente y transitorio, cuya atención está sujeta al interés que las autoridades municipales en turno le dan a la problemática del fuego.



HISTORIA DE LOS INCENDIOS FORESTALES, DEL USO Y MANEJO DEL FUEGO EN CHIAPAS

El registro más antiguo que hasta la fecha se tiene de algún incendio forestal en nuestro país, se halla en el estado de Chiapas, data de 200 millones de años, y corresponde a un fósil de madera quemada que se encuentra en el museo de Paleontología de Chiapas, en Tuxtla Gutiérrez (Rodríguez, 2015) (Figura 1).



FIGURA 1. Fósil de madera quemada hace doscientos millones de años y fosilizada. Museo de Paleontología de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chis.

Cuando el ser humano llegó a lo que hoy es México, hace algunas decenas de miles de años, ya traía consigo la tecnología de producir fuego y sin duda lo aplicaba a la vegetación. Los olmecas y luego los mayas comenzaron a usar el sistema hoy conocido como tumba-roza y quema hace unos 3 000 años.



Desde entonces se ha tenido un uso agrícola del fuego, en la milpa o como parte del sistema agroforestal tumba-roza y quema. En ambos casos para limpiarla, enriquecer con los nutrientes de las cenizas al suelo, ayudar a controlar plagas y enfermedades para el cultivo y reducir la labor de deshierbe.

Después de la Conquista, durante la Colonia, con la introducción de ganado comenzó la quema de pastos para la ganadería. Junto con escapes de quemas agrícolas o del tumba-roza y quema, desde el inicio de la Colonia, hace unos 500 años, ya se tenían las principales causas de incendio que hoy vemos en el estado, y en México, las agropecuarias.

La prevención y combate de incendios modernos, inician formalmente en la década de los 1960 en el estado. Desde entonces, en términos generales se ha dado un gradual fortalecimiento tanto en cantidad como en calidad. En cantidad de personal combatiente, vehículos, torres observatorio, participación de equipo aéreo, etc. En calidad gracias a un progresivo mejor equipamiento personal, capacitación, mayor comunicación con las comunidades rurales, mejor preparación ante emergencias, por ejemplo, vía el Sistema de Comando de Incidentes (SCI) a nivel nacional, que incluye al estado. Las dependencias que principalmente realizan la prevención y combate de incendios forestales en esta entidad federativa, son la CONAFOR, la CONANP y el Gobierno del Estado de Chiapas.

También en Chiapas, el Dr. Ron Myers, de The Nature Conservancy y su equipo, con el apoyo de especialistas del estado y de varias partes del país (investigadores, Organizaciones no Gubernamentales, funcionarios y especialistas en prevención y combate y en conservación del gobierno federal y del estado) hacen talleres y aportes valiosos hacia el manejo integral del fuego en Chiapas y México.

En el caso particular del municipio de Villaflores, desde inicios del presente siglo ha estado trabajando en prevención y combate de incendios forestales. En los últimos años se ha enfocado más al manejo integrado del fuego, esto es la integración de la prevención y combate con el uso ecológico-silvícola del fuego en ecosistemas donde esto se puede hacer, así como el empleo responsable del fuego por las comunidades rurales y su capacitación, con la participación de la investigación científica en el proceso.

Hoy por hoy, Villaflores posiblemente es el municipio más avanzado en manejo integral del fuego de entre todos los municipios del país y la REBISE una reserva pionera en el mismo tema. Como ejemplo, con la participación de BIOMASA, A. C.



y el soporte del FMCN, el municipio atiende prevención y combate de incendios forestales, se realizan quemas prescritas para el programa Redd + (relativo a reducción de emisiones de gases de invernadero), capacita y cuenta con brigadas de comunidades rurales en prevención y combate de incendios forestales y quemas controladas y se realiza investigación, dirigida por la Universidad Autónoma Chapingo, en la que también participan o amablemente apoyan BIOMASA, A. C., la Universidad de Lérida, la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas y la Universidad Autónoma de Chiapas. Tal investigación versa sobre combustibles forestales, quemas prescritas e incendios y sus efectos en el arbolado, reducción de combustibles y emisiones de gases de invernadero. La parte más importante del presente instructivo de quemas prescritas deriva de los resultados, observaciones y experiencias de las quemas prescritas conducidas como parte de dicho proyecto de investigación.

Durante 2016 y 2018, en el municipio se llevaron a cabo 36 quemas prescritas, con fines de investigación (pero que también contribuyen a objetivos como reducción de combustibles forestales y peligro de incendio y producción de forraje para el ganado) y algunas más para el programa Redd + .

Estamos convencidos que una parte importante de cualquier estrategia de manejo del fuego ante el efecto invernadero, debe involucrar quemas prescritas y una mayor participación de las comunidades rurales, así como la de expertos en combate, en conservación e investigadores, entre otros actores. Una de las mayores aspiraciones del presente trabajo, es contribuir a que se siga avanzando hacia un manejo integrado del fuego, en particular en el escenario de más incendios que está marcando el cambio climático global.



EL PAPEL DE LA INVESTIGACIÓN EN EL MANEJO DEL FUEGO

La ciencia explica la naturaleza y ayuda al bienestar del ser humano. Los nuevos descubrimientos en ocasiones generan asombro y son aceptados universalmente. Otras veces, tales descubrimientos rompen con creencias y puntos de vista arraigados y es más difícil aceptarlos, a veces incluso entre diferentes grupos de investigadores. Un ejemplo de controversia en un nuevo conocimiento fue el de John Snow, un famoso médico. A mediados del siglo XIX, hubo un terrible brote de cólera en Soho, Inglaterra. Snow se percató que los primeros casos se concentraban en torno a una fuente de agua, de donde parte de la población se aprovisionaba del líquido. Al principio no le creyeron, pues en ese entonces se pensaba que las enfermedades llegaban a las personas directamente de emanaciones del suelo y otras partes, pero Snow descubrió que las fuentes estaban contaminadas por bacterias a partir de heces y terminó convenciendo a las autoridades que cerraran las fuentes contaminadas, el problema se resolvió y así sentó las bases de la epidemiología.

El fuego es de temer. Con frecuencia las noticias nos hacen saber de trágicos siniestros en países como Grecia, Estados Unidos, Portugal, Australia, Sudáfrica y muchos más. Incluso México tuvo 71 víctimas mortales en la temporada 1998. Muchos incendios son catastróficos y aunque afortunadamente no siempre matan personas, pueden reducir a cenizas y desechos enormes superficies de bosques.

Sin embargo, el fuego ha estado presente en el planeta desde que las plantas colonizaron la superficie terrestre, hace más de cuatrocientos millones de años. Plantas y fauna están adaptadas a su ambiente gracias a la evolución, que permite la adaptación ante temperatura, humedad, suelo y otros factores... como el fuego.

El fuego de origen natural es un proceso ecológico, y en México ha contribuido a moldear la composición, estructura y otros procesos ecológicos en la



mitad de los tipos de vegetación y en la mitad de la superficie con vegetación. A partir de 1950 en Estados Unidos y posteriormente en Canadá, Australia, Sudáfrica y desde los 1980s en México, los científicos han demostrado las funciones del fuego en diversos ecosistemas forestales de esos países y, la alteración que provoca el ser humano, por ejemplo, provocando incendios forestales o bien combatiendo los de origen natural en ecosistemas mantenidos por el fuego. Una herramienta central para devolver el balance de fuego al ecosistema, son las quemas prescritas.

El Profesor Harold Biswell impulsó el estudio de la ecología del fuego y la aplicación de quemas prescritas en California desde las décadas de los años cincuenta y sesenta. Aportación revolucionaria por la que, en esa época, recibió acre crítica de quienes solo conseguían ver la cara negativa del fuego. Labor hoy reconocida como base para el cambio del modelo de solo prevención y combate al uso de quemas prescritas, que inició en California a fines de la década de los años sesenta. Su labor consta en Biswell (1989).

En varios países los investigadores también han contribuido a que las áreas operativas de prevención y combate de incendios forestales vean la cara buena del fuego y la usen, juiciosamente y con toda la preparación y seguridad del caso, para bien de los ecosistemas forestales. Han contribuido a la evolución hacia el manejo del fuego.

El uso del fuego es delicado. Sólo deben hacerlo quienes tienen experiencia y conocimientos. Implica capacitación y contar con una base de investigación para ayudar a determinar qué comportamiento del fuego conviene tener, de modo que apoye la seguridad y contribuya a predecir los efectos potenciales en diferentes componentes del ecosistema, para alcanzar de manera eficaz y segura los objetivos por los que se hacen la quema prescrita o la quema controlada.

A reserva de la experiencia y conocimiento empírico que muchas personas de diversas comunidades tienen, es necesario apoyarlas con capacitación, tanto para el combate de incendios forestales, como para la ejecución de quemas controladas. Pero la más eficiente capacitación es la que involucra las condiciones locales. De ahí la valía del presente instructivo que, si bien está redactado para técnicos, funcionarios forestales, de la conservación, de manejo del fuego, prestadores de servicios técnicos forestales, investigadores, profesores y estudiantes, su información se puede socializar para apoyar la capacitación de brigadas comunitarias y señores campesinos. No obstante, la socialización de la información también



puede estar encaminada a otros sectores, como políticos, medios de comunicación o público en general.

De ahí que desde 2016, el componente de investigación fue incorporado al proyecto municipal de manejo integral del fuego de Villaflores, así como de la Reserva de la Biosfera la Sepultura. Se diseñó una metodología con el propósito de medir combustibles forestales, combustibles residuales y comportamiento del fuego en los mismos sitios de muestreo para poder relacionar la información que cada componente arroja. También se hicieron estimaciones de emisiones de CO₂ y se midió la severidad del fuego sobre el arbolado. Los resultados son los que se exponen en el presente trabajo.

Dicha tarea involucró la participación de una gran cantidad de miembros de varias comunidades rurales. Fueron capacitados y se aprovechó su experiencia en combate para realizar quemas prescritas, y para llevar a cabo muchas de las mediciones involucradas, siempre previa capacitación, y con la supervisión y la participación de los autores del presente documento.

Este instructivo es el primero en su naturaleza en México, recoge la experiencia en el municipio, el estado y varios estados del país por la experiencia de los autores y las comunidades participantes, pero sobre todo la experiencia ganada durante la conducción de 36 quemas prescritas en seis tipos de vegetación en el municipio. Además, integra información nacional e internacional clásica, pero en el contexto anterior. Los resultados de combustibles, comportamiento del fuego y emisiones, se basan en la investigación (con artículos publicados en revistas científicas), realizada como parte del proyecto de manejo del fuego en Villaflores por los autores. Desde luego, no se debe perder la humildad ante la complejidad ecológica de los ecosistemas, el voluble fuego ni ante los efectos de este último. Por ello enfatizamos que las bases de investigación obedecen al interés en desarrollar con la máxima objetividad y profesionalismo el proyecto.



INTRODUCCIÓN

El fuego ha sido un factor ecológico desde su aparición en el planeta hace más de 400 millones de años (Scott *et al.*, 2014). Por tal razón no es de extrañar que en diversos tipos de vegetación, flora y fauna muestren adaptaciones al fuego.

En México, siguiendo la clasificación de Miranda y Hernández Xolocotzi (2014) de tipos de vegetación, aproximadamente la mitad de ellos están dominados por especies adaptadas al fuego, y la otra mitad por especies sensibles a los incendios. En términos de superficie con vegetación, la relación es similar, aproximadamente 40 y 40% (Rodríguez, 2014). Es fundamentalmente en tipos de vegetación mantenidos por el fuego donde se deben llevar a cabo las quemas prescritas.

El ser humano empezó a utilizar el fuego en fogatas hace más de un millón de años. Se piensa que lo comenzó a emplear extensivamente sobre la vegetación, en algunas partes del planeta, hace ya un par de cientos de miles de años.

En la actualidad, una herramienta crucial para el manejo integrado del fuego, son las quemas prescritas. Antes del presente siglo, estas prácticas solamente las hacían profesionales de prevención y combate de incendios e investigadores. A partir de los años 2000, poco a poco, su ejecución ha ido ganando terreno en el ámbito de la conservación. Todavía no se hace un extensivo uso de estas prácticas; sin embargo, gradualmente se van reconociendo sus beneficios.

A más de reducir la incidencia de incendios forestales no deseados, con los consecuentes ahorros en riesgos, tiempo, dinero y esfuerzo, las quemas prescritas permiten alcanzar diversos objetivos en la gestión de la tierra y conservación de ecosistemas. Las quemas prescritas también reducen los efectos negativos de los incendios forestales, como: emisión de gases de efecto invernadero, erosión, mortalidad de árboles y fauna, entre otros beneficios. En respuesta a la alza que va teniendo la práctica mencionada, el presente instructivo, si bien está orientado al municipio de Villaflores y a la REBISE, puede resultar de utilidad para cualquiera que desee realizar quemas prescritas en otras zonas, pero la mayor utilidad será para los tipos de vegetación tropical considerados en Chiapas.

El proyecto sobre manejo integral del fuego, del cual se deriva esta publicación, fue visualizado para ocho tipos de vegetación. Sin embargo, son cinco tipos de vegetación donde el fuego tiene un papel ecológico más claro (bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de encino, pastizal y sabana) y uno más que el fuego mantiene en estado de alteración (influenciada por el fuego),



la selva baja caducifolia (en etapas sucesionales previas). Para este último no se endosa el uso del fuego, pero sí se incluye la información obtenida, puede ser un apoyo en las actividades de combate. Los dos tipos de vegetación restantes, la selva mediana y el bosque mesófilo de montaña, están siendo investigados por los autores y sus resultados irán más enfocados a comportamiento del fuego como apoyo al combatiente.

OBJETIVOS

Los objetivos del presente instructivo, son proporcionar fundamentos de ecología del fuego, objetivos de quemas prescritas, información de combustibles, tiempo atmosférico, topografía y su efecto en el comportamiento del fuego, así como técnicas de quema, organización y seguridad para la ejecución eficiente y segura de quemas prescritas y quemas controladas.

Proveer información básica sobre comportamiento del fuego que apoye prácticas de prevención y combate de incendios forestales.

Servir de base para el manejo integral del fuego, a la conservación de la composición, estructura y procesos de los ecosistemas forestales, a mantener ecosistemas saludables y resilientes, a apoyar los modos de vida de la gente del campo con un uso del fuego moderado y juicioso, al uso del fuego con objetivos ecológico-silvícolas, y a reducir riesgo y peligro de incendio forestal, así como contribuir a la reducción de emisiones, incluidas las que aportan al cambio climático global.

¿QUÉ ESPERAR DEL PRESENTE INSTRUCTIVO?

El instructivo va dirigido al profesional del manejo del fuego y funcionarios (del gobierno federal, estatal o municipal y sistema nacional de áreas naturales protegidas), al profesor, al investigador y al estudiante, al capacitando, a organizaciones civiles, quienes hallarán una guía o información para seis tipos de vegetación tropical (bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de encino, pastizal, sabana y selva baja caducifolia —en este último como apoyo al combate—), sobre:

- Cómo hacer una quema prescrita que no afecte o afecte mínimamente al arbolado.
- En qué condiciones de tiempo atmosférico, topográficas y de combustibles forestales quemar.



- Comportamiento del fuego, a favor y en contra de viento y pendiente en diferentes condiciones topográficas y de tiempo atmosférico.
- Cargas de combustibles forestales y su consumo en diferentes condiciones.
- Estimaciones de emisiones de CO₂.
- Severidad sobre el arbolado.
- Ecología del fuego.
- Participación comunitaria en el proyecto y para el manejo integral del fuego.
- Organización.
- Seguridad.
- Métodos de ignición y técnicas de quema prescrita.
- La historia y el modelo de manejo del fuego municipal y comunitaria en el municipio de Villaflores.
- Información de utilidad para cursos de capacitación sobre: quemas prescritas, prevención y combate de incendios forestales, comportamiento del fuego y manejo integral del fuego, entre otros.
- También representa la información de base para socializarla en manuales o cursos orientados a señores campesinos.

Sin embargo, se trata de un instructivo básico, diseñado para quienes se inician en la elaboración y ejecución de programas de quemas prescritas, así como para iniciar programas de tal naturaleza.

METODOLOGÍA

El desarrollo del presente instructivo se fundamentó en investigación experimental, pero también se hizo bibliográfica y se vertieron las experiencias previas de los autores y las experiencias ganadas durante el desarrollo del presente proyecto, a lo largo de tres años. A continuación se describe la metodología para el componente de investigación.

Selección de áreas

En el mes de febrero de 2016 y de 2018 se llevaron a cabo recorridos en varias comunidades del municipio de Villaflores y la REBISE, por parte del personal de BIOMASA, A. C. y la Universidad Autónoma Chapingo, con el propósito de establecer los sitios más adecuados para muestrear los modelos de combustibles forestales,

y para la ejecución de las quemas prescritas experimentales. Finalmente, en el ejido Ricardo Flores Magón se decidió desarrollar los modelos de combustibles forestales para bosque de pino-encino y para sabana. En el ejido Villahermosa, se optó trabajar los modelos de pinar y de encinar, en el ejido Melchor Ocampo se desarrolló el modelo para selva baja y en el ejido California el pastizal.

Capacitación de brigadas

En febrero y marzo de 2016 y de 2018 se llevó a cabo la capacitación de la brigada comunitaria de medición en la sala de juntas de la Presidencia Municipal de Villaflores, y en las oficinas de la REBISE en el ejido California, Mpio. Villaflores, Chiapas. Los miembros de la brigada fueron principalmente de las comunidades de Villahermosa y Los Ángeles. La capacitación fue proporcionada por la Universidad Autónoma Chapingo, la Universidad de Lérica, la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, la REBISE y por BIOMASA, A. C. (Figuras 2 y 3).

Los temas incluyeron: uso de instrumental para tomar variables del sitio (clinómetro, brújula, GPS). También se abordaron materiales y unidades de muestreo para medición de combustibles forestales iniciales, residuales a quemas prescritas y para cosecha y secado; así como medición de combustibles forestales (hojarasca, capa de fermentación, zacates, herbáceas dicotiledóneas, arbustos, renuevo y combustibles leñosos). Además, se incluyó capacitación en uso de instrumental, materiales y unidades de muestreo para medición de comportamiento del fuego. Finalmente, se tocaron aspectos sobre materiales y unidades de muestreo para la medición de severidad del fuego en arbolado. Por otra parte, se abordaron aspectos de seguridad y de coordinación con la brigada de quemas prescritas.

FIGURA 2. A) Capacitación en aula (Sala de Juntas del Ayuntamiento de Villaflores, Chis.) y B) en campo (Mpio. de Villaflores, Chis.).



FIGURA 3. Instrumental de medición durante la capacitación.





Estimación de cargas de combustibles

El proyecto requirió de tres tipos de estimaciones de cargas de combustibles forestales: una inicial, una residual a las quemas prescritas, y otra para estimar la propia carga de combustibles forestales mediante cosecha, secado y pesado.

Para ello fueron establecidos conglomerados triangulares de muestreo. En cada lado del triángulo se midieron los combustibles forestales por su tipo, según se muestra en el Cuadro 1 y la Figura 4. Cada lado del triángulo equilátero quedó formado por la línea de 12 m para medir combustibles leñosos con tiempo de retardo de 1 000 h e involucró 28 unidades de muestreo diferentes. En cada triángulo se obtuvieron 84 unidades de muestreo. Se emplearon seis triángulos por modelo de combustible, esto es, 504 unidades de muestreo por modelo de combustible, iguales a 3 024 unidades de muestreo para combustibles entre los seis modelos de combustibles estudiados.

CUADRO 1. Unidades de muestreo usadas por tipo de combustible y su ubicación.

Unidad de muestreo	Combustible medido
Línea de 2 m	Materiales leñosos con 1 h TR
Línea de 2 m	Materiales leñosos con 10 h TR
Línea de 4 m	Materiales leñosos con 100 h TR
Línea de 12 m	Materiales leñosos firmes, 1000 h TR
Línea de 12 m	Materiales leñosos podridos, 1000 h TR
Cuadro de 0.3 X 0.3 m	Hojarasca
Cuadro de 0.3 X 0.3 m	Capa de fermentación
Cuadro de 1 X 1 m	Zacates
Cuadro de 1 X 1 m	Herbáceas dicotiledóneas
Cuadro de 1 X 1 m	Arbustos
Cuadro de 1 X 1 m	Renuevo

TR= tiempo de retardo

En los sitios de muestreo de cosecha se midió la cobertura y cuatro profundidades de la hojarasca y la capa de fermentación, así como la cobertura y cuatro alturas para cada uno de: zacates, herbáceas dicotiledóneas, arbustos y renuevo de árboles (< 2 m de altura). Después de la medición, cada uno de estos componentes fue cosechado, puesto en bolsas de papel estraza y etiquetado. Estos materiales fueron trasladados a un laboratorio de la Facultad de Agronomía,

campus V de la UNACH, en Villaflores, para su secado en horno a 70 °C, hasta obtener peso constante. La relación entre el volumen producto de la medición en campo (cobertura por altura o profundidad medias) y el peso seco, permitió estimar la carga de cada componente, excepto materiales leñosos, en los sitios de medición previa y posterior a las quemas prescritas.

Los materiales leñosos fueron estimados conforme al método de Brown (1974), fundamentado en Van Wagner (1968) y también referido por Flores *et al.* (2008) y Morfín *et al.* (2012), el método de intersecciones planares. Para ello se registró el número de intersecciones de los materiales leñosos, clasificándolos en pino y encino (para bosques de pino, encino o pino-encino), con el propósito de aplicar los modelos referidos en tales fuentes, conforme a su tiempo de retardo. Tales modelos incluyen la densidad básica de la madera, la cual fue obtenida a partir del muestreo de secciones cilíndricas de materiales leñosos, del orden de 10 a 15 cm de longitud, de cada tiempo de retardo y género de árboles (*Pinus oocarpa* y *Quercus spp.*) y de otros géneros en los demás tipos de vegetación. A estas partículas leñosas les fueron medidas su longitud y dos diámetros en los extremos y parte media, para obtener su volumen antes de ponerlas a secar. Dividiendo el peso seco obtenido entre el volumen determinado, se calculó la densidad básica de estos materiales leñosos, valor utilizado en los modelos para estimar la carga de este tipo de combustibles (Figuras 5A a 5C).

FIGURA 4. Conglomerado de muestreo para combustibles forestales. Se ha detallado el sitio 1, el de la base, pero los sitios 2 y 3 (los lados del triángulo siguiendo las manecillas del reloj) tienen los mismos componentes.

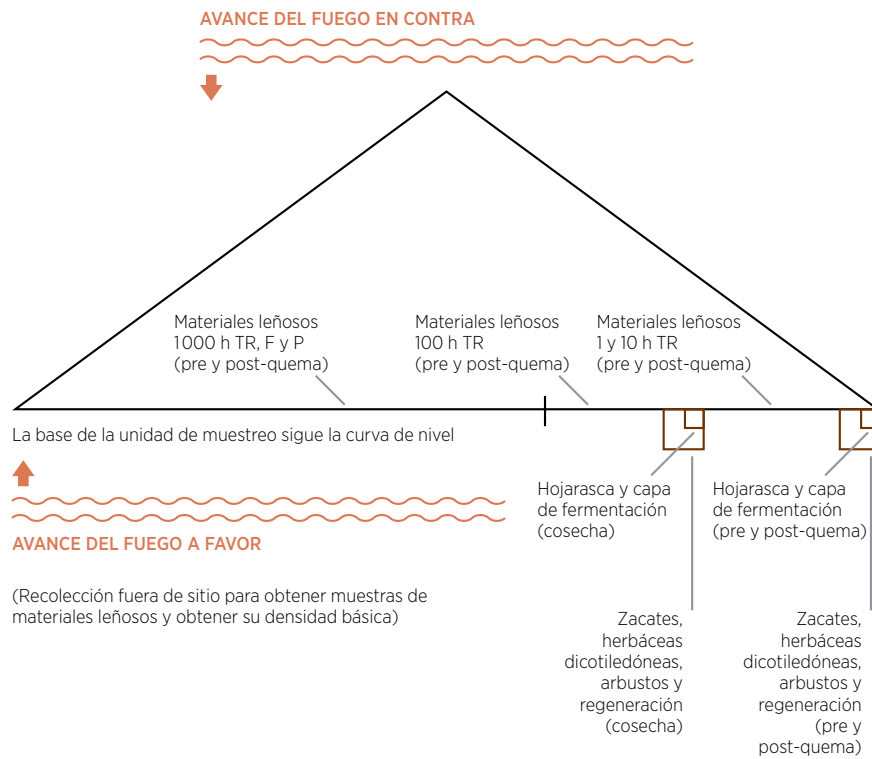




FIGURA 5. A) Medición inicial de combustibles. B) y C) Medición de combustibles residuales. D) y E) Medición de arbolado en áreas incendiadas meses antes.

FIGURA 6. A) Medición de arbolado y severidad, bosque de pino.
B) Instalación de estadales para medición de comportamiento del fuego en sabana.



Estimación del comportamiento del fuego y medición del tiempo atmosférico

La ejecución de las quemas prescritas estuvo a cargo de dos brigadas pertenecientes al H. Ayuntamiento de Villaflores, una más de la Reserva de La Biosfera La Sepultura y tres brigadas comunitarias, con elementos de las comunidades de Villahermosa, Ricardo Flores Magón y California, bajo la dirección de BIOMASA, A. C., la Reserva de la Biosfera La Sepultura y la UACH. Un total de 13 elementos conformaron el equipo de medición, que se dividió en tres brigadas, tanto para la medición de combustibles forestales, como para la medición de comportamiento y severidad del fuego. Tal labor fue coordinada por la UACH, con apoyo de la UDL, UNICACH y BIOMASA, A. C.

El comportamiento del fuego está gobernado por el complejo de combustibles, topografía y tiempo atmosférico. La medición y caracterización de la primera de estas tres variables se especificó en el subtítulo anterior. Por lo que toca a topografía, fue considerada la exposición y la pendiente del terreno donde se condujeron las quemas prescritas. La pendiente fue medida con clinómetro. Las variables de tiempo atmosférico fueron registradas durante cada observación de



comportamiento del fuego (estas últimas se explican en el siguiente párrafo). Del tiempo atmosférico se midió: dirección y velocidad del viento (con brújula y anemómetro de bolsillo), temperatura de bulbo seco, de bulbo húmedo y humedad relativa (con psicrómetro de bolsillo y regla de cálculo). Este instrumental como parte de un estuche (kit) meteorológico portátil. Se obtuvieron 90 mediciones de diferentes variables de tiempo atmosférico por modelo de combustibles, es decir, 540 mediciones en los seis de ellos (Figura 8A).

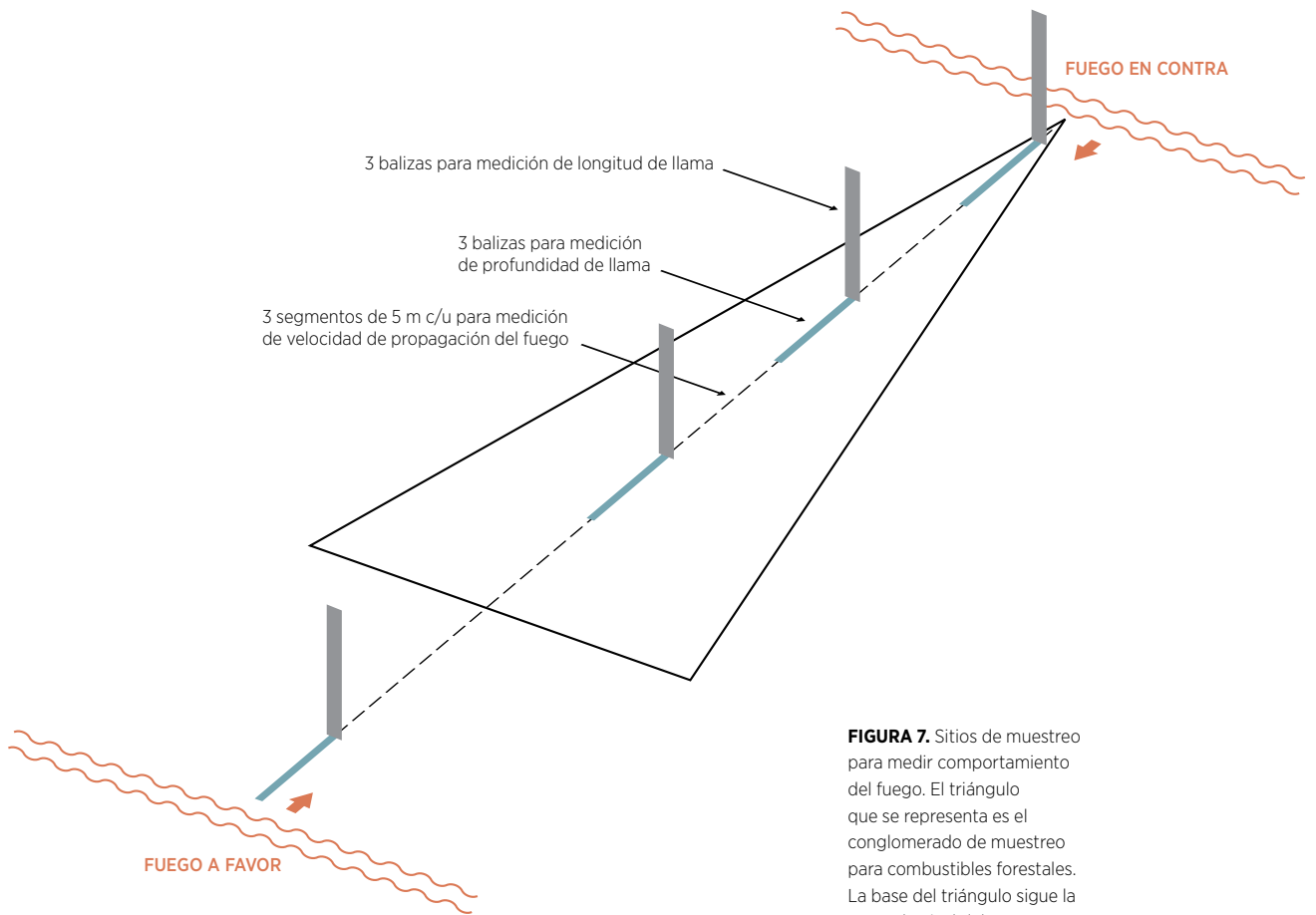


FIGURA 7. Sitios de muestreo para medir comportamiento del fuego. El triángulo que se representa es el conglomerado de muestreo para combustibles forestales. La base del triángulo sigue la curva de nivel del terreno.



Se realizaron 36 quemas prescritas: 18 en contra de viento y pendiente (en todos los tipos de vegetación estudiados), 15 en fajas a favor de viento y pendiente (bosques de pino, encino, pino-encino, selva baja y pastizal) y 3 a favor de viento y pendiente (sabana). Las fajas a favor en los sitios de observación de comportamiento del fuego se hicieron de tal manera que el fuego corriera ininterrumpidamente los 15 m de los tres trayectos de observación de 5 m.

Del comportamiento del fuego se midió la longitud de llama y la velocidad de propagación. En algunos modelos se registró la profundidad de llama. En cada triángulo de muestreo de combustibles forestales, se insertaron tres sitios de muestreo para comportamiento del fuego, cada uno con tres distintas observaciones, o 9 por triángulo. En cada modelo de combustibles fueron obtenidas 54 observaciones sobre comportamiento del fuego, es decir, 324 para los seis modelos analizados. Para medir la primera variable se usaron balizas de 2 m o de 1.2 m, según la longitud de llama esperada, con marcas cada 0.2 m. La longitud de llama se midió cuando esta última pasaba junto a cada una de las tres balizas. Las balizas estaban separadas 5 m y el tiempo que tardó el fuego en recorrer cada uno de los tres tramos con esa longitud, fue convertido en velocidad de propagación. La profundidad de llama se midió con una baliza de 1 m (Figuras 6B, 7, 8B y 8C).

Emisiones de CO₂

Para estimar las emisiones (E) se usó el siguiente modelo (IPCC, 2001):

$$E = A C F E$$

Donde: A = área (los cálculos fueron referidos a 1 ha), C = carga de combustibles (t/ha), F = factor de consumo (tanto por uno), y E = factor de emisión de CO₂ (t CO₂/t combustible).

Se tomó como factor de emisión 1.703 t CO₂ / t combustible, referido por varios autores, citados por Urbanski (2014) para quemas prescritas en bosques de pino del sureste de Estados Unidos, los cuales son subtropicales. Dado que en el presente proyecto se trabaja en áreas que incluyen pinos tropicales, se eligió tal factor.

En cada modelo de combustibles forestales, los sitios experimentales con quemas en contra y a favor no tuvieron la misma carga promedio, aunque sí mostraron valores semejantes. La emisión de CO₂ se estimó a partir de las cargas



promedio (iniciales y residuales) para todo tipo de quema. Es decir, el factor de consumo resultante para cada tipo de quema se aplicó a la carga promedio general de cada modelo. El factor de consumo (F) se calculó con el modelo:

$$F = (Ci - Cr) / Ci$$

Donde: **Ci** = carga inicial y **Cr** = carga residual post-quema.

Severidad del fuego

Se ubicó un sitio de 1 000 m², concéntrico con el centro de la parcela triangular, para la medición del arbolado adulto. Ahí se identificó, se determinó si estaba vivo o muerto, y se le midieron variables dasométricas y de severidad del fuego. De las primeras se registró altura, diámetro normal, diámetro a la base y altura a la copa viva. De las segundas, el porcentaje de chamuscado de copa y la altura de la cicatriz del fuego sobre el tronco. Las alturas se midieron con el uso de clinómetro o de estadales, y los diámetros con cinta diamétrica (Figura 6A).



FIGURA 8. A) Medición del tiempo atmosférico.
B) Brigada de medición de comportamiento del fuego en plena observación.
C) Quema en contra, con el fuego acercándose a una baliza de medición.



ECOLOGÍA DEL FUEGO EN LA REGIÓN

La **ecología del fuego** es la ciencia que estudia las relaciones de los seres vivos con su ambiente biótico y abiótico, bajo la influencia del factor fuego (Rodríguez, 2014).

Adaptaciones al fuego

Ante la recurrente presencia de agentes naturales causales de incendios en muchas regiones del planeta a lo largo de su historia geológica, como rayos y actividad volcánica principalmente, las especies, en continua evolución, también desarrollaron adaptaciones al fuego. Tales adaptaciones son diversas y sirven principalmente para sobrevivir al paso del fuego, para recuperarse del daño o para recolonizar áreas recientemente incendiadas.

Una **adaptación al fuego** es un mecanismo morfológico o una respuesta fisiológica o fenológica, que permite a la planta sobrevivir al paso de las llamas, recuperarse del daño o recolonizar un sitio incendiado.

Como parte de las adaptaciones al fuego, están la resistencia y la tolerancia. La **resistencia al fuego** son las características morfológicas de la planta que le dan mayor probabilidad de supervivencia ante los incendios forestales. El ejemplo clásico es la corteza gruesa, como en pinos y encinos, que facilita su supervivencia, en particular luego de incendios de bajas a moderadas intensidad y severidad.

Por su parte, la **tolerancia al fuego** es la capacidad que tienen las plantas para recuperar biomasa aérea luego del daño infligido por el fuego. La rebrotación de los pastos, la rebrotación de los encinos o la de *Pinus oocarpa*, así como la de las plantas del tular, representan este mecanismo.

A continuación se refieren algunos ejemplos de adaptaciones al fuego de especies dominantes o comunes en el Mpio. de Villaflores y la REBISE.

El ocote, *Pinus oocarpa*, es el pino tropical más común en México y Chiapas. Su vida puede iniciar en localidades incendiadas o quemadas de forma prescrita, que constituyen una excelente cama para su regeneración. El fuego elimina temporalmente zacates y juncia (hojarasca o acículas secas sobre el piso), de forma tal que la semilla puede tener contacto con el suelo mineral. Entonces germina y se establecen las plántulas, que requieren un ambiente soleado. Su crecimiento y lignificación las convierten en brinzales al cabo de uno o dos años. Si un fuego ocurre entonces, los mata. Necesitan alcanzar unos 2 – 3 m de altura para



sobrevivir a los incendios, que si bien matarán la parte aérea de los arbolitos, muchos podrán rebrotar de la base.



FIGURA 9. Adaptaciones al fuego en el ocote, *Pinus oocarpa*. A) Su gruesa corteza protege de las altas temperaturas del fuego al cambium vascular. B) Tiene la capacidad de emitir rebrotes en la base luego de que su parte aérea es afectada por las llamas. C) Tales rebrotes compiten entre sí, pero en cualquier bosque con esta especie es fácil hallar adultos con dos o tres troncos producto de esa vieja rebrotación. D) Los rebrotes epicórmicos se emiten gracias a las yemas que tiene este árbol sobre su tronco. E) Pero sus conos también liberan semilla sobre áreas quemadas. Ésta entra en contacto con el suelo mineral, germina y se establece la plántula, gracias a que el fuego elimina temporalmente zacates. Las cenizas son nutrientes para los nuevos arbolitos.





Después de que alcanzan 3 m de altura, la corteza ya provee más protección al cambium vascular, y continúa engrosándose conforme el árbol crece. La corteza aísla el cambium vascular de temperaturas letales y así lo protege. Incendios más intensos pueden afectar parte de la copa de estos pinos. Muchos de ellos se recuperarán mediante rebrotación en la base del tronco, en la base de verticilos y recuperando su follaje. En la base de las copas el fuego puede matar las yemas y esas ramas no tendrán rebrotación de follaje. En cambio, yemas de ramas más altas pueden sobrevivir y así el árbol recuperará el follaje en esas partes. Si el cambium muere alrededor del tronco en cualquier parte, el tronco muere, pero todavía puede rebrotar a partir de yemas en su base. Conforme crece el árbol el mayor grosor de corteza le dará más protección al cambium vascular contra el fuego. Como otros pinos mexicanos y norteamericanos, si *P. oocarpa* pierde más de dos tercios de su copa por quema o deshidratación, tendrá pocas expectativas de sobrevivir. Cuando los conos liberan semilla sobre sitios afectados por el fuego, se obtiene regeneración de los pinos y se repite el ciclo (Figura 9, Cuadro 2).

CUADRO 2. Especies selectas de varios tipos de vegetación de la región, con sus principales adaptaciones al fuego.

Tipo de vegetación y especie	Corteza gruesa	Regeneración en áreas incendiadas	Rebrotación en la base	Recupera copa afectada
Bosque de pino				
<i>Pinus oocarpa</i> *	•	•	•	•
Bosque de encino				
Encinos (<i>Quercus skinneri</i> , <i>Q. rugosa</i> , <i>Q. spp.</i>)	•	•	•	•
Sabana				
Nanche, <i>Byrsonima crassifolia</i>	•	(eliminación de la latencia mecánica de la semilla)	•	•
Zacates (ej. La exótica <i>Hyparrhenia rufa</i> —pasto jaragua—)		•	•	
Selva baja (alterada)				
<i>Acacia milleriana</i> (quebracho o cuaulote)		(eliminación de la latencia física de la semilla)	(también rebrota de rizomas)	
<i>Bauhinia unguolata</i> (pie de venado)	•	•	•	

*En vivero se ha observado lignotubérculo en esta especie, órgano que puede generar rebrotación basal del tronco.



Hay diversas especies de encinos en el municipio y Chiapas. Las especies que se asocian a los pinos o que forman masas puras de encinar, están adaptadas al fuego (entre otras, *Quercus skinneri*, *Q. peduncularis*, *Q. rugosa* y *Q. magnoliifolia*). Generalmente no así las que se hallan formando bosques mesófilos de montaña (bosques nublados), como *Quercus insignis*.

Los encinos también pueden regenerarse bien sobre localidades quemadas. Sin embargo, a diferencia de los pinos que necesitan luz solar directa, los encinos necesitan algo de sombra para que las semillas en germinación y las plántulas no se deshidraten. Ya lignificados, a lo largo de su desarrollo y cuando adultos, los encinos afectados por el fuego pueden rebrotar, de la base o recuperar ramas y follaje. A partir de los 3 m de altura su corteza ya es más notoria y puede protegerles de incendios poco intensos. Conforme crecen lo encinos, su corteza engrosa y protege más y más al cambium vascular (Figura 10A, Cuadro 2).

El nanche, *Byrsonima crassifolia*, es una especie que puede ser vista en vegetación secundaria de selvas, pero especialmente en sabanas. También se pueden hallar algunos individuos en bosques de pino o de encino. La capa más interna de su fruto es leñosa, se le denomina pireno. El pireno es duro y no permite la germinación de las 1 a 3 semillas que contiene hasta que algo lo debilite. Ese algo generalmente es el fuego en sabanas. Por tal razón, si una selva es degradada por incendios y convertida en sabana, entre los pocos árboles que quedarán estarán los nanches. De jóvenes a adultos pueden rebrotar en la base y recuperar ramas y follaje si son consumidos parcialmente o en toda su parte aérea. La corteza engrosa y protege más y más al cambium vascular conforme los árboles de esta especie crecen. Proporcionalmente, es decir con respecto a los diámetros que alcanza, la corteza del nanche es más gruesa que la de pinos o encinos (Figuras 10 B y C, Cuadro 2).

Muchos pastos, típicos del pastizal y la sabana, se recuperan de la pérdida de la parte aérea por fuego mediante rebrotes a partir de rizomas, por ejemplo. Asimismo, se estimula su floración. El peligro de incendio en un pastizal quemado el año anterior es menor que en otro que no se ha quemado en varios años. Esto no solamente por la menor biomasa total, también porque los pastizales viejos tienen más materia orgánica muerta que los jóvenes. Por ello un pastizal viejo arde con más intensidad, además de que puede tener una mayor altura. El pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*), un pasto exótico elegido para el presente proyecto, no es la excepción. Asimismo, tiene una importante altura, una media del orden de 2 m, con algunos individuos alcanzando hasta 3 m.

El gran botánico Faustino Miranda (1952), en su obra *La Vegetación de Chiapas*, escribió que la composición de las selvas bajas de la región central de Chiapas es producto de siglos de actividad ganadera y de incendios. No estaba equivocado. Rodríguez *et al.* (2019) hallaron en una selva baja incendiada un año antes en la comunidad Melchor Ocampo, Villaflores, Chis., que producto de tales actividades se eliminó a las especies sensibles al fuego y quedan las resistentes y tolerantes. Por ello el incendio, después del cual se evaluó al arbolado, prácticamente no causó mortalidad, debido a que la mayoría de los árboles presentes muestran una o varias adaptaciones al fuego. Un ejemplo de tales especies es el siguiente:

El pie de venado, *Bauhinia unguolata*, es una leguminosa con latencia física en su semilla, que representa una protección ante el fuego. Por ello en áreas incendiadas se presenta alguna regeneración de esta especie (Figura 10D). Estos árboles tienen una corteza gruesa que protege al cambium vascular de temperaturas letales y también se observó que el pie de venado puede emitir rebrotes después de ser afectado por el fuego. Es una de las especies más adaptadas al fuego en las selvas bajas estudiadas.

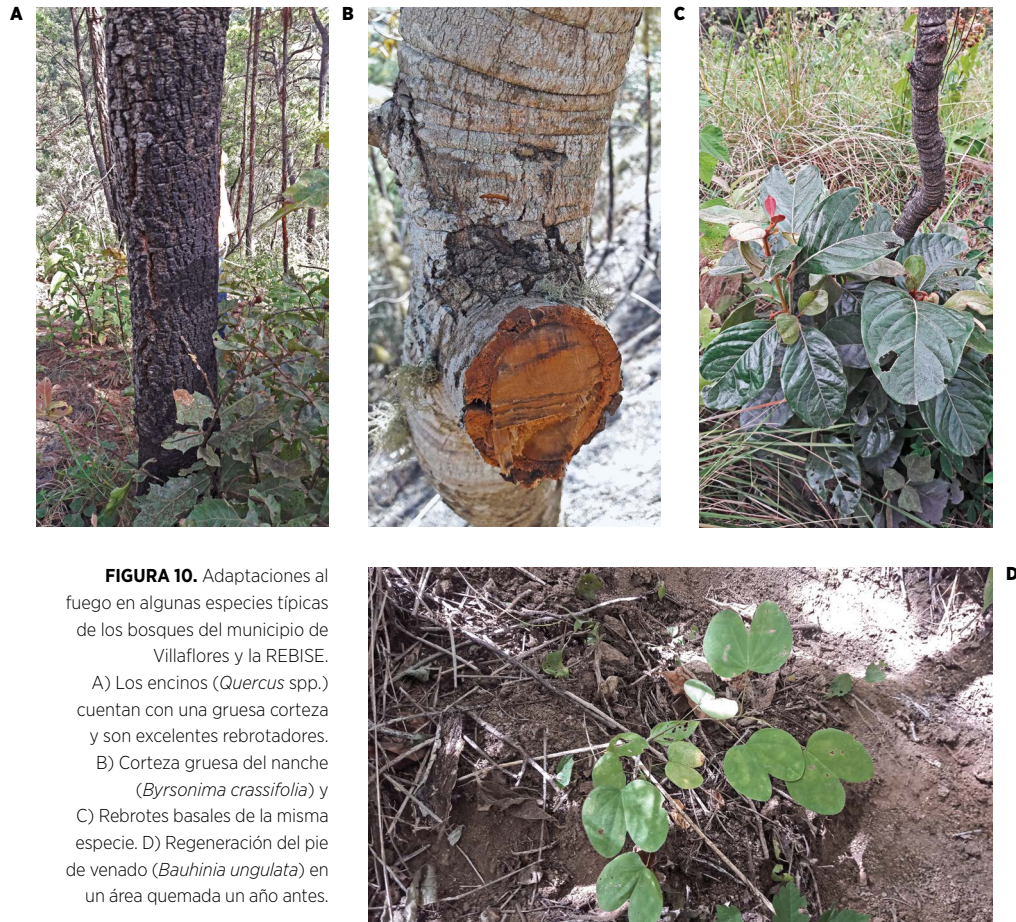


FIGURA 10. Adaptaciones al fuego en algunas especies típicas de los bosques del municipio de Villaflores y la REBISE.
 A) Los encinos (*Quercus* spp.) cuentan con una gruesa corteza y son excelentes rebrotadores.
 B) Corteza gruesa del nanche (*Byrsonima crassifolia*) y
 C) Rebrotos basales de la misma especie. D) Regeneración del pie de venado (*Bauhinia unguolata*) en un área quemada un año antes.



La presente guía no recomienda el uso de quemas prescritas en la selva baja de la región investigada, pues es muy probable que otras especies hayan sido eliminadas por el fuego y la selva prístina posiblemente tenga su mayor diversidad sin fuego. Aquí se da cuenta de lo hallado como un elemento más para la gestión de estas áreas y en el manejo del fuego.

Como en otras partes de México y el mundo, en el municipio de Villaflores y la REBISE, el fuego cumple funciones ecológicas. Es importante señalar que en el pasado los incendios de origen natural debieron ser más comunes, dado que muchas especies vegetales chiapanecas están adaptadas al fuego. Hoy día son más raros los incendios de origen natural, pero ocurren. Por ejemplo, el Ing. José Velázquez refirió al primer autor de este trabajo que, en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, desde hace unos pocos años ya se comienzan a observar incendios originados por rayos en selvas quemadas años antes, si bien las selvas altas y medianas que hay ahí, son sensibles al fuego.

Relación entre tipos de vegetación y fuego

Las funciones ecológicas del fuego se cumplen en los tipos de vegetación donde las especies están adaptadas a este factor. Hardesty *et al.* (2005) propusieron cuatro grupos de ecosistemas, según su relación con el fuego. A continuación se definen con base en tales autores y se dan ejemplos de tipos de vegetación conforme propuso Rodríguez (2008) para México y aplicados al estado de Chiapas, de acuerdo con los hallazgos del presente proyecto.

En los **tipos de vegetación mantenidos por el fuego**, tal factor contribuye a que permanezca el mismo tipo de vegetación. Esto es posible porque los incendios normalmente son de baja a mediana intensidad y no resultan destructores. La mayoría de los árboles adultos sobreviven, gracias a sus adaptaciones al fuego, dispersan su semilla sobre el área quemada y se da la regeneración (que se logra incluso mejor en claros abiertos por el fuego). El fuego también contribuye al reciclaje de materia orgánica y nutrientes; lo que los microorganismos degradan en meses, incluso años, el fuego lo reduce a cenizas, nutrientes, en segundos o minutos. Los rebotes de la vegetación después del fuego son alimento para la fauna y al mantenerse el mismo tipo de vegetación, aunque parte de la fauna se vaya temporalmente de un lugar incendiado, regresará cuando haya rebrotación o cuando se recupere la vegetación pues ahí encontrará alimento y cobijo. Ejemplos de vegetación mantenida por el fuego en el municipio de



Villaflores, la REBISE y estado de Chiapas, son el bosque de pino, el bosque de encino, el bosque de pino-encino, las sabanas, los pastizales, los tulares y los palmares.

En cambio, en otros tipos de vegetación los árboles dominantes no están adaptados al fuego. Incluso incendios de baja intensidad pueden matarlos porque su corteza es delgada. Se trata de **vegetación sensible al fuego**, la cual es cambiada a otra cosa por el fuego. Esta vegetación es alterada dramáticamente por incendios o eliminada y el área tiene que ser recolonizada por especies pioneras y presentarse una sucesión ecológica hasta que, al cabo de muchas décadas o algunos siglos, se recupera el mismo tipo de vegetación. Ejemplos de vegetación sensible al fuego en el municipio, la REBISE y en Chiapas, incluyen a selvas altas, selvas medianas, así como el bosque mesófilo de montaña y, posiblemente, los manglares.

La **vegetación influenciada por el fuego** es aquella donde hay tanto elementos de vegetación mantenida por el fuego, como elementos de vegetación sensible al fuego. Esto ocurre en bosques de galería, ecotonos (zonas de transición entre dos comunidades vegetales, como entre selva mediana y sabana o entre manglar y tular). Al parecer también es el caso de diversas selvas bajas en el estado, pues Miranda (1952) planteó hace décadas que muchas selvas bajas del estado son producto de siglos de fuego y pastoreo. Rodríguez *et al.* (2019) ayudaron a demostrarlo, pues para una selva baja del Municipio en el ejido Melchor Ocampo, a un año y medio de un incendio forestal casi no hubo mortalidad y la gran mayoría de las especies presentes cuentan con adaptaciones al fuego (como corteza gruesa, capacidad de rebortación post-fuego, latencia física en la semilla y regeneración por semilla). Rodríguez (2014) plantea que en otras zonas del país hay selvas bajas mantenidas por el fuego (por ejemplo, donde hay gramíneas abundantes de manera natural y donde prevalezcan especies leguminosas), como también hay otras selvas bajas simplemente sensibles al fuego. Es probable que en el estado de Chiapas también se encuentren esos dos extremos.

Finalmente está la **vegetación independiente del fuego**, que nunca se quema o donde no hay condiciones para que el fuego progrese por no haber continuidad horizontal de combustibles (como en zonas muy áridas) o por ser siempre húmedo el ambiente. Un ejemplo de este grupo en Chiapas lo pueden conformar las comunidades de plantas acuáticas flotantes, con poco contacto entre sí, en cuerpos de agua permanentes.



Regímenes de fuego

La presencia de fuego en un ecosistema se expresa como régimen de fuego.

Régimen de fuego. Conjunto más o menos repetitivo de atributos que caracterizan a los incendios en tipo, espacio, tiempo y nivel de severidad. Dichos atributos son:

Frecuencia. Cada cuántos años, en promedio, se presentan los incendios en un sitio, así como su variabilidad (el mínimo y el máximo del número de años).

Tipo de incendio. Si es superficial, subterráneo, de copas o mixto.

Intensidad. El largo de llamas típico de los incendios, que es indicador de la cantidad de calor que liberan.

Severidad. El nivel de afectación en vegetación y suelo, principalmente.

Época. Estación o estaciones en la que ocurren principalmente los incendios.

Extensión. La superficie que cubre cada evento en promedio, así como el máximo y el mínimo.

Forma. Si es circular, elipsoidal, elipsoidal ensanchada en la parte alta de la ladera o irregular.

Existen otros atributos, pero aquí contemplamos los que consideramos más relevantes.

Por ejemplo, en un escenario natural, en pinares tropicales los incendios son frecuentes (cada 3 – 10 años, aproximadamente), superficiales, con intensidad baja a regular (aunque a veces pueden ser muy intensos), poco a medianamente severos, se presentan durante la primavera, con una extensión de decenas a cientos de hectáreas y una forma irregular.

En cambio, también en un escenario natural, en selvas altas y medianas no o poco alteradas, los incendios son muy poco frecuentes (cada varias décadas o siglos), subterráneos o superficiales, con intensidad moderada pero muy severos (matan muchos árboles pues no están adaptados al fuego), acontecen durante la primavera, con extensión de cientos o miles de hectáreas y con forma irregular.

Ahora bien, los regímenes de fuego pueden ser naturales, alterados o base. Los **regímenes de fuego naturales** están configurados por la naturaleza, pues las causas son naturales. Ejemplos de este tipo de regímenes de fuego los hay en Baja California, en los matorrales donde los incendios intensos, severos aunque

poco frecuentes (cada varias décadas) son originados por rayos. El matorral está perfectamente adaptado al fuego, pues los arbustos rebrotan o liberan semilla sobre las áreas incendiadas. Otro ejemplo son los pastizales de altura y los bosques de pino de las alturas (*Pinus hartwegii*) en las zonas altas del volcán Popocatepetl. Ahí los rayos y la actividad volcánica están originando frecuentes incendios superficiales, en invierno-primavera, de baja a moderada intensidad (Figura 11).



FIGURA 11. Incendios naturales en el Parque Izta-Popo, México central. A) Los brotes del pasto marcan parte del incendio iniciado cuando un rayo cayó en el tronco (*Pinus hartwegii*) del primer plano y comunicó el fuego a los pastos. El incendio estaba accesible y fue controlado. B) Incendio ocurrido un año antes a causa de la actividad volcánica del Popocatepetl. Inaccesible para las brigadas, cubrió 1000 ha en bosque de *Pinus hartwegii*. Sin embargo, en ambos incendios el fuego fue superficial y casi no causó mortalidad al arbolado, redujo los combustibles forestales y aumentó poblaciones de plantas con latencia física que germinan luego de ser tratadas por el fuego, como *Lupinus montanus* (C).



Los **regímenes de fuego alterados**, son aquellos regímenes naturales que el hombre modifica significativamente quemando con mayor frecuencia o aumentando o reduciendo la extensión de la superficie afectada por incendios de origen natural. Hay muchos ejemplos de este tipo, como bosques de pino que son quemados con tanta frecuencia por el hombre que se rebasa su adaptación al fuego y terminan degradándose, deforestándose, pues no se logran regenerar y el frecuente fuego causa mayor mortalidad entre los árboles. Otra forma de alteración es excluir el fuego, no dejar que se queme cualquier tipo de vegetación mantenida por el fuego. Entonces se acumulan tantos combustibles que se obstaculiza la regeneración y el incendio que eventualmente se presentará será más intenso y severo de lo que debería ser y causará gran mortalidad de árboles, fauna y alteraciones mayores (Figura 12).



FIGURA 12. A) Un incendio forestal intenso y severo, mata árboles, como este incendio, de origen humano, ocurrido en un bosque de *Pinus oocarpa* del ejido Galeana, Villaflores, hacia 2014. La foto se tomó dos años después del siniestro. B) En cambio, la quema prescrita, poco intensa y poco severa, reduce combustibles y peligro de incendio, y no mata a los árboles, como ésta, realizada en Villahermosa, Mpio. de Villaflores, Chis., hacia 2016.





Por otra parte, los **regímenes de fuego base**, son regímenes naturales con la inclusión de fuegos ocasionados por el ser humano, pero que siguen manteniendo a la vegetación, es decir, los incendios antropógenas no son muy frecuentes ni tantos como para alterar al ecosistema negativamente. A lo largo y ancho del territorio nacional, diversos pinares, encinares, matorrales, pastizales y sabanas, entre otros, son mantenidos por regímenes de fuego base. Aunque esto no quiere decir que puedan o deban ser quemados de manera irrestricta.

El Cuadro 3 muestra una aproximación a los regímenes de fuego naturales para los principales tipos de vegetación en el área de estudio. En el caso de tipos de vegetación mantenidos o influenciados por el fuego, también se trata de un régimen de fuego base.

CUADRO 3. Aproximación a los regímenes de fuego base o naturales en los tipos de vegetación principales en el municipio de Villaflores y la Reserva de la Biosfera La Sepultura. Además, la fila final representa la relación con el fuego para el tipo de vegetación.

Atributo	Bosque de pino	Bosque de encino	Bosque de pino-encino	Sabana/pastizal	Selva baja	Selva media/alta	Bosque mesófilo de montaña
Frecuencia	3-10 años*	3-15 años	3-15 años	2-5 años	10 años-décadas	Varias décadas-Siglos	Varias décadas-Siglos
Tipo de incendio	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial / subterráneo**	Superficial / subterráneo	Superficial / subterráneo
Intensidad	Baja-media	Baja-media	Baja-media	Baja-alta	Baja-media	Media	Media
Severidad	Baja-media	Baja-media	Baja-media	Baja	Media	Alta	Alta
Época	Inv.-Prim.	Inv.-Prim.	Inv.-Prim.	Inv.-Prim.	Prim.	Prim.	Prim.
Relación con el fuego	Mantenido	Mantenido	Mantenido	Mantenido	Influenciado	Sensible	Sensible

*Cerano *et al.* (2008) señalan que cuando hay alteración humana, la frecuencia es de 1.2 años en bosques de *P. oocarpa* de Guatemala.

**En selvas poco alteradas y años secos, es posible observar incendios subterráneos.



OBJETIVOS PARA LA REALIZACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS

Toda quema prescrita tiene un objetivo principal inherente a su realización. Sin embargo, siempre habrá objetivos adicionales que puedan sumarse y esto último debe incluirse en el plan de quema. Enseguida, se incluye una lista de los principales objetivos que se puede perseguir, con énfasis en el municipio de Villaflores y la REBISE, para la conducción de quemas prescritas. Si bien se incluyen algunos ejemplos de otras partes del país y del mundo, para poner de relieve la importancia de las quemas prescritas.

Reducción de combustibles forestales. La exclusión del fuego puede favorecer la acumulación de materiales combustibles que, cuando eventualmente se presenta un incendio, lo alimentarán y éste resultará más intenso y severo. Cuando se comienzan a acumular materiales combustibles, como hojarasca y materiales leñosos en los bosques, o materiales muertos entre los pastos y la sabana, es recomendable conducir una quema prescrita. Si los materiales se han acumulado en extremo, debe buscarse reducirlos de otra forma, por ejemplo, aprovechando los materiales leñosos como leña (biocombustible), antes de realizar una quema prescrita. Como parte del presente proyecto, los combustibles fueron consumidos, en promedio, en la siguiente proporción en las áreas tratadas con quemas prescritas: pinar (89%), encinar (87%), bosque de pino-encino (88%), pastizal (98%) y sabana (81%). Estas áreas ya se están recuperando y acumulando combustibles, pero tardarán entre 1 – 2 años (pastizal) a aproximadamente 5 años (los bosques) para recuperar la carga de combustibles que tenían inicialmente.

Reducción de peligro y riesgo de incendios forestales. El anticiparse a los incendios quemando antes a baja intensidad terrenos que comúnmente son afectados por los primeros, reduce la posibilidad de incendios y sus efectos negativos en esas áreas.

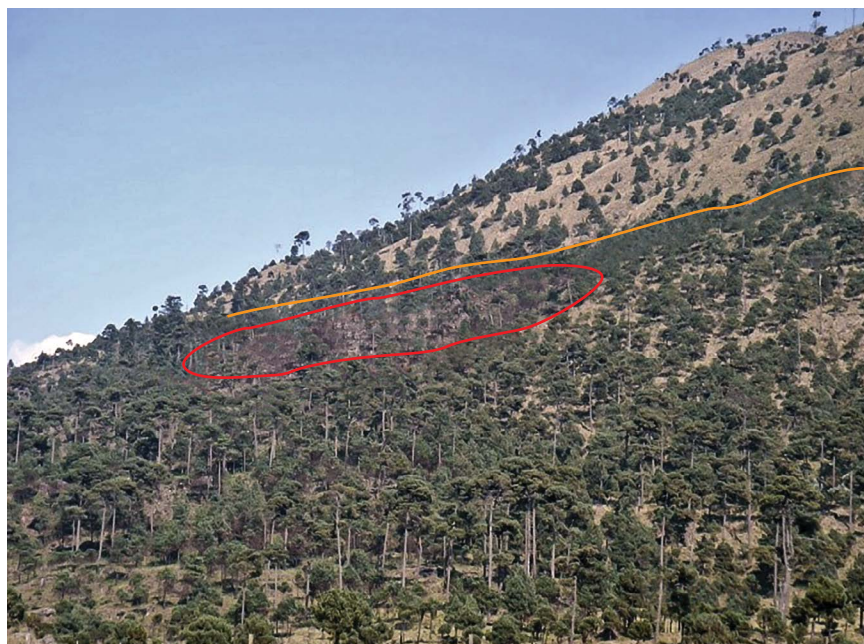
Ampliación de una zona con combustibles quemados para defender de incendios futuros una zona sensible (presupresión). La quema de áreas vecinas a otra zona con vegetación sensible al fuego, poblaciones, vestigios arqueológicos, con especies en riesgo o endémicas sensibles al fuego, ayuda a la protección y a la preservación de tales áreas y otras aunque no sean de particular valor (Figura 13).

Manutención del tipo de vegetación. Se comentó en párrafos anteriores que en Villaflores, la REBISE y Chiapas, pinares, encinares, bosques de pino-encino, pastizales, sabanas, así como tulares, son ejemplos de tipos de vegetación mantenidos

por el fuego. Su quema a bajas intensidad y severidad, con una frecuencia no excesiva ni muy pequeña, contribuirá a preservar dichos tipos de vegetación. Específicamente, a mantener su composición, estructura y procesos, incluyendo espacio vital que abre el fuego para especies de flora y fauna típicos.

Mantenimiento del hábitat de la fauna silvestre. El fuego prescrito contribuye a que el factor fuego cumpla el papel que tiene en el ecosistema, se ayuda a conservar tipos de vegetación como los referidos en el subtítulo mantenimiento del tipo de vegetación. Consecuentemente, se mantiene también el hábitat para la fauna silvestre típica de ellos. Por ejemplo, de acuerdo con Merck (1991), el fuego reduce cobertura para depredadores, expone semillas que quedarían escondidas y aumenta herbáceas que fauna como venados y codornices requieren (Figura 14 A).

FIGURA 13. El área roja marca el perímetro de un incendio que se inició por la fogata de un paseante y a cuyo control ayudó el que sobre la línea naranja los combustibles estaban reducidos por quemas prescritas experimentales conducidas un año antes en el volcán Ajusco, Ciudad de México. Proyecto Ajusco de la UACH.



Reducción de emisiones de CO₂. Las quemas prescritas ayudan a reducir las emisiones de bióxido de carbono y otros gases que producen el efecto invernadero, por tres razones principales.

La primera, es que si la quema concertada logra evitar un incendio en la zona, la superficie que podría haber afectado el fuego sería mayor que la de la quema prescrita (Figuras 14 B y C).



La segunda estriba en que, por la menor intensidad que tiene y debido a su época de realización, cada hectárea de quema prescrita consume menos combustibles forestales y emite menos gases de efecto invernadero que cada hectárea afectada por incendio forestal. Por ejemplo, Rodríguez *et al.* (2018) hallaron para bosques de encino en el municipio de Villaflores, que las quemas prescritas emiten 15% menos gases de invernadero por la quema de combustibles superficiales, que los incendios forestales por unidad de superficie. Asimismo, una buena quema prescrita afecta poco a combustibles aéreos, como la base de las copas de árboles, mientras que un incendio sí puede consumir significativamente las copas.

La tercera, obedece a que es factible realizar un manejo de combustibles, como extracción de leñas, antes de la conducción de la quema y así reducir emisiones aún más.

FIGURA 14. A) Quema prescrita de 2400 ha para mantener el hábitat (sabana) para la megafauna africana, como cebras, impalas, jirafas, rinocerontes, búfalos africanos, elefantes, etc. Parque Pilansberg, Sudáfrica, 2011. B) Los humos producidos por las quemas prescritas como ésta en pinares del Ajusco, CDMX, son menores a los producidos por los incendios forestales (C) como éste, sobre el Quetzaltépetl y el Tláloc en el Edo. de México, que afectó 3000 ha en 2017.



Las especies vegetales adaptadas al fuego, de tipo rebrotadoras, se recuperan mediante rebrotes después de las quemadas prescritas. Esta recuperación se da primero mediante yemas u órganos subterráneos o aéreos con reservas, luego a partir del nuevo follaje emitido, vía fotosíntesis, que permiten acumular nueva biomasa. Asimismo, las especies semilladoras germinan de sus semillas y acumulan biomasa conforme crecen. En ambos casos, se genera captura de carbono, como parte de la nueva biomasa, luego de la quema prescrita. Como comparación, luego de los incendios catastróficos la recuperación, por ejemplo la captura de Carbono, puede ser lenta si no se revegeta pronto el área.

Reducción de otras emisiones. Los humos de incendios contienen infinidad de partículas y productos químicos potencialmente nocivos para la salud. Recientemente se ha encontrado que incluso pueden aumentar la probabilidad de padecimientos de cáncer de pulmón y enfermedades del corazón en combatientes de incendios forestales. Por ello las quemadas prescritas con fines de reducción de cualquier tipo de emisiones adquieren una nueva importancia, para proteger la salud de los combatientes y del público, tanto de la sociedad rural como de la urbana.

Producción de rebrotes en pastos como forraje. Dada la adaptación al fuego de los pastos, estas plantas rebrotan luego de ser afectadas por el fuego. Diversas investigaciones en varias partes del planeta, dejan ver que los rebrotes tiernos son más apetecibles por ganado (y fauna), son más nutritivos y están más libres de parásitos que las hojas viejas (Figura 15).

FIGURA 15. Rebrotación y floración de pastos quemados en México central.





Favorecimiento de la regeneración de especies mantenidas por el fuego.

Al eliminar temporalmente la parte aérea de zacates y otras plantas, y al reducir marcadamente los combustibles como hojarasca, capa de fermentación y otros del piso forestal, se facilita el contacto de semillas como las de pino con el suelo mineral, la germinación y el establecimiento de las plántulas, que requieren y recibirán mayor radiación solar. Los nutrimentos extra que aportan las cenizas nutren a las plántulas y brinzales que ahí se desarrollarán (Figura 16).



FIGURA 16. Regeneración de *Pinus oocarpa* en un claro dentro de un área tratada con quema controlada en la REBISE. 2007.

Cabe señalar que los encinos requieren de microsítios, como algunos materiales leñosos residuales, sombra parcial de las copas, rocas y arbustos supervivientes, que proporcionen algo de sombra, mantengan así mayor humedad en el suelo y faciliten germinación de semillas y establecimiento de plántulas de estas latifoliadas.

Por otra parte, las semillas de especies como el nanche, típica sabanera, pero que también se observa en bosques de pino, encino y de pino-encino del municipio, así como en selvas bajas, son favorecidas por el fuego para su germinación, ya que las altas temperaturas debilitan el material leñoso (pireno) que cubre a las semillas y que no les permite germinar si se mantiene inalterado. Es decir, estas semillas tienen latencia mecánica. Especies de algunas selvas bajas que resisten el fuego, como las leguminosas del género *Acacia*, con latencia física, también pueden ver favorecida su germinación luego de quemas prescritas.

Preparación de sitios para la plantación de árboles. Por todo el país puede haber zonas que deben ser reforestadas o donde se va a establecer una plantación comercial. Si dichos terrenos están cubiertos por vegetación de etapas sucesionales iniciales, arbustiva, de bajo valor ecológico y económico, que representará competencia para los árboles que ahí se planten, así como barrera física durante las tareas de plantación, y si además no está sobre pendientes muy pronunciadas ni en condiciones que pudiesen generar peligro de incendio forestal, en algunos casos puede ser recomendable eliminar tales obstáculos arbustivos mediante fuego prescrito. Además de facilitar las actividades de plantación, reducir la competencia por agua, luz y nutrientes a los brinzales de la plantación, las cenizas aportarán nutrimentos extra a los arbolitos.

Mantener la calidad paisajística. Algunos paisajes deben contar con bosques abiertos, donde las personas puedan realizar actividades recreativas y contar con visuales para admirar el paisaje. Ejemplo típico de ellos son porciones de terreno con pinares abiertos. Su mantenimiento puede ser un objetivo de quema prescrita.

Capacitación. Una quema prescrita es una magnífica introducción de campo sobre el comportamiento del fuego. Además su fuego de baja intensidad también puede servir de práctica para aprender combate directo, indirecto y rescoldo. Por tal razón, es un ejercicio inmejorable en cursos de capacitación básicos, y avanzados, de: prevención y combate de incendios, quemas prescritas y comportamiento del fuego. Es una herramienta muy valiosa para la capacitación de brigadas de todo tipo de combatientes forestales, de profesionales a las valiosas brigadas comunitarias de manejo del fuego o las estudiantiles (Figura 17).

Docencia. Cursos de técnico forestal, licenciatura y posgrado, como protección forestal, prevención y combate de incendios forestales, manejo del fuego o ecología del fuego, tienen un valioso apoyo docente en las quemas prescritas (Figura 18).

FIGURA 17. Las quemas prescritas del presente proyecto, también fueron un excelente taller práctico comunitario de comportamiento del fuego y quemas prescritas. El equipo de trabajo con miembros de la brigada comunitaria de medición, brigadas de manejo del fuego del ayuntamiento y personal directivo o de investigación de BIOMASA, Universidad Autónoma Chapingo, Universidad de Lérida, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, REBISE y H. Ayuntamiento de Villaflores.





FIGURA 18. Estudiantes de la División de Ciencias Forestales en viaje de práctica para ver los efectos positivos de quemas prescritas en el Ajusco, CDMX. Proyecto Ajusco de la UACH.



FIGURA 19. Las quemas prescritas experimentales del presente proyecto, implicaron diversas investigaciones. Entre otras variables, se midieron algunas de comportamiento del fuego. Pinar en la comunidad Villahermosa, Mpio. Villaflores y REBISE, Chis.

Investigación. Así como muchos incendios naturales, el fuego prescrito en tipos de vegetación mantenidos por el fuego, tiene muchos efectos positivos y pocos impactos negativos, comparado con incendios no deseados (Figura 19).

La investigación de los efectos mencionados, permite una mejor comprensión del papel del fuego en los ecosistemas y de las ventajas de las quemas prescritas sobre los incendios forestales. No obstante, los temas de la investigación con el apoyo de quemas prescritas son muy amplios. Por dar algunos ejemplos más, la reducción de combustibles, la reducción del peligro de incendios, el mantenimiento del hábitat para la fauna, efectos en la diversidad de especies del sotobosque, la estimación de emisiones de gases, entre muchos otros. Información que permite a los investigadores no solo la comprensión de estos fenómenos, sino proveer de información a autoridades y sociedad.

Establecimiento de áreas demostrativas. Qué mejor que ver un área tratada con quema prescrita con mayor diversidad de especies del sotobosque, los combustibles reducidos, con emisión de rebrotes que se usa como forraje, con los árboles en buen estado, entre otros, para demostrar las bondades de esta herramienta. En zonas forestales el área demostrativa será de utilidad para que la vean y ponderen señores campesinos, profesionales e investigadores. En áreas accesibles a grandes centros de población su público pueden ser estudiantes de todos los niveles, políticos, periodistas y funcionarios, entre otros. Su uso, bajo los lineamientos de la NOM-015, también podría incentivar a pastores que simplemente originan incendios a realizar quemas controladas para obtener el forraje que su ganado necesitará, reduciéndose así tales incendios (Figura 20).

Control de especies invasoras. En diversas partes del planeta se ha demostrado que el fuego puede favorecer a especies invasoras que están adaptadas a él. Sin embargo, también se han investigado muchos casos en que el fuego es una excelente herramienta para controlar esta clase de especies, incluso adaptadas a tal factor. Lo anterior se puede lograr cambiando el régimen de fuego para la invasora y afectándola en sus etapas de regeneración.

FIGURA 20. Las áreas tratadas con quemas prescritas pueden ser áreas demostrativas de un uso inteligente del fuego para obtener beneficios de él y reducir incendios forestales no deseados.

La foto muestra un área demostrativa donde se aprecia la gran diversidad de especies del sotobosque promovida por fuego prescrito aplicado seis meses antes. Se aprecia al arbolado (*Pinus hartwegii*) indemne. Proyecto Ajusco de la UACH, Ajusco, Ciudad de México, 2006. De acuerdo con Martínez y Rodríguez (2008), Espinoza *et al.* (2008) e Islas *et al.* (2013), en estos bosques de altura, la riqueza de especies (su número) arbustivas y herbáceas, aumenta poco más de 40% el primer año después de la quema, cerca de 65% al segundo año y alrededor de 50% el tercer año.





EFFECTOS AMBIENTALES DEL FUEGO

El fuego afecta a los componentes del ecosistema: plantas, animales, insectos, microorganismos, aire, agua y suelo, así como el ambiente para el ser humano.

A continuación se describen, brevemente, estos efectos. **Más allá de los objetivos de cualquier quema prescrita, siempre se debe buscar obtener tantos beneficios del fuego como sea posible y tener el mínimo de efectos negativos. Es decir, maximizar beneficios y minimizar perjuicios.** En esta inteligencia a continuación se hace una síntesis de los efectos del fuego en diferentes componentes de los ecosistemas forestales.

Plantas

En ecosistemas mantenidos por el fuego, como los pinares tropicales, en general, en la medida que el fuego es menos intenso ocasionará menos daños y menor mortalidad al arbolado adulto. En el caso de especies sensibles al fuego, por ejemplo, de selvas altas y medianas, incluso fuegos de baja intensidad pueden resultar muy severos al originar una elevada mortalidad. Hay evidencia en algunos pinos de Estados Unidos y de México, que una afectación moderada de la copa, el tercio inferior, puede resultar en mayor crecimiento en los árboles. Tal respuesta se debe a que la afectación de la parte baja de la copa actúa como poda natural que elimina ramas con poco follaje que además es poco eficiente fotosintéticamente; esas ramas consumen muchos carbohidratos y su follaje produce pocos. Al ser eliminadas por el fuego, no se enviarán más fotosintatos ahí, pero sí a otros puntos de crecimiento y por ello el árbol puede crecer más en diámetro y en altura el año siguiente. Para que esto suceda, la precipitación debe ser promedio o superior a la media, pues en años con baja precipitación no se observa tal tendencia.

Por otra parte, fuegos severos causan daños en los árboles, los cuales emiten productos químicos que atraen a insectos plaga. De esta forma es que árboles dañados por el fuego son más atractivos para insectos descortezadores del género *Dendroctonus*.

Por cuanto toca a las especies herbáceas del sotobosque, la mortalidad de la parte aérea será elevada. Sin embargo, en diferentes ecosistemas mantenidos por el fuego, es posible ver un aumento en la riqueza y diversidad de especies herbáceas después del fuego, incluso aunque se trate de un incendio que cause elevada mortalidad en el arbolado.



En Villaflores, la REBISE y otras regiones, las quemas prescritas prácticamente no afectan la supervivencia del arbolado y la vegetación del sotobosque rebrota o se regenera por semilla después de la aplicación de fuego prescrito. En cambio, un incendio puede originar una alta mortalidad en el arbolado. **Las quemas prescritas son un medio para prevenir la mortalidad del arbolado por incendios en zonas de alta siniestralidad.**

Fauna silvestre

Durante un incendio forestal intenso, la fauna puede resultar muerta por: quemaduras, asfixia, un infarto a causa del pánico, caer a un precipicio debido a la baja visibilidad, o por lo mismo chocar contra algún obstáculo (árbol, roca) al correr en un ambiente de nula visibilidad. Además, algunos animales que escapan de un incendio pueden ser más visibles y ser depredados.

Los grupos de fauna que resultan menos afectados durante los incendios son los mamíferos y las aves. Los primeros corren a sitios seguros o se refugian en madrigueras subterráneas donde pueden sobrevivir hasta que pase el fuego. Las aves vuelan para escapar a otros sitios. Los grupos de fauna más susceptibles a sufrir mortalidad durante incendios forestales, son los reptiles y los batracios que, por su menor movilidad, resultan más fácil presa del fuego.

Durante las quemas prescritas, las llamas avanzan con menor velocidad e intensidad que en un incendio forestal. Esto favorece que la fauna silvestre escape o se refugie. Asimismo, se utilizan técnicas de quema que dejen salidas para la fauna, que no la atrapen, tal como la quema en fajas o bien las quemas en contra. Debe tenerse presente que a veces se requiere una quema rápida y de poca residencia en suelos pobres o una quema intensa para eliminar especies no deseadas. Pero estas últimas se aplicarán de modo que no se comprometa a la fauna presente (sobre superficies con extensión pequeña, por ejemplo).

Después de incendios forestales o de quemas prescritas, la fauna regresa al área afectada o tratada en busca de rebrotes de la vegetación para alimentarse. En el caso de áreas que fueron afectadas por incendios forestales, algunos carnívoros pueden buscar en ellas restos de otros animales para alimentarse. O en áreas donde el fuego contribuyó a anticipar la floración y producción de frutos y semillas de especies herbáceas y arbustivas, contarán con más alimento las especies faunísticas granívoras, frugívoras (que se alimentan principalmente de semillas y frutos, respectivamente) y omnívoras (que comen de todo).



En tipos de vegetación mantenidos por el fuego, las plantas se han adaptado al factor fuego. De igual manera, la fauna de dichos ambientes se beneficia de los efectos del fuego. Desde luego, incendios catastróficos o la exclusión del fuego, degradan o alteran el hábitat y la composición faunística puede cambiar.

Microorganismos

La microflora y microfauna que forma parte del suelo, con elementos tan relevantes como los hongos y bacterias descomponedores, los hongos micorrízicos o las bacterias nitrificantes, son muertos por las altas temperaturas del fuego, libre o prescrito. Sin embargo, diversas investigaciones en diferentes países revelan que tales poblaciones que se hallan en particular en las capas superficiales del suelo y entre la materia orgánica, recuperan y rebasan las poblaciones que tenían antes del fuego, al cabo de uno a tres años.

Aire

La mayor parte de la masa del humo, consta de vapor de agua y bióxido de carbono (CO_2). Vapor de agua y partículas suspendidas, son los principales responsables de la menor visibilidad que hay a través del humo. Las investigaciones existentes, revelan que el humo de los incendios forestales, y el de las quemas prescritas, contienen en diferente medida, cientos de productos químicos. Entre las especies químicas del humo, también conocidas como emisiones, están el bióxido de carbono (CO_2), principal gas de efecto invernadero, el monóxido de carbono (CO), tóxico y que en menor medida también aporta al cambio climático global, y otros muy diversos compuestos tóxicos como acroleína, benceno y formaldehídos. No se deben olvidar las partículas suspendidas, tan pequeñas que pueden llegar a los bronquiolos e incluso los alveolos pulmonares, produciendo enfermedades como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Un estudio reciente (Domitrovich *et al.*, 2017), muestra que, en combatientes de incendios veteranos, aumenta el riesgo de enfermedades como el cáncer de pulmón, la EPOC y problemas del corazón. **Por ello es importante que, en la medida de lo posible, durante el combate de incendios forestales o la realización de quemas prescritas, líneas negras o quemas controladas, la exposición al humo de quienes participan, sea la menor posible.**



FIGURA 21. Quema prescrita experimental, Villaflores, Chis. El estudio de las emisiones en quemas prescritas e incendios es de interés en el contexto del cambio climático global.

Normalmente las quemas prescritas producen menos emisiones porque no son tan intensas (consumen menos combustibles) y porque se hacen sobre superficies más pequeñas, en comparación con los incendios forestales.

Las quemas prescritas producen menos emisiones de gases de invernadero y de productos que contaminan el aire, en comparación con los incendios forestales. Las menores emisiones obedecen a que la quema prescrita es menos intensa (a causa de las condiciones de tiempo atmosférico moderadas bajo las cuales se ejecuta y también debido al método de quema) y, por ende, quema menos combustibles; pero también las quemas prescritas con frecuencia se conducen sobre superficies mucho más reducidas que las que afectarían los incendios (Figura 21).

Agua

La mayor parte del agua de lluvia se infiltra en los bosques y alimenta los mantos acuíferos. Otra parte forma escurrimientos superficiales y subsuperficiales, en las cañadas y que van a dar a los ríos, lagunas, y finalmente al mar. Otra porción del agua circula por la vegetación y es liberada por ella como vapor de agua o almacenada en sus tejidos. Una parte más es almacenada por los combustibles forestales muertos. En este último caso, la cantidad es mayor durante la época de lluvias que durante la temporada de sequía.

Los incendios forestales catastróficos facilitan el escurrimiento del agua y reducen la infiltración y la alimentación de mantos acuíferos. A causa de la erosión



que originan los incendios al consumir los materiales orgánicos del piso forestal, el agua de ríos y lagos quedará más turbia, pues llevará más partículas de suelo en suspensión y cenizas. Las quemas prescritas, por su menor severidad y por su más pequeña extensión, alteran mucho menos el ciclo hidrológico y reducen poco la calidad del agua. Adicionalmente, con la prevención de incendios que pueden implicar, también ayudan a prevenir los efectos negativos de estos últimos en el agua.

Suelo

El fuego reduce cobertura vegetal protectora del suelo, materiales muertos en proceso de incorporación (materiales leñosos, hojarasca, capa de fermentación) y en general la materia orgánica del suelo. Sin embargo, con el paso del tiempo todos esos elementos se recuperan y las cenizas son nutrimentos disponibles para la nueva vegetación.

Los incendios forestales reducirán más severamente y durante más tiempo la cobertura vegetal y la materia orgánica sobre el suelo, que las quemas prescritas. Por ello, la erosión se dará menos severamente y durante menos tiempo en terrenos con vegetación bajo quema prescrita, que en los mismos terrenos afectados por incendio forestal.

Ambiente para el ser humano

En varias partes del país, hay áreas forestales incendiadas buscando su deforestación para cambiar el uso del suelo, o para facilitar el aprovechamiento de las maderas residuales. Esto es claramente un mal e ilegal empleo del fuego.

Sin embargo, como se mostró en los subtítulos anteriores y en la sección de ecología del fuego, el fuego contribuye a mantener la biodiversidad, incluidos sus procesos ecológicos. Con estos beneficios ecológicos el ser humano también se ve favorecido. No obstante, los ecosistemas forestales además representan dinero en productos maderables y no maderables, así como en servicios ambientales y en ecoturismo. El fuego prescrito puede ayudar a mantener y a incrementar tales beneficios económicos, mientras que los incendios forestales tenderán a producir pérdidas económicas.

En un ambiente natural modificado por el hombre en mayor o menor medida, un buen uso o manejo del fuego tiene cabida para producir beneficios ecológicos económicos y sociales, dado el apoyo que proporcionará a la forma de vida de los habitantes de zonas rurales. Sin embargo, incendios forestales en



regímenes de fuego alterados, producirán pérdidas ecológicas, económicas y sociales para los ambientes rurales y el país.

En los bosques vecinos o cercanos a ciudades, los incendios forestales catastróficos o regímenes de fuego alterados, facilitan deforestación, erosión, avenidas, inundaciones y reducen la calidad del aire de los habitantes de las zonas urbanas y de las poblaciones en general. Esa reducción de la calidad del aire incrementa enfermedades en vías respiratorias y alergias, especialmente en niños y personas de la tercera edad. El ausentismo laboral y escolar derivado de esas enfermedades, así como las contingencias ambientales, también tienen un impacto económico. **Las quemadas prescritas, representan una opción para ayudar a reducir ese tipo de incendios, y hacer transición hacia regímenes de fuego base y reducir todos esos impactos negativos** (Figura 22).

Hacia mayo de 2019, el centro de México vivió una contingencia ambiental mayor, ante la acumulación de partículas de humos por incendios en el valle de México, aparte de la contaminación por vehículos automotores e industria, en particular la Ciudad de México. El cambio climático global con su incremento a las temperaturas, la falta de vientos y lluvia para limpiar la atmósfera, los menores recursos que para el combate hubo esa temporada a nivel federal, una mayor intencionalidad en algunos incendios que eran vueltos a encender después de ser liquidados, entre otros factores, contribuyeron a la emergencia ambiental que fue complicada por niveles excesivos de ozono (Figura 22).

FIGURA 22. A) Durante semana santa de 2017, el humo del gran incendio forestal (3000 ha) en el Tláloc invadió y se mantuvo en la Ciudad de Texcoco y poblaciones aledañas durante una semana.

En 1998, algo similar le pasó a Tuxtla Gutiérrez (y a diversas ciudades del país), que incluso tuvo que cerrar temporalmente su aeropuerto por los humos de los incendios en la Reserva Selva el Ocote. B) Contingencia ambiental complicada por los incendios forestales en el valle de México, 2019.



A

FUENTES DE LAS FOTOS:

A) DART,

B) <https://vanguardia.com.mx/articulo/doble-contingencia-ambiental-en-cdmx-emergencia-por-ozono-se-suma-la-de-pm25#&gid=1&pid=1>



B



LA APTITUD FÍSICA Y LA SALUD DEL BRIGADISTA DE QUEMAS PRESCRITAS

El realizador de quemas prescritas, como el combatiente, deben contar con una excelente condición física, pues el trabajo es arduo. Normalmente requiere de largas caminatas para llegar al sitio de trabajo, sobre escarpadas pendientes, así como horas de trabajo aeróbico y de fuerza continuos con herramientas manuales para abrir brecha cortafuego y preparar el sitio de quema, contener el fuego, liquidar y realizar a pie parte del desplazamiento hacia la base o a casa. Todo para continuar al día siguiente, o los días siguientes, con un trabajo igual de agotador o más intenso que el de los días previos y aspirando humo.

Los incendios forestales son peligrosos, han matado o lesionado a combatientes y a voluntarios. Asimismo, a partir de un estudio con combatientes de todos los estados de México, se tienen registrados como los problemas más comunes en combate: torceduras (21.1% de los entrevistados), cortadas (15.8%) y golpes (10.6%), así como intoxicación por humos, quemaduras y problemas en las vías respiratorias (cada uno con 7%), entre otros. Los percances referidos en las líneas anteriores totalizan prácticamente 2/3 de ellos. De manera similar, los factores de peligro que el propio combatiente identifica durante el combate, incluyen viento (16%), topografía (13.3%), fuego (12%), exposición a altas temperaturas (9.3%) y caída de rocas (8%), entre otras. Los referidos cubren prácticamente 60% de los factores (Rodríguez *et al.*, 2006, Rodríguez, 2015).

Desde luego, cabe esperar menos lesiones y problemas de salud para las brigadas que realizan quemas prescritas que para las de combate, pues varios factores se pueden controlar más, como la exposición a los humos. Un análisis de los principales factores que afectan el rendimiento del combatiente de incendios forestales y, por ende, del realizador de quemas prescritas, se sintetiza y adapta a continuación de Rodríguez (1988, 2015).

Factores ambientales

Combustibles forestales. El aumento en continuidad horizontal, vertical y carga de combustibles forestales, en términos generales, hace más difícil la apertura de brecha cortafuego.

Pedregosidad. El aumento en pedregosidad, además de dificultar el acceso, complica el abrir una buena brecha cortafuego.



Altitud sobre el nivel del mar. A mayor altitud, hay menor concentración de oxígeno, por lo cual los esfuerzos físicos son más difíciles de realizar, se reducirá el rendimiento de apertura de brecha. Lo anterior sin tomar en cuenta el gran desgaste que implica ascender a mayor altitud.

Temperatura. Al trabajar junto al fuego la temperatura y la deshidratación son mayores. No obstante, este desgaste generalmente es menor durante quemas prescritas que durante el combate, pues la labor es más pausada y la intensidad del fuego menor durante la conducción de las quemas que en el combate. Por otra parte, las elevadas temperaturas tropicales también dificultan la labor del brigadista y reducen su rendimiento.

Vientos. Aunque durante una quema prescrita se evitarán vientos veloces, cuando lo son durante un combate empujan al combatiente o en zonas templadas pueden ser fríos y los cambios de temperatura pueden facilitar que el brigadista enferme.

Radiación solar. Largas exposiciones a pleno sol son más desgastantes que el trabajo bajo sombra, en especial en las regiones tropicales como el municipio de Villaflores. Dicha exposición al sol provoca una mayor deshidratación y puede propiciar dolores de cabeza. El casco que porta quien realiza una quema o combate contribuye a reducir el calentamiento de la cabeza por radiación solar directa. Por ser realizadas en las primeras horas de la mañana, las quemas prescritas representan menor desgaste por este efecto que el combate, para el cual no hay horario muchas veces.

Humo. Los humos contienen partículas suspendidas y muchos productos potencialmente dañinos para la salud, de inmediato o a largo plazo si la exposición es continua durante muchos días en la temporada y durante varios años. Por ejemplo, el monóxido de carbono va provocando desde jaquecas, mareos y hasta pérdida del sentido en quien se expone a los humos densos durante varios minutos. Las mascarillas de carbón activado pueden reducir parcialmente estos efectos de los humos, al igual que las gafas (tipo goggles) dan protección parcial a los ojos y pueden ayudar a reducir las irritaciones oculares producto del humo.

Es muy importante que, en la medida de lo posible, se reduzca la exposición al humo, pues además de molestias temporales y posibilidad de facilitar enfermedades de las vías respiratorias, se ha encontrado en un estudio reciente (Domitrovich *et al.*, 2017) que a mayor participación en combates en temporadas anuales y durante más años, las probabilidades de contraer cáncer de



pulmón y enfermedades del corazón, tienden a aumentar en combatientes de incendios forestales de E. U. A.

Factores del propio combatiente

Estrés. Aunque la tensión durante situaciones críticas es más común en el combate de incendios, el conducir una quema prescrita también puede causar este síntoma, ya que el fuego siempre es potencialmente peligroso. Sin embargo, el estrés moderado ayuda a mantenerse alerta y debe ser manejado trabajando activamente en las tareas individuales y en las de grupo que se tengan durante la quema prescrita. Asimismo, queda desahogado una vez que el trabajo fue terminado con eficiencia y seguridad, y puede continuarse desahogándolo platicando o compartiendo experiencias con los compañeros de la brigada.

Salud y lesiones. Lo más conveniente es que ningún brigadista con problemas de salud relevantes, como una fuerte gripa, infección estomacal, ni con lesiones importantes participe en la actividad. Idealmente se le debería dar permiso con goce de sueldo, pues está temporalmente imposibilitado para desempeñar sus funciones.

Edad. En 2003, había combatientes de incendios de la CONAFOR con entre 26 y hasta 68 años de edad, con un promedio de 42 años. La extracción campesina, el mantener hábitos de vida saludables (como ejercicio por trabajo y/o deporte cotidiano, buena alimentación en la medida de lo posible y poca o nula afición al tabaco o al alcohol) contribuirá a mantener la salud y aptitud física de los brigadistas. Aunque es natural que la capacidad física del combatiente comience a declinar al llegar a los 40 años de edad, aproximadamente, una vida sana y activa, ayudará a que tal declinación sea más lenta.

Peso corporal. Conforme que una persona tenga menos sobrepeso, se desplazará y realizará el duro trabajo de brigadista con más facilidad, eficiencia y, en caso de una emergencia donde se tuviera que escapar, también lo haría con mayor facilidad. Asimismo, su salud será mejor en general que con sobrepeso u obesidad.

Alimentación. Los brigadistas de diferentes regiones tienen sus costumbres y preferencias alimenticias. Sin embargo, por la actividad física que desempeña el brigadista de quemas prescritas, así como el combatiente de incendios, su trabajo es equivalente a entrenar un deporte cotidianamente. Por ello, idealmente su dieta debe incluir carbohidratos, fibras, proteínas, grasas, vitaminas, minerales



y abundante agua. Los carbohidratos son la fuente principal de energía cuando se llevan a cabo esfuerzos largos. Están contenidos en alimentos como tortillas, pan y alimentos hechos con maíz, entre otros. Las fibras ayudan a la digestión y previenen estreñimiento, se encuentran en frutas y verduras. Las proteínas constituyen los músculos y se encuentran en huevos, frijoles, carne de res y cerdo, aves y peces. Las grasas representan reservas energéticas a mediano plazo. Las vitaminas y minerales se hallan en diversos alimentos.

En la región de Villaflores, un complemento alimenticio valioso es el pozol. Hecho con maíz cocido y agua, aporta carbohidratos y líquido. Su uso facilita la realización de jornadas de trabajo largas, pues cuando se toma no da hambre y el cuerpo se mantiene hidratado.

Hidratación. El esfuerzo físico que realiza el brigadista de quemas prescritas, y el combatiente, equivale al de diversos deportistas. Aunque haya una buena aptitud física, sin una adecuada hidratación el rendimiento físico decae. Además, una persona mal hidratada no tiene la mente tan clara como una persona bien hidratada, padecerá más fácilmente dolores de cabeza y musculares, así como calambres, durante sus actividades. Por ello es necesario tomar agua con frecuencia durante las labores y prever el aprovisionamiento del líquido, asegurándose que sea agua potable. Es muy recomendable que el brigadista use suero (para disolver o del ya preparado, incluso con sabor) para reponer los electrolitos perdidos.

Capacitación y nivel de estudios. Aunque no es indispensable tener estudios de primaria o secundaria para ser un buen brigadista, en la medida que el elemento de la cuadrilla tenga esos estudios o incluso de mayor nivel, se facilitará el que reciba capacitación más especializada y su formación formal como personal tanto para combate como para ejecución de quemas prescritas.

Aptitud física. La aptitud física es la capacidad para realizar un trabajo. Para el realizador de quemas prescritas o el combatiente son importantes la *capacidad aeróbica* (capacidad para realizar esfuerzos sostenidos durante varias horas, como caminar o usar continuamente herramientas manuales); la *fuerza muscular* (para utilizar herramientas); la *resistencia muscular* (para usar herramientas durante tiempos largos); la *flexibilidad* (para darle todo el vuelo a un golpe de hacha, por ejemplo, o para agacharse con cualquier propósito); el *equilibrio* (que evita caerse al utilizar una herramienta o al caminar por el monte sobre pendientes pronunciadas); y la *agilidad* (realización de movimientos imprevistos para no caerse, por ejemplo). También es importante la *técnica*, es decir, el



uso correcto de las herramientas manuales para no cansarse pronto y para que éstas duren más.

Una buena aptitud física permite resistir mejor los factores ambientales adversos, como altas temperatura y altitud, entre otros. También permite contar con energía en el sitio de trabajo luego de caminar una larga distancia para llegar a él, realizar con más eficiencia las labores, reducir la probabilidad de lesionarse, el contar con energía extra para escapar en el remoto caso de que sea necesario hacerlo y también contribuye a una vida más sana y de mayor calidad. Durante la temporada para realizar quemas prescritas (o para combatir incendios), la actividad cotidiana mantendrá la aptitud física. Fuera de temporada el trabajo en el monte (en la parcela, en la reforestación, entre muchas otras actividades), las caminatas por el monte, así como la práctica de algún deporte (fútbol, basquetbol, trote o carrera), mantendrán la aptitud física (Figura 23).

Un combatiente de incendios forestales y, por ende, un brigadista que realiza quemas prescritas, debería ser capaz de pasar exitosamente la prueba de la mochila nivel III (trabajo arduo), establecida por el Servicio Forestal de Estados Unidos. Ésta consiste en caminar en terreno plano, cargando una mochila de 20 kg, 4.8 km en no más de 45 minutos. El mismo brigadista debería ser capaz de hacer 10 lagartijas y 30 sentadillas sin peso extra. La realización exitosa de estas pruebas es un indicador de que soportará el trabajo pesado como miembro de una cuadrilla.

Descanso. La gran demanda de actividad física exige el correspondiente descanso para reponer las energías perdidas. Un brigadista agotado tendrá un desempeño más pobre, se distraerá con más facilidad y todo esto podría aumentar la posibilidad de escape del fuego durante una quema prescrita. Por ello el personal bien descansado llevará a cabo su actividad con eficiencia y seguridad.

Motivación. El personal bien motivado por recibir equipamiento, un salario decoroso, alguna distinción verbal merecida o algún apoyo en especie, realizará todavía mejor sus responsabilidades. Finalmente, se trabaja para sostener a una familia.

Extracción campesina. En el municipio, los mejores brigadistas son los de extracción campesina, pues están acostumbrados al ejercicio físico desde su niñez, conocen las áreas y el ambiente, sus peligros (como animales ponzoñosos y plantas tóxicas) y es más probable que ya hayan tenido algún tipo de contacto con el fuego (en combate o realizando quemas controladas en terrenos agrícolas, por ejemplo).



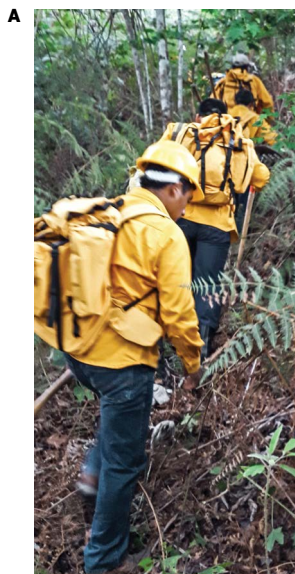
Otros factores

Factores derivados de la herramienta y equipo utilizados. Las herramientas deben permanecer en buen estado (por ejemplo, sin cabos astillados ni sueltos) y bien afiladas. De esa forma servirán mejor a su función y el brigadista podrá usarlas con más eficiencia y seguridad para él y para sus compañeros.

Factores derivados de la táctica. Una brigada con una formación deficiente (herramientas en secuencia no adecuada) durante una quema prescrita, tendrá un desempeño menos eficiente. Por ello, el tipo de herramienta a usar debe ser apropiado para el tipo de combustible entre el cual se trabajará y la ubicación de las herramientas en la brigada, la formación, debe ser la adecuada.

Ambiente de trabajo y situación laboral. Un ambiente de trabajo fraternal, con compañerismo y una situación laboral firme, es decir, una percepción segura durante el periodo de tiempo acordado, serán factores que contarán para que una persona prefiera integrarse a la brigada, en lugar de otras posibles opciones laborales, pero también para que lleve a cabo sus labores de una mejor forma.

FIGURA 23. Durante el trabajo de campo que dio base al presente proyecto, la actividad física fue intensa. A) Brigada trasladándose a un sitio de medición a medio cerro Tres Picos, en la Rebise. El ascenso solamente, sobre pronunciadas laderas, dura alrededor de hora y media. B) Brigadistas utilizando herramientas manuales para la preparación de una parcela de quema prescrita.





BASES SOBRE COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

Fuego

El **fuego** es la liberación de energía en forma de calor y de luz, las llamas, producto de la combustión de materiales orgánicos.

A su vez, la **combustión** es la degradación térmica de materiales orgánicos, que se descomponen en partículas y productos químicos en el humo, vapor de agua y minerales (cenizas), con liberación de luz y calor.

Para que el fuego se produzca, se requiere de: combustible, calor y oxígeno (comburente). Los combustibles los provee la vegetación; el oxígeno lo proporciona la atmósfera y el calor la naturaleza (rayos, actividad volcánica) o el ser humano (cerillo, colilla, fogata, antorcha de goteo, etc.).

El calor se puede transmitir de cuatro formas: conducción, convección, radiación y por pavesas. En la **conducción**, el calor se transmite de sólido a sólido. El que una cuchara esté caliente luego de meterla a una taza con café caliente, es resultado de la conducción. De la misma forma, si un extremo de un leño corto está en llamas, el otro extremo se calentará por conducción.

La **convección** es el calentamiento del aire que, al reducir así su densidad, tenderá a ascender y a transportar el calor. Esto pasa con el aire encima de un incendio, una quema prescrita, una quema agrícola o una fogata.

El transporte de calor por **radiación** se da a la velocidad de la luz, en todas direcciones a partir de los materiales en combustión. El calor que recibimos del fuego aunque las llamas apunten en dirección contraria a nosotros, se transmite por radiación.

Por último, algunos materiales ardiendo, como conos y otros, pueden caer y rodar, formando así **pavesas rodantes**. Otros materiales más pequeños pueden ser transportados por el viento y formar **pavesas volantes**. Gases ardiendo también pueden ser transportados por el viento o por remolinos. Las pavesas pueden iniciar focos secundarios cuesta abajo, en el caso de pavesas rodantes, o lejos del incendio, incluso a unos pocos kilómetros de distancia, a causa de las pavesas volantes.

Comportamiento del fuego

El **comportamiento del fuego**, es todo lo que éste hace: su velocidad de propagación, su intensidad (cantidad de calor que libera y que se estima con la longitud de llamas), su tipo (superficial, subterráneo, aéreo), la forma, si presenta uno o más



frentes o si está produciendo pavesas y focos secundarios. Tres factores gobiernan el comportamiento del fuego: topografía, combustibles y tiempo atmosférico.

Topografía. Se refiere a la conformación del terreno. En el municipio de Villaflores, se tienen desde terrenos planos hasta zonas con montañas escarpadas. Las pendientes van desde 0 hasta más de 100%. La pendiente o inclinación del terreno, se puede medir con un clinómetro, con un clisímetro, con una plancheta, con aplicaciones de teléfono celular o mapas considerando la distancia horizontal entre diferentes curvas de nivel.

El fuego avanza más rápido cuando corre hacia arriba (a favor) de la pendiente que cuando lo hace hacia abajo (en contra). Esto se debe a que los combustibles que se hallan cuesta arriba son deshidratados con mayor rapidez por el fuego sobre la ladera, pues las llamas tendidas por el viento los alcanzan con más facilidad y a que la columna convectiva (columna de aire caliente sobre el fuego) asciende y los seca más rápido, en comparación con los combustibles que se encuentran cuesta abajo.

En el hemisferio norte, las exposiciones sur son más secas que las exposiciones norte, pues la radiación solar incide sobre ellas más tiempo a lo largo del año. Por ello la biomasa vegetal tiende a ser menor sobre las primeras, pero por la misma razón en las exposiciones sur la disponibilidad de los combustibles es mayor.

Las cañadas, por su mayor humedad durante años húmedos o años con precipitación promedio, pueden representar barreras naturales para el fuego. En cambio, en años con menor precipitación a la media o en años muy secos, esas mismas cañadas forman chimeneas por donde el fuego puede avanzar con mucha intensidad y severidad, con un comportamiento extremo. La causa estriba en que la biomasa será mayor en las cañadas debido a la mayor humedad de que disponen a través de los años y, en años secos, tendrán más combustible que pueda arder. Se suman también la pendiente de la propia cañada, pero además las pendientes de las laderas que conforman la cañada y que mientras se queman, se envían calor recíprocamente y el secado de combustibles e intensidad del fuego aumentan notablemente (Figura 24). Durante años secos, se debe evitar hacer quemas prescritas en cañadas o muy cerca de éstas.

La topografía accidentada también puede contribuir a tener vientos erráticos, en varias direcciones, que pueden complicar el comportamiento del fuego durante una quema prescrita. En los parteaguas del área de estudio no es raro tener vientos



fuertes, a veces de más de 35 km/h, descendentes por cañadas, incluso a horas tempranas de la mañana. Todo esto debe preverse realizando visitas previas al área de quema, cerca de la fecha y a la hora en que se pretende realizarla, para tomarlo en cuenta en la planificación e incluso, de considerarse necesario, cancelar la quema prescrita ahí y buscar un área más segura para realizar el trabajo.



FIGURA 24. Tanto en el municipio, como en muchas regiones del país, una buena porción del territorio es accidentada. Cerro Tres Picos, Rebise.

Combustibles forestales. Son el material que arde. Los combustibles se pueden clasificar de varias formas:

Si están vivos o muertos:

- Vivos (árboles, renuevo, arbustos y herbáceas vivas).
- Muertos (hojarasca, capa de fermentación, materiales leñosos sobre el piso forestal, partes secas de zacates y de tulares).

Por su altura:

- Superficiales. Los que están del nivel del piso forestal hasta 1.5 m de altura (zacates, hojarasca, materiales leñosos, renuevo, palmas bajas).
- Aéreos. Los que tienen una altura superior a 1.5 m (arbustos altos, árboles jóvenes y viejos, palmas altas, árboles o palmas muertos en pie).
- Subterráneos (capa de fermentación, raíces, ramas y troncos enterrados).



Los combustibles forestales tienen una serie de características que influyen en la facilidad con la que arderán y en la velocidad e intensidad con que propagarán el fuego.

Disponibilidad:

- Combustibles disponibles. Tienen un bajo contenido de humedad (del orden de 25% o menos en combustibles leñosos muertos) que facilita su combustión. Los combustibles vivos, por ejemplo, el follaje de las copas de pinos adultos, pueden arder si su contenido de humedad es del orden de 90% o menos.
- Combustibles no disponibles. Están tan húmedos que no pueden arder.

Tamaño:

- Grandes, como troncos.
- Medianos, como ramas.
- Pequeños, como ramas delgadas.

Peso:

- Pesados. Normalmente los materiales combustibles grandes también son los más pesados. Sin embargo, un tronco del mismo volumen tendrá un peso muy distinto según la densidad de la madera. Si es de encino, será más pesado que si fuera de pino. La madera de quebracho es más pesada que la del árbol balsa.
- Medianos. Son intermedios entre los pesados y los ligeros, como pueden ser ramas gruesas.
- Ligeros. Son materiales poco pesados, como hojarasca, zacates y ramillas.

Compactación:

El fuego se propaga más fácilmente entre combustibles sueltos, poco compactos, pues hay más oxígeno para la combustión entre ellos que entre los que están compactos.

Continuidad:

La continuidad horizontal de combustibles facilita la propagación del fuego, mientras que la continuidad vertical propicia los incendios de copas.

Forma:

Las formas de combustibles planas (como hojas) y de combustibles pequeños (ramillas, por ejemplo), tienen una mayor superficie por cada unidad de su volumen, en comparación con combustibles más grandes con formas más cilíndricas (troncos, ramas gruesas). Por esta razón, en los combustibles pequeños el calor puede acceder por una mayor superficie para calentar y hacer arder más rápido cada centímetro cúbico de volumen. Es decir, arderán más fácil.



Según su tiempo de retardo:

Los combustibles muertos, como pastos secos, ramas y troncos caídos, ganan humedad si el ambiente está húmedo, pero también la pierden si el ambiente está seco. La velocidad a la cual se dan esos cambios tiene que ver con el *tiempo de retardo*. Este último, es el tiempo que un combustible muerto, tarda en perder o en ganar, 2/3 de la diferencia que hay entre su contenido de humedad y la humedad del ambiente. Los materiales combustibles muertos más pequeños o delgados, se secarán y estarán disponibles para la combustión con mayor rapidez, en comparación con los grandes. El Cuadro 4 muestra los tiempos de retardo según el diámetro de combustibles leñosos.

CUADRO 4. Tiempo de retardo (en horas) para materiales leñosos con diferente diámetro (Byram, 1963, expandido por Fosberg, 1970, y citado por Pyne *et al.*, 1996).

Tiempo de retardo (h)	Diámetro (cm)
1	< 0.60
10	0.60 a 2.50
100	2.51 a 7.5
1000 firme	> 7.5
1000 en descomposición (podrido)	> 7.5

Presencia de sustancias inflamables:

Algunos combustibles tienen resinas, como el pino, o aceites inflamables, como algunos arbustos, que aceleran la combustión. Un pasto introducido a Chiapas, el zacate gordura (*Melinis minutiflora*), es conocido por los brigadistas de la región por su particularmente elevada inflamabilidad, ya que contiene sustancias químicas pegajosas muy reactivas para la combustión (Figura 25).



FIGURA 25. Zacate gordura, particularmente inflamable. Ejido California, Rebise, Mpio. Villaflores, Chis., 2016.

***Efectos de las propiedades de los combustibles en el comportamiento del fuego.***

Características de materiales combustibles individuales, o en combinación, como: que estén muertos y disponibles, que sean pequeños, ligeros, con tiempo de retardo bajo o con presencia de sustancias inflamables, facilitan el inicio de la combustión.

La velocidad del fuego incrementa conforme aumentan: combustibles muertos, superficiales, disponibles, pequeños, ligeros, con bajo tiempo de retardo y presencia de sustancias inflamables.

La intensidad del fuego, incrementa a causa de: altas cargas de combustibles muertos o vivos (como incendios de copa), superficiales, aéreos y subterráneos, disponibles, grandes, pesados, con alto tiempo de retardo y presencia de sustancias inflamables.

Como parte del presente proyecto también se ha tipificado el complejo de combustibles en seis tipos de vegetación. Estos resultados se muestran en la sección sobre modelos de combustibles.

Tiempo atmosférico. Es el estado de la atmósfera en un momento determinado. Las variables del tiempo atmosférico que más interesan a quien realiza una quema prescrita o a quien combate un incendio forestal, son: temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, estabilidad atmosférica e interacciones con la topografía.

La **temperatura** es la medición de la cantidad de calor en el aire. Se obtiene con termómetro y se registra en grados centígrados (°C). Lo más recomendable es conducir las quemas prescritas temprano en la mañana, incluso por la noche, cuando las temperaturas son más bajas. Ejemplos de temperaturas para realizar quemas prescritas en el municipio de Villaflores, son 19 °C o menos, hasta 25 °C.

La temperatura guarda una relación inversa con la humedad. Al aumentar la temperatura se tiende a reducir la humedad, y viceversa. Por ello es recomendable quemar con bajas temperaturas, para que haya más altas humedades relativas.

La **humedad relativa** es la proporción de vapor de agua que tiene un volumen de aire a una temperatura y presión dadas. Es expresada en por ciento (%) y se mide con un aparato denominado psicrómetro. Con alta humedad relativa, los combustibles guardarán más humedad. En cambio, con baja humedad relativa, los combustibles estarán más secos, con mayor posibilidad de iniciar la combustión y el fuego se propagará más veloz e intensamente en ellos.



En términos generales, en el municipio se recomiendan humedades relativas mayores a 50% para conducir quemas prescritas. Cabe recordar que 30% de humedad relativa es indicativo de alto peligro de incendio forestal.

El **viento** es el movimiento del aire a causa de diferencias de temperatura y presión entre dos zonas. El viento acerca las llamas y el aire caliente a los combustibles, dejándolos disponibles para la combustión con mayor rapidez.

La dirección del viento (que es el punto cardinal del cual viene) se obtiene con una brújula. La velocidad del viento se mide con un anemómetro de bolsillo y se registra en km/h. Lo idóneo durante una quema prescrita es que no haya viento o que sople a baja velocidad y que no esté cambiando de dirección. Tampoco son recomendables ráfagas veloces y repentinas. Para la zona se recomienda una velocidad no mayor a 10 km/h idealmente, en particular si se trabaja sobre pendientes y el fuego asciende (quemas en fajas a favor). En terrenos planos o con poca pendiente se puede trabajar con vientos de hasta 15 km/h. Lo mejor es trabajar de manera que el viento o ascienda o descienda por la ladera, pues si sopla lateralmente complica la correcta aplicación de la técnica de quema.

Cabe recordar que topografía accidentada, cercanía a cañones y parteaguas, acelera el viento y forma corrientes erráticas con variadas direcciones de avance, que pueden complicar y hacer más riesgosa una quema prescrita.

La **estabilidad atmosférica** es la resistencia al movimiento vertical del aire. Se dice que hay estabilidad cuando el humo casi no asciende verticalmente, hay poco viento o está en calma, la temperatura es baja y la humedad alta. Es decir, no hay las mejores condiciones para la propagación del fuego. Por ello, la práctica de quemas prescritas en condiciones de estabilidad, deriva en un comportamiento del fuego moderado y en quemas fácilmente conducibles. Por el contrario, la inestabilidad atmosférica se presenta cuando el humo puede ascender a gran altura, la temperatura es elevada, la humedad relativa baja y hay vientos. Bajo estas últimas condiciones, el fuego se propaga más agresivamente y por ello no es recomendable intentar quemas prescritas cuando se tiene inestabilidad atmosférica.



MODELOS DE COMBUSTIBLES FORESTALES
CARGA DE COMBUSTIBLES
COMPORTAMIENTO DEL FUEGO
CONSUMO
EMISIONES
SEVERIDAD EN EL ARBOLADO
RECOMENDACIONES PARA REALIZAR QUEMAS PRESCRITAS

Para cinco tipos de vegetación en el municipio de Villaflores
y la Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas.

CONSIDERACIONES SOBRE LOS MODELOS	78
BOSQUE DE PINO	79
BOSQUE DE ENCINO	89
BOSQUE DE PINO-ENCINO	99
PASTIZAL	107
SABANA	115



CONSIDERACIONES SOBRE LOS MODELOS

Los modelos de combustibles forestales son agrupaciones de camas de combustibles por características dominantes comunes. Un modelo en particular, puede incluir las camas de combustibles de diferentes comunidades vegetales, pero que muestran características afines, en especial en su comportamiento del fuego. De esta forma, en los modelos de Anderson (1982), el modelo 1, de pastizales, incluye tanto los pastizales puros, como los que se encuentran asociados a arbolado de baja densidad; o el modelo 9, de detritos, incorpora la hojarasca de un bosque de coníferas o bien la de un bosque de latifoliadas, por referir un par de ejemplos. Esto obedece a que el comportamiento del fuego en cada modelo es similar, independientemente de que sus combustibles procedan de diferentes tipos de bosque.

Para el presente instructivo, los modelos de combustibles se trabajaron por tipo de vegetación en las condiciones típicas en que se presenta en la región. Razones relevantes para ello fueron la biodiversidad y la alteración humana. La biodiversidad de la región hace que solo unos cuantos kilómetros de distancia separen bosques de encino de selvas. La alteración humana se patentiza, por ejemplo, con una amplia introducción de pastos para la ganadería, incluidas las áreas forestales.

El comportamiento del fuego es un tanto diferente en la hojarasca de bosque de encino al observado en la hojarasca de selva baja. De igual forma, los pastos que se hallan como sotobosque de bosques de pino con baja densidad, son más bajos que otros pastizales introducidos. Es por ello que se optó por no agrupar todo tipo de hojarasca en un mismo grupo y definir los modelos conforme al tipo de vegetación que los sustenta.

El modelo bosque de pino, fue trabajado principalmente en condiciones de arbolado relativamente abierto, con pastos, herbáceas dicotiledóneas y arbustos; el de bosque de encino, en masas con alta cobertura de copas y hojarasca como principal combustible superficial ligero. El bosque de pino-encino implicó la combinación de ambas condiciones.

No obstante, se debe señalar que, para masas particularmente densas de pino, con la hojarasca cubriendo prácticamente toda la superficie y con ésta como combustible fino dominante, también puede emplearse el modelo de combustibles para encinar. Asimismo, en encinares muy abiertos, con zacates y arbustos como principal combustible ligero, a su vez, también puede utilizarse el modelo de pinar.

Por último, se debe precisar que los promedios generales, tanto de factores de consumo como de emisiones, están ponderados con respecto a la carga de cada tipo de combustible. Es decir, no se trata de promedios aritméticos.



BOSQUE DE PINO

Este tipo de bosque está ampliamente dominado por *Pinus oocarpa*, si bien pueden apreciarse en menores proporciones, algunos encinos, nanches y leguminosas. Las quemas prescritas para este modelo fueron realizadas en el ejidio Villahermosa, en la REBISE.

Combustibles forestales

En estos bosques se halló una carga promedio de 27.3 t/ha. Los materiales leñosos, particularmente los pesados, aportan poco más de la mitad de la carga. La hojarasca y la capa de fermentación contribuyen con otro tercio de la carga total (Figura 26, Cuadros 5 y 6). Los bosques de pino densos tienden a tener mayor presencia de hojarasca y capa de fermentación, así como materiales leñosos, pues no pasa suficiente luz y los pastos se presentan poco. En cambio, en bosques de pino poco densos, con más luz en el piso forestal, los pastos son abundantes y constituyen una parte más importante de la carga.

FIGURA 26. Complejo de combustibles en bosque de pino, comunidad Villahermosa, Mpio. Villaflores, Chiapas.





CUADRO 5. Cargas promedio de combustibles, factores de consumo y emisiones de CO₂ para el **bosque de pino**, ejido Villahermosa, Mpio. Villaflores y REBISE, Chis.

Tipo de combustible	Carga (t/ha)	FCF	EF (t CO ₂ /ha)	FCC	EC (t CO ₂ /ha)
Hojarasca	6.881	0.959	11.238	0.999	11.707
Capa de fermentación	2.874	0.987	4.831	0.999	4.890
Zacates	1.270	0.999	2.161	1.000	2.163
Herbáceas dicotiledóneas	0.130	0.954	0.211	1.000	0.221
Arbustos	1.619	0.814	2.244	0.926	2.553
Regeneración	0.014	0.941	0.022	0.909	0.022
Materiales leñosos					
1 h P	0.002				
Q	0.001				
St	0.003				
10 h P	0.929				
Q	0.432				
St	1.361				
100 h P	0.290				
Q	0.788				
St	1.078				
1000 h F P	0.951				
Q	5.546				
St	6.497				
1000 h P P	4.567				
Q	1.040				
St	5.607				
Subtotal leñosos	14.546	0.690	17.093	0.947	23.459
Carga total, FCF, EF, FCC y EC	27.334	0.812	37.800	0.967	45.015

FCF=factor de consumo a favor, EF=emisión de CO₂ a favor, FCC=factor de consumo en contra, EC=emisión de CO₂ en contra. P = *Pinus*, Q = *Quercus*, St = subtotal.

Emisiones

Las quemas en contra implicaron un consumo más completo (96.7%) que las quemas en fajas a favor (81.2%), con emisiones de CO₂ superiores en 19% para las primeras (45.0 y 37.8 t CO₂/ha, respectivamente) (Cuadro 5).

Para hacer estimaciones de emisiones en quemas prescritas, use el valor que corresponda a quemas a favor (para fajas a favor) o en contra (quemas en contra, fajas en contra, método Chevrón). En el caso de incendios forestales pequeños sobre una ladera, utilizar el valor de emisiones para quemas a favor. En caso de incendios extensivos, utilizar el promedio general (dado que en ellos el fuego asciende y desciende por las laderas).

CUADRO 6. Otras características de los combustibles y del bosque.



Otras cargas parciales (t/ha)

Carga total de combustible muerto y vivo < 7.5 cm de diámetro (t/ha)	15.230
Carga de combustible muerto con 1 h de TR (t/ha)	0.003
Carga de combustible vivo (t/ha)	1.763

Alturas y profundidades de camas de combustibles (m)

Profundidad capa de hojarasca y de fermentación	0.05
Altura zacates	0.35
Altura arbustos	0.55



Ejemplos de especies típicas

Arbóreas: *Pinus oocarpa*, *Quercus* spp.

Gramíneas: *Paspalum multicaule* (zacate llanero), *Melinis minutiflora* (zacate gordura), zacate común y zacabasto.

Topografía

La topografía que cubren los pinares es accidentada, con pendientes del orden de 100% o más en varios parajes.

Para la realización de quemas prescritas, evite pendientes superiores a 75%, así como las cañadas, pues puede presentarse un efecto chimenea. Procure que la superficie de quema sea uniforme o que no sean abruptos los cambios de pendiente. Si va a tratar ambos lados de una ladera conectados por el parteaguas, se



recomienda trabajar primero y más temprano el que represente mayor peligro (por tener exposición sur o mayor carga de combustibles, por ejemplo), después el otro.

En las quemas experimentales, las condiciones topográficas fueron las que muestra el Cuadro 7.

CUADRO 7. Condiciones topográficas en las parcelas de quemas prescritas

Exposiciones	SE, E, S
Pendientes (%)	
Máxima	75
Mínima	20
Promedio	58.9

Tiempo atmosférico

Durante las quemas prescritas se tuvieron temperaturas entre 19 y 24 °C y humedades relativas de 68 a 92%, con una velocidad de viento máxima (a favor) de hasta 9.5 km/h (Cuadro 8).

Se recomienda una temperatura no superior a 27 °C, así como una humedad relativa no inferior a 55% y una velocidad del viento que no exceda 7 km/h (para fajas a favor) o 10 km/h (para quemas en contra).

CUADRO 8. Tiempo atmosférico durante las quemas prescritas experimentales.

	Máxima	Mínima	Promedio
Temperatura (°C)	24	19	21.1
Humedad relativa (%)	92	68	76.4
Velocidad del viento (km/h)	9.5	0, -14	5.9

El valor negativo en velocidad del viento, indica viento en contra.

Comportamiento del fuego

Respecto al comportamiento del fuego a favor de viento y pendiente, se tuvo un promedio de velocidad de propagación igual a 10.13 m/min, el máximo alcanzó 35.39 m/min. La longitud de llama media fue 2.28 m, y el máximo 4 m. En contraste, la quema en contra arrojó 0.65 y 0.89 m/min para velocidades media y



máxima de propagación, así como 1.16 y 2 m como longitudes de llama media y máxima (Cuadro 9, Figuras 27 y 28).

Quemas prescritas. Para quemas prescritas, se recomienda que la llama no rebase de 1 m de altura y 5 – 10 m/min como velocidad de propagación en quemas de fajas a favor. Con otro tipo de técnicas de quema, la velocidad de avance será menor.

Simulación con el programa Behave Plus

Para esta simulación, bajo condiciones límite de prescripción, se considera al modelo de combustibles 2 de Anderson (1982), una exposición S, una pendiente de 60% y que la quema se lleva a cabo en el mes de diciembre en un bosque abierto. La ventana de prescripción se asume finaliza a las 10:00 A. M., con 27 °C de temperatura, 55% de humedad relativa, 7 km/h de velocidad del viento y una humedad de combustibles con 1 h de tiempo de retardo, calculada con las tablas de Sackett, Burgan y Cohen, igual a 13%. Se estima un contenido de humedad de 15 y 20% para materiales leñosos con 10 y 100 h de tiempo de retardo, así como un contenido de humedad de combustibles vivos de 120%. Bajo tales condiciones límite, la velocidad de propagación del fuego máxima para la quema, dentro de la ventana de prescripción, sería de 7.4 m/min, con una longitud de llama de 1.2 m y una altura de chamuscado igual a 5.5 m. Estos valores quedan casi dentro de la prescripción práctica, lo cual deja ver la opción de utilizar el programa Behave Plus para hacer prescripciones.

Evidentemente se comenzaría a las 6 o 7 A. M., con menor temperatura, mayor humedad y combustibles más húmedos, sin viento, por lo cual el comportamiento del fuego sería más moderado.

CUADRO 9. Comportamiento del fuego en quemas prescritas experimentales.

	Promedio	Máximo	Mínimo
Velocidad de propagación (m/min)			
A favor	10.13	35.39	3.70
En contra	0.65	0.89	0.42
Longitud de llama (m)			
A favor	2.28	4.00	1.50
En contra	1.16	2.00	0.60

Época de realización de quemas prescritas experimentales: diciembre

Comportamiento del fuego en incendios

El fuego puede avanzar a 35 m/min o mucho más rápido, con longitudes de llama de 4 m o más. La Figura 29 muestra un tramo de quema a favor donde se emuló incendio forestal.

FIGURA 27. Muestra de comportamiento del fuego en quema prescrita experimental en contra. La baliza mide 2 m de longitud.



FIGURA 28. Muestra de quema experimental en fajas a favor. Baliza con 2 m de longitud.



FIGURA 29. Muestra de comportamiento del fuego en quema prescrita experimental en un tramo a favor (simulación de incendio forestal). La baliza mide 2 m de longitud.



Épocas de quema recomendadas

La NOM-015 vigente establece el mes de marzo como límite para realizar quemas prescritas. Se puede quemar entre diciembre y marzo para objetivos como reducción de combustibles y peligro, capacitación, entre otros. Sin embargo, para producir forraje, la mayor necesidad de éste se tiene para el pico de la temporada de incendios, abril y mayo, lo cual posiblemente deba tomar en cuenta una futura NOM-015, con todas las precauciones que implicaría manejar el fuego en esa época.

Técnicas de quema recomendadas

Fajas a favor (de preferencia angostas, de 5 - 10 m) o en contra, quemas en contra. Para superficies mayores y cuando se cuente con suficiencia de recursos humanos y materiales, se puede trabajar con el método Chevrón, que esencialmente son quemas en contra de la pendiente. Cuando se usan fajas a favor y hay poca distancia entre ellas, debe tomarse en cuenta una mayor disponibilidad de combustibles (diésel y gasolina), y que los torcheros tendrán que caminar mayores distancias.

Consideraciones de seguridad

Vientos veloces en contra de la pendiente pueden alargar la llama y hacer severo el fuego aunque avance hacia abajo de la ladera. La presencia de zacate gordura incrementa notablemente la inflamabilidad; el zacate jaragua aumenta carga y, debido a su alto porte, la longitud de llamas. Tanto la juncia de pino como la hojarasca de encino son altamente inflamables y pueden generar llamas relativamente largas. La práctica de resinación es común en la región. Lógicamente, si los árboles han sido o están siendo resinados el fuego ascenderá por las heridas con resina y puede dañar más al arbolado. Siempre que se use el método en fajas, debe haber en todo momento claras rutas de escape para el o los torcheros, pues en terrenos accidentados pueden quedar atrapados entre dos fuegos. Si hay zonas poco accesibles dentro de la parcela de quema, mejor quemarlas en contra y que no entre ahí el torchero.

Severidad del fuego en el arbolado

En pinos con alturas medias en torno a 8-9 m y diámetros normales promedio de 13.4 a 16 cm, el chamuscado de copas fue moderado en las quemas en contra, del orden de 1/3 de la copa. Esto representa una poda natural que incluso podría



beneficiar el crecimiento en diámetro y altura en los árboles, como Rodríguez *et al.* (2007) y Vera y Rodríguez (2007) hallaron para *Pinus hartwegii* en México central. En cambio, en las quemas a favor simulando incendio forestal, la afectación de copas fue mayor, alrededor de media copa. Se debe señalar que para que haya efectos negativos en crecimiento y supervivencia, la afectación letal de copas debe alcanzar 2/3 de la misma. Asimismo, aunque en ambos tratamientos la altura de la cicatriz sobre el tronco excedió de 1 m, fue mayor en las quemas a favor. El Cuadro 10 sintetiza características del arbolado y la afectación (Figura 30).

CUADRO 10. Variables del arbolado y de la severidad del fuego sobre él.

Variable	Quema en contra	Quema a favor
Diámetro normal (cm)	13.4	16.0
Diámetro a la base (cm)	16.4	19.3
Altura (m)	8.8	8.4
Altura copa viva (m)	2.8	3.1
Chamuscado de copa (%)	37.3	51.3
Altura cicatriz tronco (m)	1.2	1.4

Siguiendo la ventana de prescripción recomendada, el chamuscado de copas no excederá aproximadamente 1/3 de éstas, y la altura de la cicatriz por fuego sobre el tronco no superará 1 m, cifras recomendables que no originarán mortalidad y que incluso pueden promover el crecimiento de los pinos.

FIGURA 30. Afectación moderada de copas en área tratada con una quema prescrita en contra.



Efectos esperados en el arbolado

A partir del estudio de un área incendiada en bosque de *Pinus oocarpa*, en la comunidad Sombra de la Selva, Mpio. Villaflores, se obtuvieron varias ecuaciones para estimar la probabilidad de mortalidad de los árboles, a partir de sus dimensiones (como altura y diámetro) y de la severidad del fuego, medida con variables como la altura de la cicatriz de quemado que quedó sobre el tronco. Esta investigación la hicieron Rodríguez *et al.* (2019), y uno de los modelos obtenidos es el siguiente:

$$P_m = 1 / (1 \exp - (1.247 - 0.3745 A + 1.2744 ACT))$$

En esta ecuación, P_m es la probabilidad de mortalidad de los pinos, en tanto por uno, A la altura total (m) y ACT la altura de la cicatriz sobre el tronco (m). Tal ecuación se puede representar mediante la gráfica de la Figura 31.

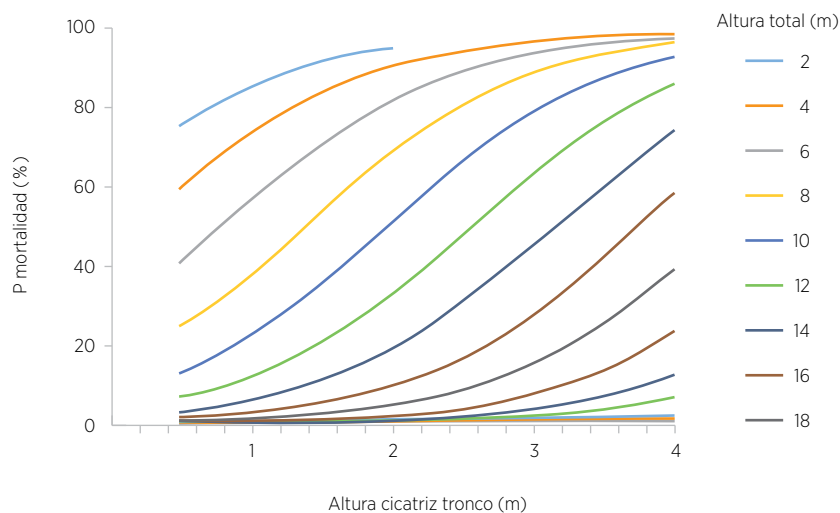


FIGURA 31. Probabilidad de mortalidad de *Pinus oocarpa* a partir de la altura del árbol y de la altura de la cicatriz de quemado sobre el tronco (ecuación anterior) (Rodríguez *et al.*, 2019).

La ecuación también se puede representar simplemente como en el Cuadro 11. Tal cuadro nos permite hacer predicciones de mortalidad de pinos en quemas prescritas, la cual queremos que sea mínima o nula. Asimismo, es de utilidad para estimar la mortalidad esperada poco después de un incendio forestal, pues si el fuego fue intenso parecería que todos los árboles, incluso altos, morirán, pero no es así normalmente, pues varios de ellos rebrotan y sobreviven a pesar del intenso incendio, gracias a sus adaptaciones al fuego.

En el Cuadro 11 se marcan en verde zonas deseables para quemas prescritas. Por ejemplo, en una masa con árboles de 15 a 20 m de altura con esta especie de



pino, una quema prescrita que deje cicatrices sobre el tronco no mayores a 0.5 m, arrojará una mortalidad no superior a 2 individuos de cada 100 (2%).

Otro ejemplo: se hará una quema prescrita de 1 ha donde se tienen 120 árboles de 20 m de altura y 150 árboles de 15 m de altura y se busca obtener una cicatriz sobre el tronco de 0.5 m.

Conforme al Cuadro 11, se espera una mortalidad de 2% en los árboles de 15 m de altura y de 0% en los árboles de 20 m de altura. El 2% de 150 es 3.0; se espera perder 3 árboles de 15 m de altura y ninguno de 20 m de altura.

En cambio, si la misma masa fuera afectada por un incendio que dejara 5 m de altura de cicatriz sobre el tronco, ahí se perderían:

88% de los árboles con 15 m de altura y 53% de aquellos con 20 m de altura. Es decir: $0.88(150) + 0.53(120) = 132 + 64 = 196$ árboles muertos por el incendio.

CUADRO 11. Mortalidad esperada (M) en *Pinus oocarpa*, en árboles de diferentes alturas a partir de distintas alturas de cicatrices sobre el tronco. Las zonas en verde marcan la altura de árboles, cicatriz de quemado sobre el tronco y mortalidades esperadas recomendables para la realización de quemas prescritas. Las zonas en color naranja del cuadro, indican las mismas variables ante incendios de regulares a elevadas intensidad y severidad (Con base en Rodríguez *et al.*, 2019).

Altura (m)	Cicatriz (m)	M (%)	Altura (m)	Cicatriz (m)	M (%)	Altura (m)	Cicatriz (m)	M (%)
15	0.2	2	20	0.2	0	25	0.2	0
15	0.5	2	20	0.5	0	25	0.5	0
15	1	4	20	1	1	25	1	0
15	2	14	20	2	2	25	3	1
15	5	88	20	5	53	25	5	15
15	6	96	20	7	94	25	10	99

El modelo y cuadro anteriores hacen buenas estimaciones de probabilidad de mortalidad a densidades de arbolado bajas y medias. A altas densidades, donde entre los combustibles dominen juncia y capa de fermentación, pueden subestimar la probabilidad de mortalidad.

Finalmente, hay que señalar que en condiciones de viento moderadas durante la quema prescrita, la longitud de llama dará un valor semejante para la altura de cicatriz sobre el tronco, es decir, una longitud de llama de 1 m originará cicatrices de quemado sobre los troncos del orden de 1 m de altura.

La Figura 12 A nos recuerda la elevada mortalidad de pinos que se presenta en un incendio forestal intenso, contra la prácticamente nula mortalidad presente en áreas tratadas adecuadamente con quema prescrita, que evidencia la Figura 12 B.

Consideración adicional

Una prueba de que la quema fue realmente de baja intensidad es que haya una baja proporción de ceniza blanca sobre la superficie tratada, no superior a 1/5 de la superficie del terreno.



BOSQUE DE ENCINO

Son varias las especies de encino en estos bosques, entre los comunes está *Quercus peduncularis* y *Q. skinneri*. Es común ver alguna presencia de *Pinus oocarpa*. Entre otros encinos, también se observa *Q. magnoliifolia*. Las quemas precritas para este modelo, fueron trabajadas en el ejido Villahermosa, en la REBISE.

Combustibles forestales

Con una carga total de casi 32 t/ha, la hojarasca y la capa de fermentación cubren poco más de la mitad de ella y los materiales leñosos abarcan casi 43% de la misma. Así como en el bosque de pino, los encinares abiertos dan lugar a un mayor establecimiento de pastos, mientras que los encinares densos tienen mayor carga de hojarasca, capa de fermentación y combustibles leñosos (Figura 32, Cuadros 12 y 13).

FIGURA 32. Complejo de combustibles en bosque de encino, comunidad Villahermosa, Mpio. Villaflores, Chiapas.





CUADRO 12. Cargas promedio de combustibles, factores de consumo y emisiones de CO₂, **bosque de encino**, ejido Villahermosa, Mpio. Villaflores y REBISE, Chis.

Tipo de combustible	Carga (t/ha)	FCF	EF (t CO ₂ /ha)	FCC	EC (t CO ₂ /ha)
Hojarasca	3.774	0.987	6.344	0.997	6.408
Capa de fermentación	12.342	0.889	18.685	0.815	17.130
Zacates	0.470	1.000	0.800	1.000	0.800
Herbáceas dicotiledóneas	0.265	0.964	0.435	1.000	0.451
Arbustos	1.240	0.610	1.288	0.891	1.882
Regeneración	0.178	0.477	0.145	0.425	0.129
Materiales leñosos					
1 h P	0.022				
Q	0.195				
St	0.217				
10 h P	0.124				
Q	2.181				
St	2.305				
100 h P	2.191				
Q	0.000				
St	2.191				
1000 h F P	1.988				
Q	5.971				
St	7.959				
1000 h P	0.000				
Q	1.012				
St	1.012				
Subtotal leñosos	13.684	0.934	21.766	0.772	17.991
Carga total, FCF, EF, FCC y EC	31.953	0.909	49.463	0.823	44.791

FCF=factor de consumo a favor, EF=emisión de CO₂ a favor, FCC=factor de consumo en contra, EC=emisión de CO₂ en contra, P=*Pinus*, Q=*Quercus*, St=subtotal.

Emisiones

Como en este caso las quemas a favor más bien emularon incendios forestales, el consumo de combustibles fue superior al de las quemas en contra. De esta forma, las emisiones respectivas fueron 49.5 y 44.8 t CO₂/ha, respectivamente, con las primeras superando a las segundas en 10.5%.

Fue posible muestrear los combustibles residuales de un incendio forestal real con este modelo de combustibles. Se obtuvo un factor de consumo de 0.95, lo que corresponde a emisión de 51.7 t CO₂/ha, excediendo en casi 5% a las quemas a favor y en 15.4% a las quemas en contra. Sin embargo, en realidad estas últimas son subestimaciones, pues no se consideraron los combustibles de copas afectados por el incendio.

CUADRO 13. Otras características de los combustibles forestales.

Otras cargas parciales (t/ha)

Carga total de combustible muerto y vivo < 7.5 cm de diámetro (t/ha)	22.982
Carga de combustible muerto con 1 h de TR (t/ha)	0.217
Carga de combustible vivo (t/ha)	1.683

Alturas y profundidades de camas de combustibles (m)

Profundidad capas de hojarasca y de fermentación	0.06
Altura zacates	0.07
Altura arbustos	0.29


Ejemplos de especies típicas

Arbóreas: *Quercus peduncularis*, *Q. skinneri*, *Q. spp.*, *Pinus oocarpa*.

Topografía

Las quemas prescritas experimentales se hicieron sobre exposiciones de NE a SE y de SO a O, sobre pendientes de entre 40 y 100 %, con una media de 70 % (Cuadro 14).

Para la realización de quemas prescritas, se recomienda evitar terrenos con pendientes mayores a 75%, así como cañadas.



CUADRO 14. Condiciones topográficas en las parcelas de quemas prescritas experimentales.

Exposiciones	NE, E, SE, SO, O	
Pendientes (%)		
	Máxima	100
	Mínima	40
	Promedio	70.3

Tiempo atmosférico

Mientras fueron ejecutadas las quemas prescritas experimentales, se tuvieron temperaturas de 21.1 a 35 °C, con un promedio de 29.3 °C. La humedad relativa varió entre 14 y 88 % (media igual a 45.3 %), y los vientos soplaron a velocidades de entre 0 a 10 km/h en las quemas a favor y de hasta 8 km/h en las quemas en contra, con un promedio de 4.4 km/h (Cuadro 15).

Durante las quemas a favor, los valores medios para temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, alcanzaron las siguientes cifras: 27.4 °C, 60.2 % y 4.8 km/h. En tanto que para las quemas en contra, los promedios fueron: 31.2 °C, 52 % y 4 km/h. Como puede apreciarse por el ambiente más fresco y húmedo para las quemas a favor, por seguridad se comenzó con ellas y luego se hicieron las quemas en contra.

Se recomienda realizar las quemas prescritas con temperaturas no superiores a 28 °C y con humedad relativa igual o superior a 50%, así como con una velocidad de viento que no rebase 8 km/h (fajas a favor) o 10 km/h (quemas en contra).

CUADRO 15. Tiempo atmosférico durante las quemas prescritas experimentales

	Máxima	Mínima	Promedio
Temperatura (°C)	35	21.1	29.3
Humedad relativa (%)	88	14	45.3
Velocidad del viento (km/h)	10	0, -8	4.4

Nota: velocidad del viento negativa indica viento en contra

Comportamiento del fuego en quemas prescritas

En las quemas en contra, la velocidad de propagación fue de entre 0.4 y 1.1 m/min, con una media de 0.6 m/min y longitudes de llama de 1.2 (máxima), 0.3 (mínima) y 0.7 m (promedio).

El comportamiento del fuego durante las quemas a favor, fue: velocidad de propagación, 0.5 m/min (mínima) a 10.9 m/min (máxima), con un promedio igual a 3.6 m/min. Las longitudes de llama variaron de 0.6 a 1.2 m, con un promedio de 0.9 m (Figuras 33 y 34, Cuadro 16).

CUADRO 16. Comportamiento del fuego en quemas prescritas experimentales.

	Promedio	Máximo	Mínimo
Velocidad de propagación (m/min)			
A favor	3.6	10.9	0.5
En contra	0.6	1.1	0.4
Observación en un incendio forestal en el mismo tipo de vegetación			
	10	20	0.5
Longitud de llama (m)			
A favor	0.9	1.2	0.6
En contra	0.7	1.2	0.3
Observación en un incendio forestal en el mismo tipo de vegetación			
	1.9	3.3	0.4

Época en que se realizaron las quemas prescritas experimentales: marzo



FIGURA 33. Fuego prescrito avanzando en contra de viento y pendiente en encinar.



FIGURA 34. Fuego prescrito avanzando a favor de pendiente y viento en bosque de encino, ejido, Villahermosa, Mpio. Villaflores, Chiapas. La baliza tiene 1 m de altura.



FIGURA 35. Tramo de quema prescrita experimental a favor de viento y pendiente, semejando incendio forestal.



Simulación con el programa Behave Plus

Esta simulación se corrió considerando el límite de la ventana de prescripción aquí propuesta. Para ello se empleó el modelo de combustibles 9 (hojarasca de latifoliadas) de Anderson (1982), parcela con 75 % de pendiente, exposición sur, quema en marzo a encinar denso, con temperatura de 28 °C, humedad relativa igual a 50 % y velocidad del viento límite de 8 km/h. Bajo las condiciones dadas, la humedad de combustibles con 1 h de tiempo de retardo se estimó, con la tablas de Sackett, Burgan y Cohen, en 9 %. Se estimó un contenido de humedad igual a 13 y 17 % para materiales leñosos con 10 y 100 h de tiempo de retardo, respectivamente. Se asume que la quema prescrita iniciaría a las 7:00 A. M. y que concluiría a las 10:00 A. M. El comportamiento del fuego sería para el tramo entre fajas a favor. Con las condiciones ambientales dadas, la longitud de llama sería de 1 m y la velocidad de propagación igual a 4.4 m/min, mientras que la altura de chamuscado alcanzaría 4 m. En general el programa Behave se puede usar para el modelo de encinar en el municipio, sus valores de salida quedan dentro de la prescripción recomendada en el presente trabajo.

Comportamiento del fuego en incendios

Fue posible hacer algunas observaciones en un incendio forestal en la zona, que afectó el mismo tipo de vegetación, aunque menos densa y con pastos. Ahí se registraron longitudes de llama de 3 – 4 m, con una media de 1.94 m, así como velocidades de propagación de 10 – 20 m/min a mayores a 50 m/min, a favor de viento y pendiente (Cuadro 16). La Figura 35 muestra un pequeño tramo donde se simuló incendio forestal durante la realización de quemas prescritas experimentales.

Épocas de quema recomendadas

La NOM – 015 permite quemar hasta el mes de marzo. Se recomienda aplicar fuego prescrito temprano en la temporada, preferentemente entre diciembre y febrero, pues los objetivos más relevantes en este tipo de vegetación, como reducción de combustibles forestales y de peligro de incendio, permiten ajustarse a tales fechas en las cuales el comportamiento del fuego tenderá a ser todavía más moderado.



Técnicas de quema recomendadas

Es posible utilizar quemas en contra, sin embargo, el avance puede ser muy lento. También son recomendables las fajas a favor, en contra y, si se van a tratar varias hectáreas, la quema Chevrón puede ser una alternativa. En este último caso, toda el área de quema debe quedar bien aislada y sin zonas potencialmente complicadas en el perímetro. Tal aislamiento, además de una amplia brecha perimetral, se puede complementar con líneas negras o quemando zonas más amplias antes de quemar el interior de la unidad de quema. Las unidades de quema amplias, por ejemplo de 12 ha, pueden ser divididas en tres subunidades de quema de aproximadamente 4 ha cada una y trabajar una por día consecutivo.

Consideraciones de seguridad

En varios parajes, entre este tipo de vegetación puede haber abundancia de pequeñas cañadas que pueden complicar el comportamiento del fuego y podrían producir escapes. La re-radiación entre las laderas de la cañada, muy próximas entre sí, así como los vientos, pueden facilitar que el fuego salga de la parcela. Por ello se recomienda, como en todos los tipos de vegetación, quemar dentro de la ventana de prescripción, temprano por la mañana o incluso por la noche cuando esto pueda hacerse. Por otra parte, la hojarasca suelta puede formar pavesas en presencia de viento, lo cual debe tenerse presente y en vigilancia. En varias zonas, en torno al mes de febrero, cerca de los parteaguas los vientos suelen soplar fuerte (hasta 35 km/h, por ejemplo) y cambiar de dirección.

Severidad del fuego en el arbolado

En árboles en torno a 10 m de altura y con diámetros normales alrededor de 20 cm, así como altura de la copa viva entre 3 y 4 m, el chamuscado de copa fue mayor en las quemas en contra (31%) que en las quemas a favor (11%). Aunque en ninguno de los dos casos se trata de una afectación severa, las condiciones más secas durante las quemas en contra propiciaron el ligero mayor daño. Sin embargo, nada comparable con los efectos del incendio, donde el chamuscado fue de 97% y la altura de la cicatriz sobre el tronco igual a 2.6 m, más del doble que la misma variable en las quemas en contra y casi nueve veces más que la altura de cicatriz sobre el tronco registrada para las quemas a favor (Cuadro 17, Figura 36). Cabe señalar que también había combustibles más altos, zacate y arbustos, en la localidad donde se dio seguimiento a un incendio.

CUADRO 17. Severidad de quemas prescritas a favor y en contra e incendio en el arbolado

Variable	Quema en contra	Quema a favor	Incendio forestal
Diámetro normal (cm)	20.8	20.2	18.3
Diámetro a la base (cm)	22.9	23.7	20.3
Altura (m)	10.8	9.4	9.0
Altura copa viva (m)	4.6	3.2	3.4
Chamuscado de copa (%)	30.8	11.4	96.7
Altura cicatriz tronco (m)	1.2	0.3	2.6

En quemas prescritas de baja intensidad, no se espera mortalidad entre el arbolado. En el caso de incendios forestales, sí. Aunque no se cuenta con información formal sobre el efecto del fuego en la mortalidad de encinos tropicales, un estudio con un encino de región templado fría (*Quercus crassipes*), en Puebla, deja ver que árboles pequeños son los que pueden sufrir mayor mortalidad durante incendios forestales y que en la medida que los árboles son más grandes resultan menos afectados. Es interesante señalar que, en los árboles adultos, cuando muere la parte aérea, solamente en 1/3 de los casos, aproximadamente realmente morirá todo el árbol. Es decir, en el otro 2/3 de los casos, los árboles sobreviven y eventualmente recuperarán su biomasa aérea pues rebrotan (Juárez *et al.*, 2012). No obstante, Rodríguez *et al.* (2019), estudiaron un pinar incendiado con severidad 6 meses antes en el ejido Sombra de la Selva; ahí había varios encinos y su mortalidad fue 57.1 %.



FIGURA 36. (A y B) Encinar (en época de reposo, por ello está perdiendo el follaje) tratado con quema prescrita de baja intensidad, donde se aprecia la baja severidad que tuvo el fuego, por la corta longitud de la cicatriz sobre el tronco. (Continúa...)



FIGURA 36. (Continúa...)

B



Nota: Parte de la información de este subtítulo se publicó en Rodríguez *et al.* (2018).



BOSQUE DE PINO-ENCINO

En el municipio, en estas asociaciones forestales dominan *Pinus oocarpa* y encinos como *Quercus peduncularis* y *Q. skinneri*. También se ve *Q. magnoliifolia*. Las quemas prescritas para el presente modelo, se trabajaron en el ejido Ricardo Flores Magón, en la REBISE.

Combustibles forestales

El área muestreada fue una con exclusión de fuego por muchos años. De ahí la elevada carga de combustibles forestales que alcanzó, la mayor en el presente trabajo, con casi 45.2 t/ha (Figura 37). La mayor proporción de la carga la aportaron, respectivamente, la hojarasca (35.3%), los materiales leñosos (32.2%) y la capa de fermentación (16.3%) (Cuadros 18 y 19). Si se toma como 100% la carga de materiales leñosos, los que tienen un tiempo de retardo de 1 000 horas y son firmes, aportan el 81.2%.

FIGURA 37. Bosque de pino-encino, ejido Ricardo Flores Magón, Mpio. Villaflores, Chis.





Emisiones

Por seguridad se comenzó primero con las quemas a favor, cuando el ambiente estaba más fresco y húmedo. Esto influyó para que consumo y emisiones de CO₂ resultasen ligeramente mayores en las quemas en contra (Cuadro 18).

CUADRO 18. Cargas promedio de combustibles, factores de consumo y emisiones de CO₂ en **bosque de pino-encino**, ejido Ricardo Flores Magón, Mpio. Villaflores y REBISE, Chis.

Tipo de combustible	Carga (t/ha)	FCF	EF (t CO ₂ /ha)	FCC	EC (t CO ₂ /ha)
Hojarasca	15.942	0.933	25.330	0.998	27.095
Capa de fermentación	7.344	0.749	9.368	0.982	12.282
Zacates	1.018	0.911	1.579	0.989	1.715
Herbáceas dicotiledóneas	0.621	1.000	1.058	0.943	0.997
Arbustos	4.866	0.687	5.693	0.808	6.696
Regeneración	0.825	1.000	1.405	0.764	1.073
Materiales leñosos					
1 h P	0.063				
Q	0.047				
St	0.110				
10 h P	0.600				
Q	0.253				
St	0.853				
100 h P	0.279				
Q	0.000				
St	0.279				
1000 h F P	9.082				
Q	2.740				
St	11.822				
1000 h P P	1.491				
Q	0.000				
St	1.491				
Subtotal leñosos	14.555	0.883	21.887	0.757	18.764
Carga total, FCF, EF, FCC y EC	45.171	0.862	66.320	0.892	68.622

FCF=factor de consumo a favor, EF=emisión de CO₂ a favor, FCC=factor de consumo en contra, EC=emisión de CO₂ en contra. P=*Pinus*, Q=*Quercus*, St=subtotal.

Topografía

Este tipo de vegetación se halla sobre topografía accidentada y todas las exposiciones. Las quemas prescritas se hicieron sobre pendientes de entre 50 a 90 %, con un promedio de 73 %, así como exposiciones de N a SE (Cuadro 20).

CUADRO 19. Otras características de los combustibles forestales.

Otras cargas parciales (t/ha)

Carga total de combustible muerto y vivo < 7.5 cm de diámetro (t/ha)	31.858
Carga de combustible muerto con 1 h de TR (t/ha)	0.110
Carga de combustible vivo (t/ha)	6.312

Alturas y profundidades de camas de combustibles (m)

Profundidad capas de hojarasca y de fermentación	0.06
Altura zacates	0.38
Altura arbustos	1.49


Ejemplos de especies típicas

Árbóreas: *Pinus oocarpa*, *Quercus peduncularis*, *Q. magnoliifolia*, *Q. skinneri*, *Q. spp.*

Arbustivas: *Ballota suaveolens* (hierba del burro), *Verbesina gigantoides* (bordón de viejo), *Crotalaria longirostrata* (chipilín de caballo).

Zacates: *Melinis minutiflora* (zacate gordura), *Hyparrhenia rufa* (zacate jaragüa), *Paspalum multicaule* (zacate de llano).

CUADRO 20. Condiciones topográficas en las parcelas de quemas prescritas.

Exposiciones	NE, E, SE, SO, O	
Pendientes (%)		
	Máxima	90
	Mínima	50
	Promedio	73



Se recomienda no realizar quemas prescritas sobre laderas con pendientes superiores a 75%, pues con cualquier método de quema con pendientes muy pronunciadas existe un mayor riesgo.

Tiempo atmosférico

Las quemas prescritas experimentales fueron conducidas entre temperaturas de 20.6 a 37.7 °C, con una media de 28.8 °C, así como humedades relativas de 32 a 77% y un promedio de 49.9%. La velocidad del viento fue de 0 a 6.4 km/h en las quemas a favor, y de 0 a 10 km/h en las quemas en contra. Para esta última variable, el promedio general fue igual a 2.2 km/h (Cuadro 21).

Se recomienda una temperatura no superior a 28 °C, así como una humedad relativa no inferior a 50% y una velocidad del viento que no supere 7 km/h (para fajas a favor) o 10 km/h (para quemas en contra).

CUADRO 21. Tiempo atmosférico durante las quemas prescritas experimentales.

	Máxima	Mínima	Promedio
Temperatura de bulbo seco (°C)	37.7	20.6	28.8
Humedad relativa (%)	77	32	49.9
Velocidad del viento (km/h)	6.4	0, -10.0	2.2

Nota: velocidad del viento negativa indica viento en contra

Comportamiento del fuego en quemas prescritas

En las quemas en contra de viento y pendiente, el fuego se propagó muy lento, entre 0.3 y 1.2 m/min (media de 0.89 m/min), con una longitud de llama de entre 0.2 y 1 m (promedio igual a 0.57 m). Con abundancia de hojarasca y sobre pronunciadas laderas, el fuego avanzará muy lento en contra, haciendo poco práctica la quema o que incluso pueda quedar inconclusa por terminarse la ventana de prescripción. A causa de ello, la quema en fajas, tanto en contra como a favor, es una alternativa para realizar la quema prescrita (Figura 38).

Las quemas prescritas experimentales a favor de viento y pendiente, alcanzaron velocidades de propagación de entre 0.7 y 16.7 m/min (promedio igual a 5 m/min), así como longitudes de llama entre 0.4 y 1.8 m (media igual a 0.97 m). Claramente los intervalos superiores de ambas variables más bien corresponden a simulación de incendios forestales (Figura 39, Cuadro 22).



Durante quemas prescritas la llama no debe exceder de 1 m, ni la velocidad de propagación superar 10 m/min.



FIGURA 38. Quema prescrita en contra, modelo de combustibles pino-encino, ejido Ricardo Flores Magón.



FIGURA 39. Quema prescrita a favor, modelo de combustibles pino-encino, ejido Ricardo Flores Magón.



FIGURA 40. Tramo de quema prescrita experimental a favor de viento y pendiente, emulando incendio forestal.



CUADRO 22. Comportamiento del fuego en quemas prescritas experimentales, bosque de pino-encino.

	Promedio	Máximo	Mínimo
Velocidad de propagación (m/min)			
A favor	5.0	16.7	0.7
En contra	0.89	1.2	0.3
Longitud de llama (m)			
A favor	0.97	1.8	0.4
En contra	0.57	1.0	0.2

Quemas prescritas experimentales realizadas en marzo.

Simulación con el programa Behave Plus

Se consideró quema prescrita en el mes de marzo, en condiciones límite de prescripción, sobre una ladera sur, en un bosque de pino-encino abierto, con zacates y hojarasca, sobre una pendiente de 75%. Se presupone inicio de quema temprano, alrededor de las 7:00 A. M., con baja temperatura y elevada humedad, y término alrededor de las 10:00 A. M., con los límites de la ventana de prescripción recomendada: temperatura, 28 °C; humedad relativa, 50% y velocidad de viento máxima igual a 7 km/h. Las condiciones anteriores derivan en una humedad de combustibles finos, con 1 h de tiempo de retardo, calculada con las tablas de Sackett, Burgan y Cohen, de 9%. Se asume un contenido de humedad de 13% para materiales leñosos con 10 h de tiempo de retardo e igual a 17% para los de 100 h de tiempo de retardo. La estimación es para fuego a favor, usado con la técnica de fajas a favor. Se empleó el modelo de combustibles TL6 (detritos bajo dosel, carga moderada, no muy compacta) de Scott y Burgan (2005). De esta manera, la velocidad de propagación calculada fue de 2.9 m/min, la longitud de llama igual a 0.9 m, y la altura de chamuscado de copa alcanzó 3.5 m. Esos últimos, valores adecuados, dentro de prescripción. Se considera que este modelo de combustibles puede ser de utilidad para elaborar prescripciones de quema prescrita o estimaciones de comportamiento del fuego durante incendios forestales.

Comportamiento del fuego en incendios

En condiciones de baja humedad relativa, sitios con pendiente pronunciada y viento a favor, el fuego puede avanzar a 35 m/min o mucho más rápido, con longitudes de llama de 4 m o más (Figura 40).

Épocas de quema recomendadas

Para masas relativamente densas, donde se busca reducir la carga de combustibles, es conveniente quemar entre diciembre y febrero, cuando las condiciones ambientales tienden a ser más moderadas. Si se trata de una masa abierta, con pastos y se busca producir rebrotación para el ganado, entonces debe quemarse en marzo. Técnicamente, con este objetivo, en teoría sería más conveniente quemar en abril e incluso mayo, cuando el forraje es más escaso, pero la NOM-015 limita esta posibilidad ante el mayor peligro de incendio existente en tales meses, que representan el pico de la temporada de incendios.

Técnicas de quema recomendadas

Fajas a favor o en contra, quemas en contra. Para superficies un poco mayores (de algunas hectáreas) y cuando se cuente con suficiencia de recursos humanos y materiales, se puede trabajar con el método Chevrón, que esencialmente son quemas en contra de la pendiente.

Consideraciones de seguridad

El trabajado fue un sitio con exclusión del fuego que, por tal razón, ha acumulado una elevada carga de combustibles forestales, con una alta proporción de materiales leñosos pesados (ver Combustibles forestales en el presente tipo de vegetación). Si los pinos presentes tienen heridas de resinación, el fuego puede ascender por ellas, dañándolos. La hojarasca de encino, levantada por el viento en llamas, puede formar riesgosas pavesas volantes. Esto debe tenerse presente y bajo vigilancia durante la quema. La búsqueda de posibles focos secundarios iniciando o de pavesas aterrizando, debe hacerse de espaldas a la unidad de quema, mirando si alguna pavesa cruza la brecha cortafuego e inicia algún foco en terrenos vecinos.

Severidad del fuego en el arbolado

En árboles alrededor de 10 m de altura, con diámetros normales de unos 20 cm y alturas a la copa viva del orden de 3 m, el chamuscado de copa tanto en las quemas a favor como en contra, fue adecuado, de sólo 30% en promedio. La altura media de la cicatriz sobre el tronco en ambos casos no excedió de 30 cm (Cuadro 23 y Figura 41).



CUADRO 23. Severidad del fuego en el arbolado, bosque de pino-encino, ejido Ricardo Flores Magón.

Variable	Quema en contra	Quema a favor
Diámetro normal (cm)	21.5	20.8
Diámetro a la base (cm)	29.1	22.7
Altura (m)	10.3	7.9
Altura copa viva (m)	3.3	3.2
Chamuscado de copa (%)	31.5	29.3
Altura cicatriz tronco (m)	0.2	0.3

FIGURA 41. Bosque de pino encino recién tratado con quema prescrita y que muestra mínima afectación en el arbolado.



Para estimar la probabilidad de mortalidad de los pinos, se puede usar el Cuadro 11 de Bosque de Pino.



PASTIZAL

Para pastizal se tomó uno exótico, pero ampliamente extendido en el municipio de Villaflores, el de pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*) en un terreno donde alcanzaba poco menos de 1 m de altura. Para este modelo se trabajó en el Ejido California, dentro de la REBISE.

FIGURA 42. Pastizal artificial de pasto jaragua.



Combustibles forestales

La carga media fue igual a 6.214 t/ha (Figura 42), con una altura media de 0.76 m y una cobertura promedio de 88%. Los Cuadros 24 y 25 muestran cargas parciales promedio por tipo de combustible y características de la cama para el presente modelo.

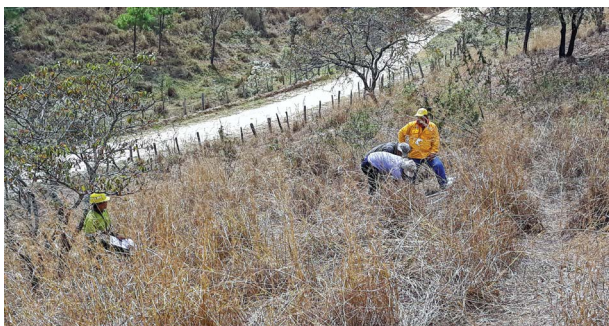


CUADRO 24. Cargas promedio de combustibles, factores de consumo (F) y emisiones de CO₂, por tipo de combustible en el **pastizal**, ejido California y REBISE, Chis. Como no hubo diferencias en consumo entre quemas a favor y en contra, se consideró la media general.

Tipo de combustible	Carga (t/ha)	F	E (t CO ₂ /ha)
Hojarasca	0.085	0.953	0.138
Pastos	4.803	0.982	8.032
Herbáceas dicotiledóneas	0.007	1.000	0.012
Arbustivas	0.230	0.943	0.369
Leñosos			
	1 h	0.032	
	10 h	0.822	
	100 h	0.236	
Subtotal leñosos	1.090	1.000	1.856
Carga total, F y E	6.215	0.983	10.404

Nota: En el muestreo no hubo capa de fermentación ni renuevo.
F = factor de consumo. E = emisión de CO₂.

CUADRO 25. Otras características de los combustibles.



Otras cargas parciales (t/ha)

Carga total de combustible muerto y vivo < 7.5 cm de diámetro (t/ha)	6.215
Carga de combustible muerto con 1 h de TR (t/ha)	0.032
Carga de combustible vivo (t/ha)	0.237

Alturas de camas de combustibles (m)

Altura pastos	0.76
---------------	------



Ejemplos de especies típicas

Especie dominante (es exótica): zacate jaragua, *Hyparrhenia rufa*.



Emisiones

El consumo de combustibles forestales fue similar tanto para quemas a favor como para quemas en contra (Cuadro 24). Se consumió más del 98% de los combustibles. Las emisiones corresponden a 10.4 t CO₂/ha. Los pastos, el combustible dominante, aportaron casi 80% de tales emisiones.

Topografía

La topografía en la que se realizó el presente estudio fue una ladera relativamente uniforme con pendiente de 48 a 70% y media igual a 62% para las quemas a favor, y de hasta 45% y con un promedio de 26% para las quemas en contra (Cuadro 26).

Recomendable no hacer estas prácticas con pendientes superiores a 70%. Cerca de parteaguas las corrientes de aire son cambiantes y pueden hacer errático el comportamiento del fuego. Ahí también puede facilitarse la generación de remolinos que se pueden convertir en remolinos de fuego.

CUADRO 26. Condiciones topográficas en las parcelas de quemas prescritas.

Exposiciones	S
Pendientes (%)	
Máxima	70
Mínima	7
Promedio	44

Tiempo atmosférico

Durante las quemas prescritas a favor, la velocidad del viento varió entre 0 y 14 km/h, con una media de 7.7 km/h. La temperatura osciló entre 23.3 a 25.6 °C, con un promedio igual a 23.4 °C, mientras que la humedad relativa varió de 64 a 66% y promedio de 64.7% (Cuadro 27).

En el caso de las quemas en contra, la velocidad del viento fue de 0 a 8 km/h, promedio igual a 2.8 km/h; la temperatura fluctuó entre 21.1 y 28.3 °C, con una media de 23.1 °C; mientras que la humedad relativa estuvo entre 54 y 82%, con un promedio de 66.8% (Cuadro 27).

**CUADRO 27.** Tiempo atmosférico durante las quemas prescritas experimentales.

	Máxima	Mínima	Promedio
Temperatura de bulbo seco (°C)	28.3	21.1	23.3
Humedad relativa (%)	82	54	65.8
Velocidad del viento (km/h)	14	0, -10.0	2.2

Nota: velocidad del viento negativa indica viento en contra.

Con base en lo anterior, se recomienda que la temperatura no supere 28 °C, la humedad relativa no sea inferior a 50% y que la velocidad del viento no exceda 8 km/h para realizar quemas prescritas en pastizales como estos.

Comportamiento del fuego

En las quemas en contra de viento y pendiente, la longitud promedio de llama estuvo en torno a 1 m y la velocidad de propagación media fue bastante lenta, menor a 1 m/min (Cuadro 28, Figura 43).

Para las quemas a favor, en promedio, la longitud de llama a favor prácticamente cuadruplicó la longitud de llama en contra, mientras que la velocidad de propagación fue, como promedio, 33 veces superior a favor que en contra. Las quemas a favor mostraron promedios de casi 4 m en longitud de llama, con máximo de 6 m, así como velocidad de propagación superior a 20 m /min, e incluso alcanzaron 50 m/min, de modo que simulaban incendio (Cuadro 28, Figura 44).

La prescripción debe enfocarse a que la longitud de llama no supere 1 m y a que la velocidad de propagación no rebase de 5 - 7 m/min.

CUADRO 28. Comportamiento del fuego en quemas a favor y en contra, sobre pastizal artificial de pasto jaragua.

Variable	Quema a favor			Quema en contra		
	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx	Mín
Longitud de llama (m)	3.92	6.0	2.8	1.07	1.8	0.4
Profundidad de llama (m)	1.83	2.50	1.5	0.23	0.4	0.15
Velocidad de propagación (m/min)	22.3	50.0	4.9	0.67	1.3	0.5

Quemas prescritas experimentales realizadas en el mes de marzo.

Simulación con el programa Behave Plus

Para este ejercicio, bajo condiciones límite de prescripción, se consideró una parcela con exposición sur, pendiente límite de 70% (pero como se quemará en contra, la pendiente será 0%), sobre pastizal alto (modelo 3 de combustibles de Anderson, 1982). Se prevé usar la técnica de quema en contra en el mes de marzo. Se asume inicio por la mañana, a las 7:00 A. M., con condiciones de estabilidad (elevada humedad, baja temperatura y poco viento) y término de la ventana de prescripción alrededor de las 10:00 A. M., con temperatura de 28 °C, 50% de humedad relativa y vientos a favor de la pendiente iguales a 8 km/h (por tratarse de quema en contra se maneja una velocidad de 0 km/h). La humedad de combustibles finos, calculada con las tablas de Sackett, Burgan y Cohen, fue 9%. Como resultado, el programa Behave Plus arroja 1.2 m/min como velocidad de propagación y una longitud de llama igual a 0.8 m, dentro de prescripción.

Comportamiento del fuego durante incendios forestales

Partes de las parcelas tratadas a mayor intensidad durante las quemas experimentales, dieron una muestra de comportamiento del fuego durante un incendio. Las longitudes de llama pueden alcanzar e incluso rebasar 4 – 6 m y la velocidad de propagación del fuego ser de 20 – 50 m/min y más (Figura 45).

Épocas de quema recomendadas

Para objetivos de reducción de peligro o reducción de combustibles en áreas vecinas a vegetación sensible o a otros valores a proteger, la quema prescrita entre diciembre y febrero es apropiada. Si el objetivo es ganadero, lo conveniente será quemar en marzo, cerca de la época en que escaseará más el forraje. Técnicamente convendría quemar con este propósito en los meses de abril y mayo inclusive, debido a la escasez de forraje por tales meses. Sin embargo, esto lo prohíbe la NOM-015, que solamente permite quemar hasta el mes de marzo. Tal limitación obedece al mayor peligro de incendio prevaleciente en abril y mayo, cuando el ambiente está muy seco.

Técnicas de quema recomendadas

Se recomienda usar quemas en contra o bien fajas en contra, pero estas últimas requerirán mucho trabajo, abrir la serie de brechas internas requerida entre el



zacatal. Otra opción es abrir líneas negras en días nublados o temprano en días previos, en lugar de brechas internas. Se pueden usar fajas a favor, siempre que esto se haga muy temprano y se termine a las 9:00 A. M. a más tardar, sin o con poco viento. Las fajas deberán ser muy angostas (3-5 m de anchura, no más), de lo contrario las características de la quema serán más bien de quemas a favor. También debe tratarse de un área donde los pastos no rebasen 80 cm de altura en promedio y donde haya buena visibilidad y acceso para el torchero. Por la continuidad de las brechas habrá que contar con más de una antorcha y suficiente aprovisionamiento de mezcla combustible.

Consideraciones de seguridad

Si bien una quema prescrita en contra de viento y pendiente en pastizal puede desarrollarse muy lentamente, el jefe de la quema y quienes la conducen jamás deben confiarse, pues al menor error, por ejemplo, una pavesa volante (común en este tipo de combustibles), descuido al caminar con la antorcha o un cambio en el viento, puede generarse un foco secundario que avanzará muy rápido a favor de pendiente y viento y, de no ser sofocado de inmediato, puede constituirse en un incendio rápidamente. En tal caso, prácticamente el fuego no podría controlarse sino hasta después que alcance un parteaguas. En el remoto caso de escape, el fuego no debe combatirse por el frente, avanzará muy rápido y con grandes llamaradas. Habrá que irlo reduciendo por los flancos y el frente solamente puede atacarse por su parte posterior, cuando el fuego no sea muy intenso y teniendo mucho cuidado ante cambios en la dirección del viento que pueden enviar lenguas de fuego hacia los combatientes. Lo mejor es no confiarse a pesar del lento avance del fuego durante la quema prescrita, mantenerse alerta y prevenir escapes.



FIGURA 43. Quema prescrita en contra de viento y pendiente. Las balizas miden 1.2 m de altura.



FIGURA 44. Quema prescrita experimental a favor de viento y pendiente, emulando incendio forestal. La baliza mide 1.2 m de longitud.



FIGURA 45. Tramo de una quema experimental donde se simuló mayor intensidad, de incendio forestal, en pastizal.



Nota: Parte de la información del presente subtítulo se obtuvo de Rodríguez *et al.* (en prensa).



SABANA

Como sabana se eligió la de un pasto artificial con cerca de 2 m de altura, el pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*), introducido y abundante en el municipio. Los escasos árboles presentes en la sabana estudiada fueron principalmente encinos (*Quercus* spp.) y nanche (*Byrsonima crassifolia*). Las quemas prescritas para este modelo fueron trabajadas en el ejido Ricardo Flores Magón, en la REBISE.

Combustibles forestales

Estas sabanas tienen pastos con cargas elevadas, en promedio 14.119 t/ha, y una media general de altura igual a 1.67 m, si bien en algunos sitios la media alcanzó 2.33 m y algunos individuos pueden medir hasta 3.20 m de altura (Figura 46, Cuadros 29 y 30).

FIGURA 46. Combustibles forestales en sabana, con el pasto artificial jaragua. La persona mide 1.70 m de estatura.



CUADRO 29. Cargas promedio de combustibles, factores de consumo (F) y emisiones de CO₂ (E) por tipo de combustible, en la **sabana** artificial. Ejido Flores Magón y REBISE, Mpio. Villaflores, Chis.

Tipo de combustible	Carga (t/ha)	F	E (t CO ₂ /ha)
Hojarasca	2.291	0.989	3.859
Zacates	8.643	0.923	13.586
Herbáceas dicotiledóneas	0.078	0.987	0.131
Arbustivas	1.190	0.009	0.018
Leñosos			
	1 h	0.176	
	10 h	1.366	
	100 h	0.376	
Subtotal leñosos	1.918	0.540	1.764
Carga total, F y E	14.120	0.805	19.357

F = factor de consumo, E = emisión de CO₂.

Nota: En el muestreo no hubo capa de fermentación ni renuevo.

CUADRO 30. Otras características de los combustibles.



Otras cargas parciales (t/ha)	
Carga total de combustible muerto y vivo < 7.5 cm de diámetro (t/ha)	14.119
Carga de combustible muerto con 1 h de TR (t/ha)	0.176
Carga de combustible vivo (t/ha)	1.268
Alturas de camas de combustibles (m)	
Altura pastos	1.67

Especie dominante de pasto (es exótica):
Zacate jaragua, *Hyparrhenia rufa*.

Árboles (escasos):
Quercus spp., *Byrsonima crassifolia*.

Emisiones

Como en el presente modelo de combustibles no se hallaron diferencias significativas entre el consumo de combustibles en las quemas a favor de viento y pendiente y en contra, se promediaron. Casi 19.4 t CO₂/ha son emitidas cuando se quema el pasto jaragua alto (en sabanas o en pastizales, ambos exóticos).

Topografía

Las parcelas de las quemas a favor tuvieron pendientes entre 21 y 54%, con una media de 42%. En las quemas en contra, las pendientes midieron de 47 a 70% y un promedio igual a 59% (Cuadro 31, Figura 47).

Es recomendable no quemar sobre laderas muy pronunciadas, de preferencia que no rebasen 50% de pendiente. Sin embargo, el zacate jaragua también se encuentra sembrado con frecuencia sobre laderas bastante más inclinadas.

CUADRO 31. Condiciones topográficas en las parcelas de quemas prescritas.

Exposiciones	NE y SO
Pendientes (%)	
Máxima	70
Mínima	21
Promedio	59



FIGURA 47. Los pastizales y sabanas artificiales de jaragua, además de su gran altura y relevantes carga e inflamabilidad, se siembran en laderas muy pronunciadas.



Tiempo atmosférico

Al llevar a cabo las quemas prescritas a favor, el viento alcanzó velocidades de 0 a 12 km/h, con un promedio de 3.9 km/h; se registraron temperaturas entre 23.9 y 33.9 °C (promedio, 30.3 °C), y la humedad relativa varió entre 32 y 64% (promedio, 45%).

Durante las quemas en contra, la velocidad del viento fue de 0 a 15 km/h (promedio, 5.1 km/h); se registraron temperaturas de 23.3 a 33.3 °C (promedio, 27.9 °C) y la humedad relativa estuvo en el intervalo de 34 a 70% (media, 53%) (Cuadro 32).

CUADRO 32. Tiempo atmosférico durante las quemas prescritas experimentales.

	Máxima	Mínima	Promedio
Temperatura (°C)	33.9	23.3	29.1
Humedad relativa (%)	70	32	49.0
Velocidad del viento (km/h)	12	0, -15	4.5

Nota: velocidad del viento negativa indica viento en contra

La recomendación es que, para realizar una quema prescrita, la temperatura no rebase de 27 °C, la humedad relativa no sea menor a 60% y que la velocidad del viento no sea superior a 6 km/h, pues los combustibles de este tipo de sabana son muy altos e inflamables.

Comportamiento del fuego en quemas prescritas e incendios

Debido a la gran altura de estos pastos, las quemas prescritas incluso en contra de pendiente y viento, producen longitudes de llama superiores a lo típicamente establecido en los cánones clásicos para quemas prescritas, cerca de 2 m de longitud de llama. Sin embargo, la velocidad de propagación sí es lo suficientemente baja, de 2.8 m/min en promedio (Cuadro 33). Durante las quemas en contra, las puntas de los pastos caen sin consumirse del todo y se acumulan, si bien su carga residual es mínima y muy discontinua (Figura 48).

En las quemas prescritas experimentales simulando incendio forestal, la longitud de llama media alcanzó casi 6 m, y la velocidad de propagación fue cercana a 50 m/min, pero los máximos respectivamente fueron 8 m y 150 m/min (Cuadro 31). Estos últimos con un viento a favor no particularmente veloz (12 km/h), una temperatura de 32 °C, condiciones de baja humedad relativa (38%) y una

pendiente de 54%. Como son comunes vientos más veloces, laderas más escarpadas y condiciones más secas, se pueden producir velocidades de propagación y longitudes de llama todavía más extremas (Cuadro 33, Figura 49).



FIGURA 48. Quema prescrita en contra de viento y pendiente, sabana. En la quema en contra, se aprecian llamaradas independientes, las cuales indican que cada macollo de zacates se va quemando individualmente.



FIGURA 49. Llamarada de 8 m de longitud durante una quema prescrita experimental a favor de viento y pendiente, emulando un incendio forestal en una sabana de pasto jaragua. La baliza que se alcanza a ver entre el fuego y el árbol mide 2 m.



Respecto al presente proyecto, se debe recordar que la disposición de las parcelas y la secuencia para su quema, se hicieron de tal forma que fueran seguras, tanto para el personal como para la prevención de escapes.

CUADRO 33. Medias de variables de comportamiento del fuego en quemas prescritas experimentales a favor (simulando incendio forestal) y en contra, en una sabana artificial de pasto jaragua.

Variable	Quema a favor			Quema en contra		
	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx	Mín
Longitud de llama (m)	5.89	8.0	4.0	2.21	4.0	0.5
Profundidad de llama (m)	1.53	2.5	0.8	0.76	1.5	0.3
Velocidad de propagación (m/min)	45.5	150.0	11.9	2.8	8.3	0.4

Quemas prescritas experimentales realizadas en el mes de marzo.

Simulación con el programa Behave Plus

Se asume que la quema prescrita se hace en marzo y que inicia temprano, a las 7:00 A. M., con baja temperatura y elevada humedad, sin viento y que continúa hasta alrededor de las 10:00 A. M., cuando termina la ventana de prescripción y se alcanzan sus valores límite recomendados (condiciones límite de prescripción): 27 °C y 60% de humedad relativa. Para ejemplificar con este modelo, se asumen un terreno con pendiente de 60% y exposición sur, pero con quema en contra, por lo cual el valor de la pendiente será 0%. La velocidad del viento será 5 km/h, como la quema será en contra se tomará como 0 km/h en la simulación. Se usará el modelo de combustible GR9 (pastizal abundante y pesado) (Scott y Burgan, 2005). Bajo estos supuestos, la humedad de combustibles finos (1 h de tiempo de retardo) es igual a 10%, conforme a las tablas de Sackett, Burgan y Cohen. El programa requiere el contenido de humedad de materiales leñosos con 10 h de TR, así como el de herbáceas vivas, que se estiman en 13 y 120%, respectivamente. La salida del programa arroja 5.6 m/min como velocidad de propagación y 2.1 m para longitud de llama. Esos valores están ligeramente por encima del límite de la prescripción, por lo cual se considera que con este modelo Behave Plus puede proporcionar corridas útiles para el caso analizado.

Épocas de quema recomendadas

Debido a las condiciones de alto peligro que tipifican a pastizales y sabanas de jaragua cuando ya está alto, se recomienda que se use el fuego tal como lo indica



la NOM-015, entre diciembre y no después de marzo. Cabe señalar que la época de mayor utilidad para el productor es durante la época pico de la temporada de incendios, abril-mayo, cuando ya está cerca la temporada de lluvias. Pero en esos meses el peligro de incendio es muy alto.

Técnicas de quema recomendadas

La quema prescrita de sabanas o pastizales tan altos como el presente, involucra un reto. Su elevada talla, ligereza, pequeña relación superficie/volumen pero a la vez su relevante carga, así como las pronunciadas pendientes sobre las que se encuentran, junto con los fuertes vientos ascendentes, hacen que un incendio forestal a favor de todas estas condiciones sea prácticamente imparable con medios terrestres, así como muy peligroso.

Por lo anterior, las precauciones de todo tipo deben extremarse y se recomienda usar métodos de quema en contra. El método de fajas en contra solamente deberá aplicarse cuando exista buena visibilidad, pues otro problema estriba en que, por su altura, los pastos obstaculizan la visual y ello representa un peligro, pues el torchero puede desubicarse y no llevar a cabo óptimamente su tarea e incluso ponerse en una situación de peligro.

Consideraciones de seguridad

La ligereza de estos pastos, su elevada inflamabilidad, su relativamente elevada carga, su gran altura pues algunos individuos pueden alcanzar 3 m, las pronunciadas pendientes (a veces superiores a 100%) donde se suele sembrar y los vientos ascendentes, hacen que el fuego a favor sea extremo, puede alcanzar 8 m de longitud de llama y 150 m/min como velocidad de propagación o más en ambas variables. Por todo lo anterior solamente se recomienda realizar la quema en contra, acamando (pisoteando) para reducir la altura de los combustibles, doblándolos hacia el lado contrario a la parcela de quema prescrita, en una banda de 3 m de anchura del otro lado de la brecha que rodea la parcela a tratar. También se recomienda hacer lo mismo sobre el perímetro de la parcela a tratar, pero esta vez acamando los pastos hacia dentro de la parcela. Las brechas cortafuego deben ser amplias, de 3 m. Debido a la gran altura de los pastos, si un brigadista se interna en la parcela, por ejemplo el torchero, puede perder su ubicación y ponerse en una situación peligrosa o poner a otros miembros de la cuadrilla en riesgo. Debido a lo anterior, no debe haber personal dentro de la parcela durante la quema prescrita.



Recomendaciones para combate en este tipo de sabana

Por otra parte, para combatir un incendio en este tipo de combustible y condiciones, lo más juicioso y efectivo será atacar por cola e inicios de flancos, pero listos ante un posible cambio en la dirección del viento, en particular cerca de parteaguas, que pueda enviar largas lenguas de fuego y humo hacia los combatientes. Lo más efectivo con el frente y partes más elevadas de los flancos, será dejar que lleguen a otro tipo de vegetación, con combustibles más bajos, para poder combatir el frente desde dentro del área quemada, en particular si esto ocurre del otro lado de un parteaguas y entonces el frente avanzará ahora hacia abajo de la pendiente, con más moderación.

Recuerde: El fuego a favor en este tipo de vegetación tiene llamas muy largas, es imparabile con medios terrestres tradicionales, por las extremas velocidad y longitud de llama que puede alcanzar cuando avanza a favor de viento y pendiente. Además genera pavesas volantes. En otras áreas los autores han observado que, incluso cuando el fuego avanza en contra de la pendiente (en ambientes muy secos y con viento veloz en contra), el fuego puede ir rápido (10 m/min o más) y con longitudes de llama de hasta 4 m o más.

Efectos en el arbolado

Los escasos árboles presentes en estas sabanas pueden recibir un alto nivel de afectación en la copa; sin embargo, se trata de especies adaptadas al fuego, tolerantes a él, que recuperan follaje y rebrotan con facilidad. A pesar de ello se recomienda que no resulte afectada más de la mitad de la copa, si bien no es fácil apreciar esto en especies latifoliadas y menos si, por la época del año, antes de la quema ya perdieron temporalmente el follaje.

Nota: Parte de la información se obtuvo de Rodríguez-Trejo *et al.* (en prensa).



**MODELO DE COMBUSTIBLES FORESTALES
CARGA DE COMBUSTIBLES
COMPORTAMIENTO DEL FUEGO
CONSUMO
EMISIONES
SEVERIDAD EN EL ARBOLADO**

Para selva baja en el municipio de Villaflores y la Reserva
de la Biosfera La Sepultura, Chiapas

SELVA BAJA

124

NOTA: LAS SELVAS BAJAS SE CONSIDERAN DEL TIPO INFLUENCIADAS POR EL FUEGO, ES DECIR, CON ESPECIES RESISTENTES PERO CON OTRAS ESPECIES SENSIBLES AL FUEGO (RODRÍGUEZ *ET AL.*, 2019), POR LO CUAL LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTA SECCIÓN ES PARA SU APLICACIÓN EN COMBATE DE INCENDIOS. NO SE ENDOSA LA REALIZACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS EN ESTE TIPO DE VEGETACIÓN.



SELVA BAJA

Esta selva baja, transicional con selva mediana, presenta una elevada riqueza de especies. Entre las típicas de selva baja se tiene: caobilla (*Swietenia humilis*), guaje blanco (*Leucaena esculenta*), hormiguillo (*Dalbergia tucurensis*), mulato (*Bursera simaruba*), nanche (*Byrsonima crassifolia*), entre otras. Algunos ejemplos de especies más bien de selva mediana, incluyen al canelo (*Calycophyllum candidissimum*), el jocotillo (*Astronium graveolens*) y el guapinol (*Hymenaea coubaril*). Rocha *et al.* (2010) identifican 233 especies para las selvas bajas (bosque tropical caducifolio) de la depresión central de Chiapas.

Hacia 1952, Miranda (1952, 2015) pensaba que las selvas bajas del centro de Chiapas eran alteradas, producto de siglos de uso del fuego y ganadería. Rodríguez *et al.* (2019) pudieron comprobar con datos lo anterior en una selva baja incendiada dieciocho meses antes, pues prácticamente no hubo mortalidad y hallaron 37 especies en un muestreo, con 28 especies exhibiendo adaptaciones al fuego como corteza gruesa, rebrotación, semillas con latencia física y regeneración en áreas quemadas. Es decir, las especies encontradas son producto de una selección por fuego recurrente que muchos años atrás eliminó a las especies sensibles al fuego (por ejemplo, aquellas con corteza más delgada y que no rebrotan después de los incendios). Muchas veces se consideraba a las selvas bajas como sensibles al fuego, pero el estudio deja ver que también las hay influenciadas por este factor.

Estos resultados son consistentes con los de Rocha *et al.* (2010), sobre sucesión, quienes señalan que solo 40 a 56% de las selvas bajas de la depresión central de Chiapas están dominadas por especies de etapas sucesionales avanzadas. Luego entonces, es posible que, en la actualidad, aproximadamente la mitad de esas selvas quepan en la observación que hizo Miranda. Así que mientras más frecuente el fuego, se va simplificando la selva baja, hasta sabanizarse. De cualquier manera, cabe en el grupo de vegetación influenciada por el fuego, con elementos no adaptados y con otros adaptados al fuego. La Figura 50 muestra una panorámica de la selva baja estudiada por Rodríguez *et al.* (2019).

Por otra parte, la selva baja donde se llevaron a cabo las quemas prescritas experimentales, presenta algunos elementos de transición con una selva mediana. El incluir en el presente Instructivo de Quemias Prescritas este tipo de vegetación, no es para recomendar la realización de quemias prescritas en él. Sin embargo, la información presentada es útil para combate de incendios forestales.

Las quemias prescritas experimentales se llevaron a cabo en selvas bajas caducifolias, con algunos elementos de selva mediana, en el ejido Melchor Ocampo, Mpio. Villaflores y la REBISE.

Combustibles forestales

De las 33.3 t/ha que se tienen como carga promedio, casi la mitad (46.8%) la cubren hojarasca y capa de fermentación y la otra mitad prácticamente la aportan materiales leñosos (46.5%) (Figura 51, Cuadros 34 y 35).



FIGURA 50. Al fondo, selva baja alterada por incendio, el último 1.5 años antes; casi no tuvo mortalidad y se apreciaron varias adaptaciones al fuego en sus especies. La parte baja ya estaba destinada a agricultura y ganadería cuando ocurrió dicho incendio. Comunidad Melchor Ocampo, Mpio. Villaflores, Chis. 2016.



FIGURA 51. Complejo de combustibles en selva baja, en transición con selva mediana, comunidad Melchor Ocampo, Mpio. Villaflores, Chiapas.



CUADRO 34. Carga media de combustibles forestales, factores de consumo y emisiones de CO₂ en selva baja, ejido Melchor Ocampo y REBISE, Mpio. Villaflores, Chis.

Tipo de combustible	Carga (t/ha)	FCF	EF (t CO ₂ /ha)	FCC	EC (t CO ₂ /ha)
Hojarasca	9.377	0.880	14.053	0.969	15.474
Capa de fermentación	6.204	0.937	9.900	0.934	9.868
Zacates	0.001	1.000	0.002	1.000	0.002
Herbáceas dicotiledóneas	0.019	0.897	0.029	1.000	0.032
Arbustos	1.789	0.981	2.989	0.907	2.763
Regeneración	0.427	0.998	0.726	0.902	0.656
Materiales leñosos					
1 h	0.891				
10 h	5.937				
100 h	0.095				
1000 h F	1.041				
1000 h P	7.525				
Subtotal leñosos	15.489	0.942	24.848	0.834	21.999
Carga total, FCF, EF, FCC y EC	33.306	0.926	52.523	0.896	50.821

FCF=factor de consumo a favor, EF=emisión de CO₂ a favor, FCC=factor de consumo en contra, EC=emisión de CO₂ en contra.

Emisiones

Las emisiones resultaron similares con ambos métodos. Las quemas a favor tuvieron una ligera mayor emisión de CO₂ (3.3%) que aquellas en contra.

Topografía

Al realizar las quemas experimentales, se trabajó de exposiciones SE a NO. Las pendientes abarcaron de 0 a 70%, con una media igual a 37% (Cuadro 36).

Tiempo atmosférico

Durante las quemas, la temperatura estuvo entre 20.9 y 38 °C, (media igual a 32.2 °C); la humedad relativa tuvo valores de entre 25 y 90% (promedio de 47.8%) y el viento alcanzó velocidades de 0 a 5.5 km/h (a favor) y de 0 a 7 km/h (en contra) (promedio general igual a 3.9 km/h) (Cuadro 37).

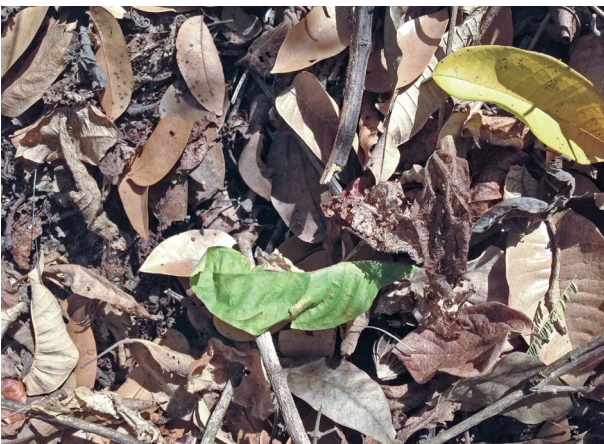
CUADRO 35. Otras características de los combustibles.

Otras cargas parciales (t/ha)

Carga total de combustible muerto y vivo < 7.5 cm de diámetro (t/ha)	24.740
Carga de combustible muerto con 1 h de TR (t/ha)	0.891
Carga de combustible vivo (t/ha)	2.235

Alturas y profundidades de camas de combustibles (m)

Profundidad capa de hojarasca y de fermentación	0.06
Altura arbustos	0.67


Ejemplos de algunas especies típicas (zona transicional entre selva baja y selva mediana)

Arbóreas de selva baja: caobilla (*Swietenia humilis*), guaje blanco (*Leucaena esculenta*), hormiguillo (*Dalbergia tucurensis*), mulato (*Bursera simaruba*), nanche (*Byrsonima crassifolia*), entre otras.

CUADRO 36. Condiciones topográficas en las parcelas de quemas prescritas.

Exposiciones	SE, S, SO, O, NO
Pendientes (%)	
Máxima	70
Mínima	0
Promedio	37

CUADRO 37. Tiempo atmosférico durante las quemas prescritas experimentales.

	Promedio	Máxima	Mínima
Temperatura (°C)	32.2	38.0	20.9
Humedad relativa (%)	47.8	90.0	25.0
Velocidad del viento (km/h)	3.9	5.5	0, -7.0



Comportamiento del fuego en quemas prescritas experimentales

El comportamiento del fuego promedio fue casi seis veces más rápido a favor de viento y pendiente que en contra, y la longitud de llama alcanzó el doble en las quemas a favor que las quemas en contra. Se observó una velocidad máxima de propagación igual a 4 m/min y longitudes de llama de hasta 1 m (Cuadro 38 y Figuras 52 y 53). El fuego puede avanzar sobre un frente que tiende a hacerse irregular en este tipo de vegetación. Esto obedece en parte al piso irregular, pero también a la variada relación superficie/volumen de la hojarasca, que es un abundante combustible superficial en este tipo de vegetación, pues las hojas de algunas especies son muy pequeñas y las de otras son grandes, además presentan diversos niveles de descomposición (Rodríguez *et al.*, 2019).

En el presente instructivo no se recomiendan las quemas prescritas en este tipo de vegetación, pero si por alguna razón muy particular, otra que investigación, tuvieran que hacerse algunas y resultaran autorizadas, se recomendarían las técnicas de fajas a favor, fajas en contra y en contra, así como la Chevrón.

CUADRO 38. Comportamiento del fuego en quemas prescritas experimentales.

	Promedio	Máximo	Mínimo
Velocidad de propagación (m/min)			
A favor	1.47	4.02	0.08
En contra	0.23	0.42	0.04
Longitud de llama (m)			
A favor	0.85	1.00	0.55
En contra	0.40	0.80	0.15

Época de realización de quemas prescritas: marzo.

FIGURA 52. Quema prescrita experimental, simulando incendio en contra.





FIGURA 53. Comportamiento del fuego en quema prescrita experimental, simulando incendio a favor.

Simulación con el programa Behave Plus

En este caso la simulación se corrió bajo un escenario adverso de incendio forestal: en marzo, a las 12 horas, sobre una pendiente de 70%, temperatura de 38 °C y humedad relativa de 25%, con vientos a favor de 6 km/h. Se consideró una exposición sur, bajo dosel y se empleó el modelo de combustibles 9 (hojarasca de latifoliadas) (Anderson, 1982). La humedad de combustibles finos (1 h de tiempo de retardo) arrojó 6%. Se asumieron humedades de 10 y 14% para los materiales con 10 y 100 h de tiempo de retardo. El programa estimó una velocidad de propagación de 4.7 m/min, consistente con las observaciones de campo, y la longitud de llama estimada (1.0 m) fue igual a la observada en campo.

Por otra parte, en este tipo de vegetación hay potencial de incendio subterráneo, el cual no se presentó durante los trabajos de campo ni se modeló.

Consideraciones de seguridad (para combate)

Aunque el avance del fuego es relativamente lento, la rocosidad del terreno puede complicar que las brechas queden sin puente subterráneo de combustibles. Por otra parte, en condiciones extremas, el potencial de incendio subterráneo complica en gran medida el control. Asimismo, las cavidades con ceniza caliente de

hojarasca quemada pueden originar accidentes durante el rescoldeo si la pierna o el pie de un brigadista entra accidentalmente ahí durante esas labores. Las brechas cortafuego deberán incluir zanja, para romper la continuidad de los combustibles subterráneos.

Efectos en el arbolado

La selva baja estudiada tiene árboles en torno a 11 – 13 m de altura y diámetros normales de 16 a 20 cm. En general hubo una altura de cicatriz sobre el tronco baja, si bien alcanzó el doble para las quemas a favor, con respecto a las quemas en contra (Cuadro 39, Figura 54).

CUADRO 39. Severidad de las quemas experimentales en el arbolado.

Variable	Quema en contra	Quema a favor
Diámetro normal (cm)	19.9	15.6
Diámetro a la base (cm)	21.4	18.2
Altura (m)	12.9	10.7
Altura cicatriz tronco (m)	0.2	0.4

FIGURA 54. Cicatriz sobre el tronco producto de una quema experimental a favor de viento y pendiente.





Conforme el estudio de Rodríguez *et al.* (2019) en un paraje vecino, el fuego tiende a eliminar especies no adaptadas al fuego y quedan las más resistentes o tolerantes. Los incendios simplifican la selva baja en esta región, por lo que se considera que este tipo de vegetación es del tipo influenciada por el fuego (algunas de sus especies lo resisten, pero otras son sensibles a él). Cabe esperar que fuegos todavía más frecuentes y/o severos la sabanicen o la conviertan en vegetación secundaria.



MÉTODOS DE IGNICIÓN

Los **métodos de ignición** son la alternativa que se utilizará para prender el fuego necesario con el propósito de realizar una quema prescrita. Como se trata de quemas de superficie pequeña o mediana, normalmente se iniciará la quema con antorchas de goteo (conteniendo una mezcla de diésel al 70–75% y gasolina al 30–25%). En algunos casos se podrán hacer antorchas con zacate o con juncia, ya sea sobre la cuchara de palas o sobre dos ramas paralelas que se van arrastrando con el material combustible ardiendo sobre ellas, como carreta, pero también muchos combatientes, por la amplia experiencia que poseen, utilizan otro tipo de herramientas como el McLeod y el azadón. El combustible se prende con cerillos y el fuego se distribuirá según se haya previsto. Es claro que se tiene mayor eficiencia y mejor rendimiento con la antorcha de goteo, equipo diseñado con el propósito de prender fuego. En otros países, cuando van a ser tratadas grandes extensiones, se utilizan técnicas de ignición con lanzallamas desde vehículos o arrojando materiales inflamables a punto de arder, desde helicópteros.

TÉCNICAS DE QUEMA

Las técnicas de quema se refieren al patrón de quema que va a ser utilizado, a la secuencia de aplicación de fuego en la parcela a tratar. Existen varias técnicas de quema, pero en el presente instructivo se mencionarán solamente las técnicas permitidas por la norma oficial mexicana de uso del fuego (NOM–015, SEMARNAT/SAGARPA, 2007) y que se consideran apropiadas para los tipos de vegetación mantenida por el fuego en el municipio de Villaflores y la REBISE. Las técnicas que a continuación se describen, son: quema en contra, fajas a favor, fajas en contra, perimetral, en flancos y la chevrón. Parte de la información procede de experiencias de los autores con quemas prescritas experimentales u operativas en el municipio y otras partes de México y Estados Unidos. Las fuentes de información para abordar estas técnicas de quema fueron: Wright y Bailey (1982), Chandler *et al.* (1983), Wade y Dixon (1988) y Rodríguez (2015). Las figuras y la base del texto para el presente subtítulo se fundamentaron en Rodríguez (2015). Se describen las técnicas que consideramos tienen más potencial para ser aplicadas en zonas tropicales de Chiapas, pero hay una mayor gama de ellas.

Se debe buscar que la unidad de quema tenga una forma uniforme, rectangular o cuadrada, de ser posible, con dos lados perpendiculares a la dirección de pendiente y viento dominantes. Las brechas cortafuego o líneas negras habrán



de ser de calidad y amplias. Unidades de quema amplias pueden ser subdivididas en subunidades de quema, cada una de las cuales será quemada en una secuencia segura y conveniente. Las diferentes subunidades de quema pueden ser tratadas con la misma o con diferentes técnicas de quema, según convenga.

Quema en contra

Se inicia con una línea de fuego en contra de viento y/o pendiente y se deja progresar. Es pertinente adelantar los flancos unos 5 m. Su velocidad de propagación es lenta, su longitud de llama e intensidad es menor que la quema a favor (esta última, no permitida por la NOM-015), no obstante el tiempo de residencia de la llama es mayor. El tiempo de quema aumenta, pero a cambio se logra un mejor control. Esta técnica resulta adecuada cuando se tienen cargas relativamente elevadas de combustibles o si existe arbolado. Si la topografía no es accidentada, puede tenerse un poco más holgura con el tiempo atmosférico para aplicar las quemaduras en contra. Se da plena oportunidad para que la fauna se refugie en sus madrigueras subterráneas, o escape volando o corriendo. Si hay nidos entre las herbáceas, pueden ser afectados por el fuego o las crías sofocadas por el humo. Por ello es necesario contemplar la época de quema. Conveniente en superficies pequeñas, pues el fuego avanza lentamente. Como el tiempo de residencia de altas temperaturas es largo, potencialmente puede afectar raíces de árboles, especialmente cuando hay una elevada densidad de éstos. En esta situación hay más juncia que al quemarse emite calor hacia las raíces, afectándolas (Figuras 55 y 56).

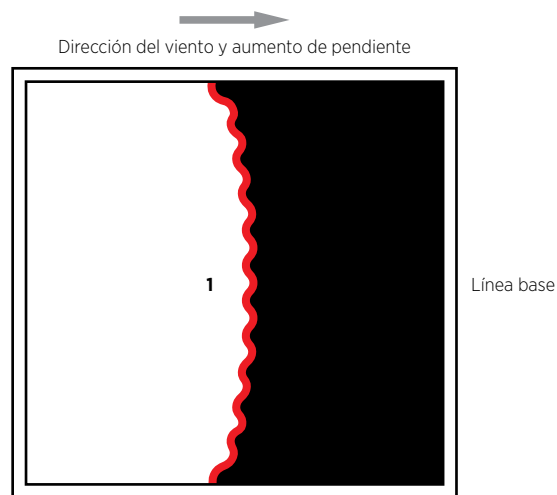


FIGURA 55. Diagrama de quema en contra. El número indica la secuencia de quema. Cuando la quema lleva unos $\frac{3}{4}$ de la superficie a tratar, conviene aplicar un contrafuego, para mayor seguridad. En ésta y las subsecuentes figuras, la flecha indica la dirección hacia donde se dirige el viento. También indica la dirección hacia la parte superior de la ladera.

FIGUR6 56. Quema prescrita en contra de viento y pendiente, bosque de pino-encino, Ejido Ricardo Flores Magón.



Fajas a favor

Después de quemar una línea base en contra, que cubra unos 5 – 10 m de anchura, se queman líneas sucesivas a favor, paralelas a las curvas de nivel. De ser plano el terreno, serán perpendiculares al viento. Cada una de ellas debe quemar tramos pequeños. Es una variante de la quema a favor, pero más controlable. Si la pendiente es moderada y hay poco viento, las quemas en fajas a favor resultan menos intensas que las quemas a favor. Si hay más pendiente y viento (siempre mantenerse dentro de la ventana de prescripción), la intensidad del fuego incluso podría ser mayor que en el caso de quemas a favor, debido al secado que sufren los combustibles por dos lados (fajas). En la medida que la parcela es más grande, y la velocidad del viento y la carga de combustibles menores y su contenido de humedad son mayores, se puede dejar una mayor distancia entre franjas. En parcelas pequeñas, de 1 – 2 ha, se dejan 5 – 10 m entre ellas, pero en parcelas de mayor superficie, se dejan de 10 a 20 m o incluso más. En parcelas pequeñas las franjas se pueden hacer una a una conforme la anterior termine de consumir su franja de combustibles. En superficies medianas o mayores, al mismo tiempo se van iniciando diferentes líneas de fuego. En este último caso, mientras menos tiempo pase entre la quema de diferentes fajas, mejor (Figuras 57, 58 y 72 C).



En teoría, todas las franjas pueden ser quemadas al mismo tiempo. Sin embargo, para dar oportunidad a la fauna para que se refugie o escape, es mejor que las franjas no sean iniciadas consecutivamente o muy seguidas. Esta técnica tiene la bondad de permitir ajuste en la distancia entre fajas, ante cambios en el tiempo atmosférico. Si éste se hace más seco o si el viento aumenta su velocidad, se puede reducir la distancia entre fajas para hacer más segura la quema, siempre respetando la prescripción establecida.

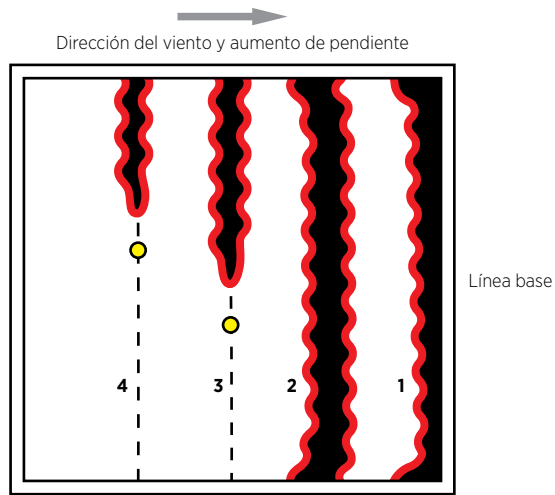


FIGURA 57. Diagrama y secuencia para quemaduras en fajas a favor. Los números indican la secuencia y los puntos amarillos a los torcheros. Al terminar de ser quemada una línea con la antorcha, se pueden quemar ambos flancos para cerrar el área previa que se quema, para mayor seguridad.



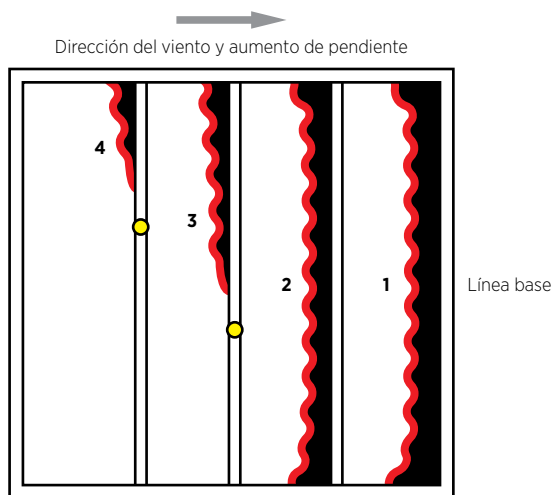
FIGURA 58. Aplicación de fajas a favor en un bosque de pino, Santa Clara, Tlax.

Por seguridad se debe tener una excelente coordinación y sincronización, para que ningún brigadista vaya a quedar atrapado entre dos fuegos. Ningún torchero debe rebasar a otro que inició antes la quema de una línea, dentro de la secuencia progresiva, pues podría atrapar entre fuegos a este último. Es importante recordar que la primera zona segura es la parte quemada, por lo que cada torchero en todo momento debe tener ubicada la ruta para llegar a lo quemado y ésta debe ser accesible. Evitar, por ejemplo, que el torchero tenga que internarse en áreas accidentadas donde se le pierda de vista o que su ruta de escape sea muy escarpada, en una cañada, con una carga elevada de combustibles, y cercana al fuego. La ruta del torchero también debe evitar zonas con abundancia de plantas espinosas, como las zarzas, o arbustos muy densos, que le podrían dificultar el paso y ponerlo en peligro. En tal caso se le debe abrir paso entre tales áreas con toda anticipación.

Fajas en contra

Esta técnica es todavía más segura que la anterior, aunque implica más trabajo, ya que se debe abrir brecha angosta o establecer líneas negras para que a partir de ahí avancen las líneas con fuego en contra de viento y/o la pendiente. Aunque se recomienda tener las mismas consideraciones que en la técnica de fajas a favor, la velocidad de avance de las llamas y su intensidad son menores que en la primera, por lo que resulta más segura. El tiempo de residencia es mayor. La fauna puede escapar y refugiarse con facilidad (Figura 59).

FIGURA 59. Diagrama de una quema en fajas en contra. Los números indican la secuencia de la quema y los puntos amarillos a los torcheros.





Perimetral

Es una técnica segura, pues de inicio el fuego rodea toda la parcela casi simultáneamente. No obstante, se facilita el choque de corrientes de aire caliente (de dentro de la quema) con las de aire frío (de fuera de la quema), lo que puede generar turbulencia, pavesas y remolinos de fuego, con mayores posibilidades de escape del fuego y riesgo para el personal. No es recomendable aplicarla cuando hay elevadas cargas de combustibles forestales. Un inconveniente es que produce mucho humo. En algunos casos puede atrapar a la fauna silvestre, a menos que ésta se refugie en su madriguera o se atreva a cruzar las llamas y logre sobrevivir en el intento. Para lograr la quema lo más simultáneamente posible pueden usarse cuatro torcheros que inicien cada lado al mismo tiempo (Figura 60). Si solamente se cuenta con un torchero, habrá que comenzar por los lados donde el fuego avanzará en contra de viento y/o pendiente y luego seguir con aquellos donde el fuego avanzará a favor y, en ese caso, únicamente se podrá trabajar áreas pequeñas. Solo aplicar esta técnica sobre pendientes moderadas y con viento leve, para que no se genere una quema a favor muy intensa sobre gran parte del terreno.

Sin embargo, en otros países esta técnica suele emplearse sobre grandes superficies. Por ejemplo, en Sudáfrica, para quemar parcelas de más de 2 000 ha, emplean la quema perimetral en sabanas, por seguridad (perímetro quemado), pero buscando que la mayor parte del terreno sea afectada por fuego a favor del viento, ya que se dañará menos a los pastos así, por la rapidez de avance del fuego, que con quema en contra. Con ello buscan producir rebrotes con los cuales alimentar a los grandes herbívoros, como cebras, búfalos africanos, rinocerontes, impalas y otros, base alimenticia de los carnívoros. La parcela es cerrada cuando ya está muy avanzada la quema, para que los animales busquen la vía de escape durante la quema prescrita. Otro objetivo es reducir las especies leñosas, pues el fuego las mantiene a raya. Sin fuego la selva le gana terreno a la sabana y desplaza a mucha megafauna. Con fuego se mantienen la sabana y la diversidad de fauna silvestre (Figura 61).

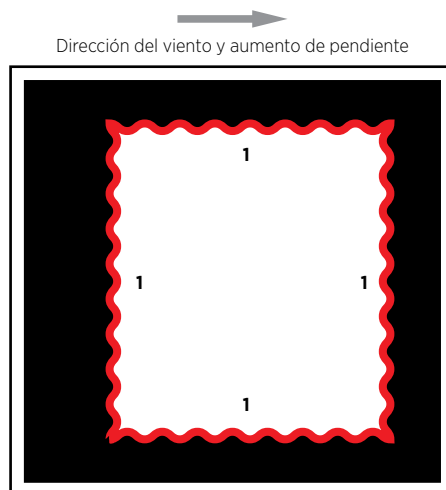


FIGURA 60. Quema perimetral.

FIGURA 61. Porción de una gran quema perimetral (2400 ha) en el Parque de Pilansberg, Sudáfrica, para mantener la sabana y aumentar el forraje para herbívoros, además de reducir combustibles. 2011.



En flancos

Esta técnica se recomienda cuando se busca que la quema sea ligera. En la medida en que las franjas estén más cercanas entre sí, la intensidad del fuego aumentará, y conforme estén más separadas, se reducirá. La misma respuesta se tendrá con la velocidad de propagación del fuego. Varios torcheros caminan equidistantes y al mismo tiempo, en dirección contra viento y/o pendiente, para que el fuego avance con mayor velocidad en dirección contraria al torchero y lateralmente. Dado que a partir de los puntos de ignición el fuego avanza parcialmente a favor del viento, la velocidad de este último debe ser baja. La técnica no es recomendable para cargas mayores a unas 20 t/ha. Este tipo de quema es apropiada cuando la dirección del viento se mantiene constante, de lo contrario no se puede aplicar confiablemente. También se necesita afianzar previamente una línea base e ir afianzando los flancos para poder quemar con seguridad (Figura 62).

→
Dirección de viento y pendiente

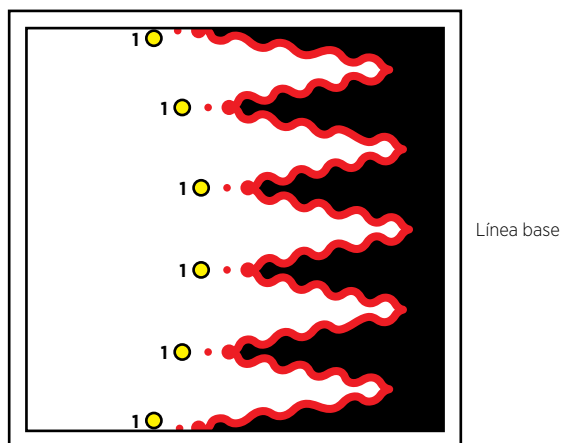


FIGURA 62. Quema en flancos. Varios torcheros avanzan al mismo tiempo prendiendo fuego en puntos muy cercanos, sobre líneas equidistantes y paralelas a los flancos (incluidos estos últimos), donde el fuego avanzará lateralmente.



Chevrón

Esta técnica pareciera complicada, pero en realidad no lo es tanto. También conocida como a los cuatro puntos (cardinales), es idónea para conducir el fuego desde los parteaguas de un pequeño cerro, al mismo tiempo. Como los torcheros inician en el mismo punto en la cima y de ahí caminan sobre el parteaguas pero hacia debajo de la pendiente y van prendiendo fuego, la amplia línea de fuego que se genera va en contra de la pendiente. Se produce una forma de estrella. Cerros pequeños pueden ser tratados de esta forma. Es posible que represente problemas para el escape de la fauna. No conviene aplicar esta técnica si la carga de combustibles es alta o si hay continuidad vertical en los mismos pues, aunque el fuego vaya en contra, puede producir fuego de copas pasivo. Asimismo, como se aplica a una superficie grande, en el transcurso de la quema puede haber cambios en el tiempo atmosférico y generarse más intensidad y severidad de la programada en algunos sectores. Esta quema es difícil de ser detenida por el largo perímetro que genera y el posible difícil acceso, dada la pendiente, en algunas zonas. Por ello es más recomendable aplicarla sobre pendientes relativamente uniformes y no excesivas. De haber pendientes pronunciadas, se pueden producir pavesas rodantes que inicien fuegos a favor de viento y pendiente sobre las laderas de un sector donde esto suceda (Figura 63).

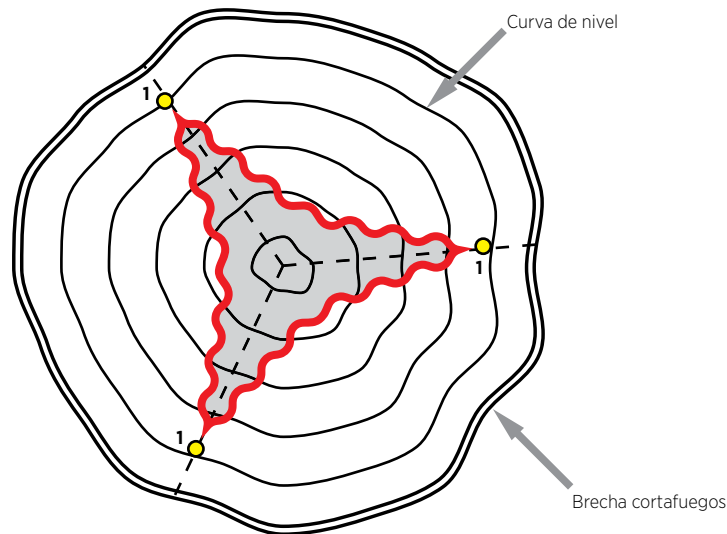


FIGURA 63. Técnica de quema Chevrón. Los puntos amarillos representan torcheros.



PLANEACIÓN DE LA QUEMA

En toda quema prescrita se deben buscar objetivos múltiples y corresponsabilidad en su ejecución entre los principales interesados, por ejemplo, el poseedor del terreno, la autoridad comunal o ejidal, el técnico jefe de quema, el H. Ayuntamiento (caso específico de Villaflores), la CONANP (si el terreno está dentro de un área natural protegida), el gobierno del estado, protección civil y la CONAFOR. Esto involucra, además de la autorización que puedan dar, la participación de alguna de sus brigadas. Por lo tanto, en la planeación de esta actividad, de manera relevante se debe considerar lo siguiente:

Coordinación interinstitucional

Ninguna institución por sí sola posee todas las herramientas y recursos necesarios para la atención de un programa de manejo del fuego. Por ello, es pertinente tomar en cuenta desde el inicio de la gestión de las quemas prescritas a las instituciones clave involucradas en esta actividad. Esto permitirá establecer arreglos institucionales que apoyen y faciliten los procesos de la quema, desarrollando una organización y modelo de trabajo que haga eficiente y oportuno el cumplimiento de tareas y compromisos entre los actores interesados. En este caso, se recomienda realizar una socialización amplia y validación del proyecto ante tales instituciones, a fin de lograr un nivel de consenso adecuado que al final permita coordinar esfuerzos y optimizar recursos.

Reuniones de planificación

El proceso de planificación es un esfuerzo constante y necesario, donde varias actividades son revisadas y ajustadas de acuerdo con la experiencia y conocimientos de los actores involucrados. Es así que se recomienda establecer una agenda para atender los procesos de la quema y realizar reuniones de trabajo conforme sea necesario, con la participación del equipo técnico que habrá de tomar decisiones al respecto. De esta forma, se podrá orientar las fases de trabajo y se consolidan los acuerdos y compromisos de colaboración técnica, logística y financiera, que culminen con una adecuada ejecución y evaluación de la quema prescrita.

Anuencia de los dueños del terreno

La ubicación del terreno donde llevar a cabo una quema prescrita puede definirse de varias formas, por ejemplo: interés del poseedor, necesidad de un área natural



protegida o de técnicos especialistas, realizarla como parte de un taller de capacitación o con fines demostrativos o de investigación, entre otros. El técnico que será jefe de la quema deberá recorrer la parcela o el área para elegir el(los) sitios para conducir la quema y elegir el(los) más conveniente(s) y seguro(s) (ver el subtítulo competente a Seguridad).

Simultáneamente, es necesario realizar un acercamiento inicial con el(los) dueño(s) del sitio o parcela, solicitando la anuencia correspondiente para el desarrollo de los trabajos e invitarlo(s) a participar desde las etapas iniciales de la quema, con el propósito de lograr su involucramiento, y al mismo tiempo acepten ser capacitados para que tal participación la realicen de manera segura y eficiente.

Visita de campo previa

Conviene recorrer el área con la debida anticipación por la mañana, es decir, en el horario que se pretende quemar, y hacer algunas observaciones con el estuche meteorológico portátil (temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento) a diferentes horas, que le apoyen en la elaboración de la prescripción. Durante el mismo recorrido registrará el porcentaje de pendiente máxima y mínima, así como, la exposición, apreciará a detalle la topografía y describirá el complejo de combustibles forestales (modelos y cargas de combustibles por tiempo de retardo, humedad del combustible muerto ligero, continuidad horizontal y vertical, grosor de cama de combustibles superficial disponible o muerto, altura total de árboles adultos y jóvenes, presencia de renuevo, altura del fuste limpio, densidad de población). Las publicaciones sobre modelos de combustibles forestales para Villaflores y la REBISE, así como el presente instructivo, también son herramienta de apoyo útil para la descripción del complejo de combustibles forestales, pero no sustituyen a las visitas previas a campo.

También habrá de observar y preguntar sobre la fauna existente o en peligro, emplazamientos con valor arqueológico, entre otros. Dependiendo de las características anteriores, el sitio destinado para la quema se podrá dividir en subunidades de quema, también conocidas como unidades de Ignición (UI), como sea necesario, las cuales pueden tener una técnica de quema diferente.

Se aprovechará, nuevamente, para platicar con el poseedor del terreno y/o el representante de la comunidad (el presidente de los bienes ejidales o comunales) para saber cuántas personas podrían apoyar en los trabajos, además de la(s)



brigadas(s) del municipio, comunitarias, de CONANP, CONAFOR y/o el gobierno del estado, por ejemplo, que participarán en la quema.

Se elegirá fecha, hora y punto de reunión convenientes y adecuados para realizar la quema prescrita y se preverá apoyar con equipo personal y herramienta para el personal voluntario. Asimismo, de ser necesario, se acordará lugar y fecha para proveer oportunamente capacitación básica al personal voluntario que no cuente con ella.

Elaboración del plan de quema prescrita

Se procederá a realizar el **plan de quema**, conforme al formato de la Norma Oficial Mexicana de Uso del Fuego (NOM-015, SEMARNAT/SAGARPA, 2007), que incluye puntos como:

Localización de la parcela (con mapa), tipo de propiedad, poseedor, carga de combustibles, pendiente, tiempo atmosférico estimado para el momento de la quema prescrita, objetivo(s) de la quema, método de ignición, técnica de quema, recursos humanos y materiales disponibles (personas, herramientas por tipo, equipos personales de seguridad, vehículos y otros), liquidación, manejo del humo, seguridad (rutas de escape), entre otros (ver detalles en el formato que incluye la propia NOM-015). Deben estampar su firma en el formato quien formuló la prescripción, el jefe de la quema, el poseedor del terreno y quien(es) autoriza(n) la realización de la quema prescrita, como la CONAFOR.

Es pertinente recolectar información de los terrenos colindantes al sitio de quema, relacionada con tipo de combustibles, topografía y valores amenazados, principalmente, con el propósito de identificar los peligros que, en caso de fuga del fuego, pudieran existir. En consecuencia, se podrán establecer las medidas de seguridad que correspondan. Así mismo, conviene analizar la posible afectación de madrigueras y alimento de especies mayores de fauna silvestre y de otras especies menores, por lo que, según el caso, será necesario considerar la participación o asistencia técnica de un especialista en este tema.

Como parte del plan está la **prescripción**, es decir, la estimación del comportamiento del fuego (longitud de llama y velocidad de propagación). Ésta se puede hacer empíricamente (estimación con la experiencia del jefe de quema o de personal experto), el uso del presente instructivo, con nomogramas (gráficas) o con el programa de cómputo Behave Plus.



Debe tenerse presente que la entrega del Plan de Quema Prescrita ante las autoridades correspondientes (Delegación de la SEMARNAT, Gerencia Estatal de la CONAFOR y H. Ayuntamiento que corresponda), debe ser dos semanas antes de su ejecución, por lo que el recorrido previo y la elaboración del plan de quema pueden tomar entre un día y una semana y todos estos tiempos deben preverse al establecer la fecha de quema prescrita que, a su vez, no debe hacerse después del mes de marzo, conforme a la NOM-015 de SEMARNAT/SAGARPA 2007. Por otra parte, la planificación de un programa de quemas prescritas para una región, incluyendo los planes de quema, es recomendable hacerlo anualmente.

Anexos recomendados

En el documento del Plan de Quema Prescrita, se recomienda considerar los anexos siguientes: lista de herramientas y equipo a utilizar en la quema, mapas (método de quema, rutas de escape y zonas de seguridad, manejo del humo, unidades de ignición), hoja de trabajo para nomogramas de cálculo de comportamiento del fuego o, en su caso, hojas con datos y salida del programa Behave Plus, verificación (“check-list”) antes de la quema y reunión de la brigada, listado de brigadas, anexos 1 y 3 de la NOM-015 debidamente sellados por la autoridad correspondiente (BIOMASA, 2013, 2017).

PREPARACIÓN DEL TERRENO

El terreno debe ser preparado con anticipación, no más tarde que el día anterior previsto para la quema prescrita. Hay que descartar el querer preparar el terreno el mismo día de la quema, pues nunca es conveniente tener prisa para este tipo de actividades, hay que llevarlas a cabo con calma para que salgan bien. Una apertura con muchos días de anticipación puede favorecer acumulación de alguna hojarasca que tenga que ser limpiada antes de la quema.

Esta preparación del terreno involucra la apertura de brechas amplias, de calidad, que rompan la continuidad de combustibles subterráneos, superficiales y aéreos, cortando y extrayendo el material combustible que sea necesario al lado contrario hacia donde avanzará el fuego. La brecha debe ser del triple que la altura de los combustibles superficiales adyacentes y nunca menor a 1 m de anchura. Asimismo, dependiendo de la experiencia del jefe de quema, pueden emplearse líneas húmedas y líneas negras. Sobre pendientes, en el costado inferior de la parcela, habrá de incluir una zanja para atajar pavesas rodantes. Cuando existan

combustibles subterráneos que comuniquen el fuego, tales zanjas se abren para romper la continuidad de este último tipo de combustibles en todo el perímetro de la parcela (Figura 64).

Si en las orillas hay combustibles altos, aunque la brecha cortafuegos sea amplia, es recomendable cortarlos para rebajar su altura, o bien acamarlos con herramientas manuales y el peso del cuerpo de los brigadistas, con el mismo propósito.

Si como parte de la preparación del terreno se harán algunas líneas húmedas, deben sincronizarse muy bien con el inicio de la quema, pues se secarán con rapidez, en cuestión de minutos.

Realizar cajeteo si hay presencia de algún renuevo, dispersando el combustible acumulado para disminuir las altas intensidades del fuego y altas concentraciones de humo; identificar nidos o madrigueras para su protección y otros puntos críticos que pudieran ser un riesgo para el personal participante.

FIGURA 64. Apertura de brecha cortafuego, ejido Villahermosa, Mpio. Villaflores, Chis.





ORGANIZACIÓN

Tanto el combate de incendios forestales como la conducción de una quema prescrita requieren de una organización similar a la militar, para operar de una manera más eficiente, segura y conseguir los objetivos por los cuales se lleva a cabo la quema. La presente organización es conforme al Sistema de Comando de Incidentes (SCI). En este sentido, se requiere determinar el nivel de organización con base al grado de complejidad que ofrezca la quema prescrita.

Es importante destacar que el SCI es una herramienta de manejo eficaz para la atención de contingencias o eventos planeados, como las quemas prescritas. Este sistema, facilita que el personal involucrado logre hacer un manejo eficiente y planificado de todos los recursos asignados al incidente, permitiendo que las instancias involucradas trabajen en forma ordenada bajo una sola estructura y procedimientos estandarizados (CONAFOR, 2013). Se elabora un Plan de Acción del Incidente (PAI) para cada período operacional durante la ejecución de las quemas.

Así como para el combate, existen diferentes tipos de organigramas para conducir una quema. Aquí planteamos un ejemplo tomado de una de las 36 quemas prescritas que, hasta ahora, se han realizado para el presente proyecto (Figura 65).

Quema prescrita

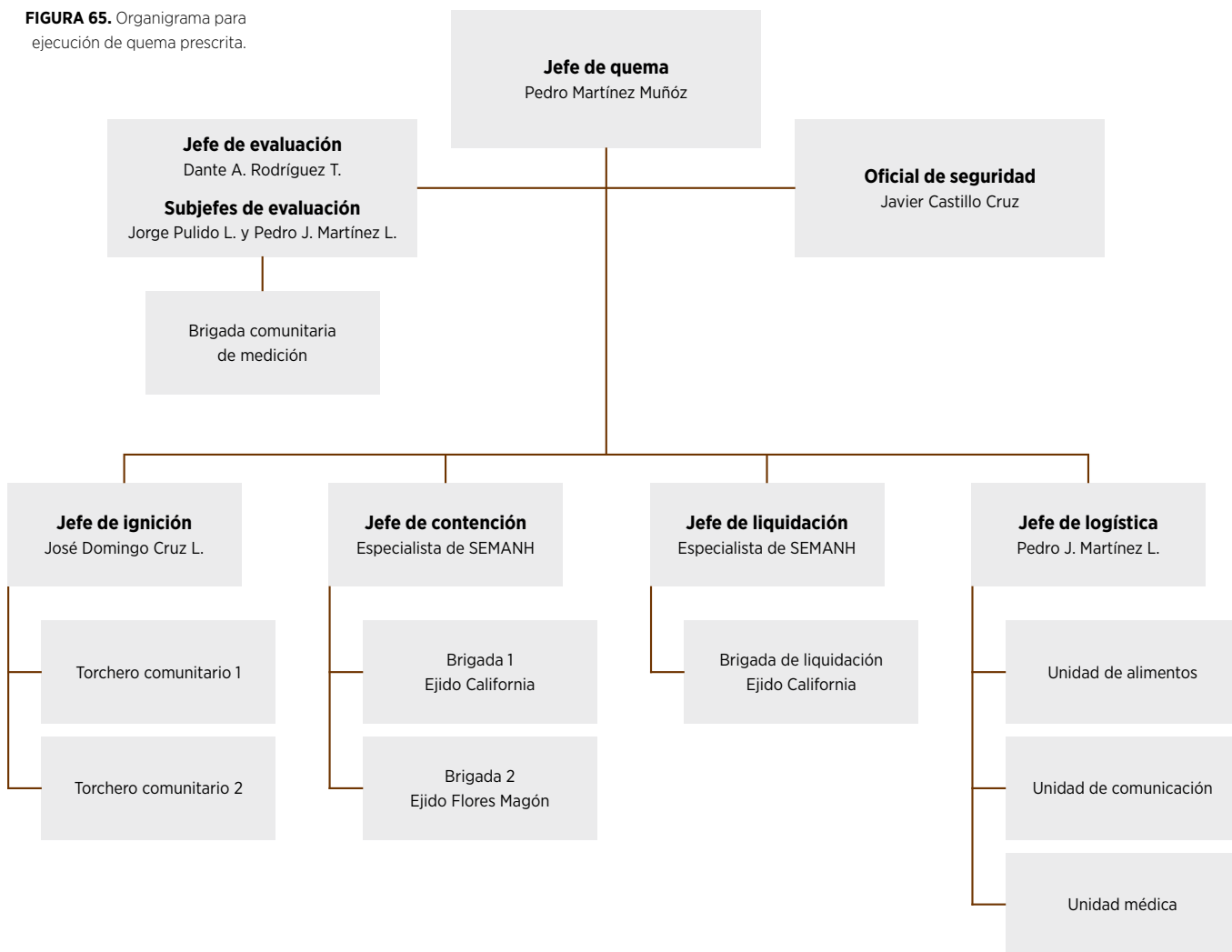
El **jefe de quema** tiene la responsabilidad de la quema, coordina a todos los jefes y establece prioridades inmediatas, asegurando que el proceso de los trabajos se desarrolle mediante la aplicación del Sistema de Comando de Incidentes (SCI) y se cumpla la línea de mando establecida en la organización. Lleva las responsabilidades de inicio de la quema, aplicación correcta de la técnica de quema, contención, liquidación y de seguridad, con el apoyo de los jefes respectivos, entre otras funciones. Decide si hay que suspender la quema antes de lo programado cuando se termina la ventana de prescripción previamente a lo previsto. La capacidad del jefe de quema está relacionada con la complejidad máxima que puede manejar en la planificación.

El **jefe de ignición**, es el responsable de realizar la prueba de quema en un sitio representativo del combustible (conocer posibles dificultades de control y peligro o posibles efectos dañinos para el combustible aéreo, o bien, verificar las condiciones deseables en la ventana de prescripción), así como del inicio de la



quema, en cuanto lo indique el jefe de ésta. Debe dirigir a los torcheros para que el patrón de quema se vaya aplicando correcta, oportunamente y con seguridad, corrigiendo o combinando la técnica de quema de acuerdo a las condiciones del tiempo atmosférico que prevalezcan y a la topografía. Hace rotación de torcheros y vigila el buen estado físico y la seguridad de los mismos, coordinándose periódicamente con el jefe de evaluación para conocer la situación actualizada del tiempo atmosférico; se comunica constantemente con el jefe de quema.

FIGURA 65. Organigrama para ejecución de quema prescrita.





El **jefe de contención** irá siguiendo el desarrollo de la quema, alerta por si hay que apagar algún foco secundario que se presente, verificando el buen funcionamiento de la línea de control, y realiza labores complementarias de manejo de combustibles. De ser necesario, y a instrucción del jefe de quema, es el responsable de suspender (sofocar) la quema antes de lo programado. También establece una comunicación y coordinación constante con el jefe de liquidación, por si existen condiciones para realizar una liquidación simultánea desde el inicio de la quema, supervisando que los lugares de mayor riesgo de fuga de fuego se encuentren con vigilancia continua. Se comunica permanentemente con el jefe de quema.

El **jefe de liquidación** debe guiar a su brigada para que, conforme avance el fuego, se vaya realizando un correcto rescoldeo en toda la parcela (si es pequeña) o en una amplia faja (por ejemplo, 10 m) si la superficie de quema es grande, priorizando estos trabajos en los puntos de mayor acumulación de combustibles. De igual forma, debe tener una coordinación permanente con el jefe de contención para brindar algún apoyo adicional que se requiera durante la quema; se comunica constantemente con el jefe de quema.

El **jefe de logística** es el encargado de que el personal cuente con alimentos (si así se previó y acordó con la gente), de las comunicaciones (equipos de radio) y de la unidad médica (botiquín y movilización a centro médico en caso necesario), así como de transporte, equipo y herramienta, identificando por anticipado los servicios y apoyos requeridos en la ejecución de la quema. Elabora y coordina el plan médico y de comunicación, verificando que ambos funcionen adecuadamente; coloca las señales de las rutas de escape y zonas de seguridad. Apoya en el establecimiento del puesto de mando; supervisa y coordina la desmovilización y devolución del equipo y herramientas utilizadas. Además, asegura que el sitio de quema y puesto de mando se encuentren limpios de desechos después de ejecutada la quema.

El **jefe de evaluación** coordinará a la brigada a su cargo para evaluar si se alcanzaron los objetivos inmediatos planteados para la quema (por ejemplo, porcentaje de reducción de combustibles y no afectación significativa del arbolado). Como el presente proyecto involucró investigación, el jefe de evaluación también fue el responsable de ésta y se previeron subchefes de evaluación, para asegurar una mejor calidad en la obtención de los datos de campo. Bajo un esquema normal, sin investigación, estas subjefaturas no se incluyen, ni la función de investigación.



Verá que su brigada mida y registre periódicamente las variables de tiempo atmosférico. Se recomienda hacer varias observaciones o mediciones de comportamiento del fuego, según la variación o inclinación de la pendiente del terreno, exposición, condiciones del tiempo atmosférico (siempre dentro de la ventana de prescripción establecida) y tipos de combustibles, utilizando estadales graduados con tamaño suficiente, según la longitud esperada de la llama.

El **oficial de seguridad** está encargado de establecer el “Plan de Seguridad” de toda la organización, considerando aspectos de *VCRZ (vigilancia, comunicación, rutas de escape y zonas de seguridad)*, además de observar las condiciones de tiempo atmosférico, así como anticipar situaciones de comportamiento del fuego fuera de la prescripción. Sobre todo, debe prever y estar atento a situaciones que puedan poner en peligro al personal o que puedan sacar de control la quema prescrita. De todo esto deberá mantener oportunamente enterado al jefe de quema.

En caso de incendio

En el remoto caso de escape de la quema, el jefe de quema indica su terminación y se pide apoyo por radio, o por celular si hay señal, a la base más próxima con la que esto se haya acordado para que apoyen el combate. Una brigada de contención sofoca el resto de la quema y el equipo se reorganiza para combatir el incendio. Un ejemplo de organización con este propósito se proporciona en la Figura 66.

Ahora el **jefe del incidente** tendrá bajo su responsabilidad la dirección y coordinación de los recursos humanos y la seguridad del personal, durante las actividades de combate y liquidación del incendio. Para ello se apoyará en las jefaturas (o secciones) y oficiales siguientes:

La **sección de planificación**, se encargará de planificar las acciones de combate, con base en el comportamiento del fuego actual y esperado, para proponerlas a la jefatura del incidente.

La **sección de operaciones**, liderará a las brigadas para llevar a cabo tales planes.

La **sección de logística** se encargará de proveer la herramienta, comunicaciones, recursos en general, botiquín y traslado para atención médica si se requiere, necesarios para que el combate pueda llevarse a cabo.

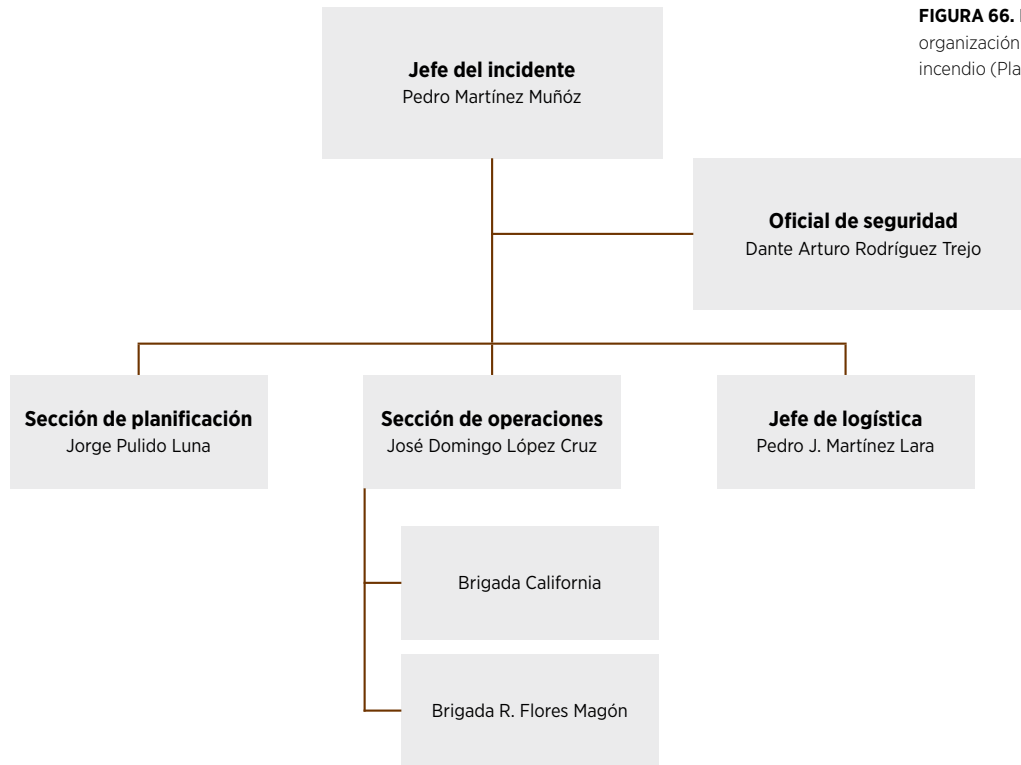


FIGURA 66. Ejemplo de organización para combatir incendio (Plan de Contingencia).

Finalmente, el **oficial de seguridad** será responsable de observar y prever situaciones potenciales que puedan poner en riesgo al personal durante el combate y de informarlo al jefe de quema (jefe del Incidente), para alertar al personal.

Aviso

Aparte de permisos y notificación a autoridades y dependencias, es recomendable poner un aviso sobre la realización de la quema prescrita, con información básica, en un lugar visible sobre el acceso y perímetro a las zonas de trabajo. Su finalidad es informar al público de la labor que se estará o está realizando (Figura 67).



FIGURA 67. Letrero de quema prescrita desarrollada en la comunidad Melchor Ocampo, Mpio. Villaflores, Chis.



Movilización

Muy temprano se deberá pasar por el equipo, herramientas y personal para realizar los trabajos y estar puntualmente en el o los sitios de reunión y en la parcela de quema. El jefe de logística debe tener un inventario de todos los materiales, herramienta y equipo y repartirlos entre el personal (Figura 68).

Repaso

Ya en la parcela de quema, en la reunión inicial se debe explicar al personal el organigrama de la quema prescrita y el del incidente (plan de contingencia), en el remoto caso de escape, para que tengan claridad del papel y funciones que les toca desempeñar. Se les recuerda con qué jefe y subjefes estarán trabajando y cómo deberán repartirse en el terreno y las principales actividades (sus responsabilidades) que desarrollarán. Esta “informativa” del período operacional debe ser breve y sirve, además, para confirmar los objetivos y metas del plan, que el personal involucrado se familiarice con este proceso y se cumpla con éxito las etapas de la quema (Figuras 69 y 70). Es importante que el jefe de quema se percate de que todo mundo tiene claro qué le corresponde hacer y bajo el mando de qué subjefe estará trabajando.

FIGURA 68. A) Movilización.

B) Organización del equipo previa a la caminata rumbo a la parcela a trabajar. (Continúa...)

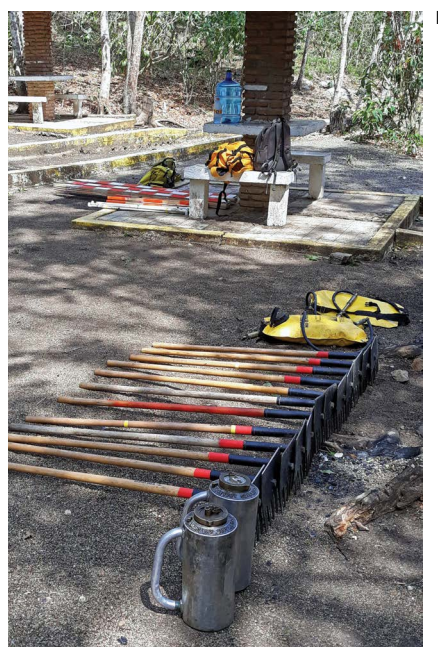




FIGURA 68. (continúa...)
C) Caminata hacia una parcela de quema.



FIGURA 69. Reunión previa a una quema prescrita en el ejido Ricardo Flores Magón, donde se explica al personal sus funciones durante la actividad. Mpio. Villaflores, Chis.



FIGURA 70. El jefe de quema explica organigrama y actividades a realizar antes de la quema. Ejido Melchor Ocampo, Mpio. Villaflores, Chis.

Acto seguido, cada brigada (contención, liquidación, evaluación e ignición) se reunirá por separado, con el objetivo de repasar o verificar todas las acciones y responsabilidades a su cargo; sus líderes deberán apoyarse con la hoja “check-list antes de la quema y reunión de brigada”.

Previo al inicio de la quema, el jefe de quema, los demás jefes y jefes de brigada, deben realizar un recorrido por la unidad o unidades de ignición (UI), para comprobar que el manejo de combustibles se haya hecho de manera adecuada (construcción de la línea de control, manipulación adicional de combustibles, protección de nidos o madrigueras, entre otros). Después de esta labor, se recomienda hacer la quema de prueba correspondiente, con los propósitos ya señalados anteriormente en el apartado de las funciones del jefe de ignición.

Disposición del personal, inicio y desarrollo

A continuación el personal se reparte donde le corresponde en la parcela y en torno a ella. La brigada de ignición deberá estar colocada en el sitio en que se va a iniciar la quema, las brigadas de liquidación y de contención deberán colocarse donde se iniciará el fuego y estarán anticipadas hacia donde avanzará. El jefe de quema y el oficial de seguridad habrán de colocarse en una zona con buena visibilidad de personal y parcela y preverán recorridos para la realización de sus funciones.

El jefe de quema verifica por radio con todos los jefes si están en posición y listos con sus brigadas para el inicio de las actividades. De ser así, el jefe de quema indica el inicio de la quema y lo avisa por radio a todos los subjefes, quienes lo comunicarán a sus subalternos (Figura 71).

FIGURA 71. Inicio de quema prescrita experimental, ejido Villahermosa, Mpio. Villaflores, Chis.





La brigada de ignición comienza la quema. La brigada de contención deberá estar entre las primeras líneas con fuego que se prendan y el área vecina que no será tratada. Conforme el fuego vaya avanzando, elementos de la brigada se irán colocando en los flancos para acompañar al fuego. Algunos miembros de la brigada de contención deben estar mirando hacia el lado contrario del fuego, para detectar posibles focos secundarios. La brigada de liquidación deberá ir rescoldeando apenas esto sea posible.

Si se llega(n) a presentar algún (o algunos) foco(s) secundario(s), la brigada de contención debe sofocarlos de inmediato. En este caso, una acción oportuna es la diferencia entre una quema exitosa y un escape. Los jefes de quema y seguridad evaluarán si debe o no continuarse con la quema prescrita. Si se prosigue se deberá tener todavía más atención ante posibles pavesas y focos secundarios. De ser suspendida la quema, habrá que sofocarla y liquidarla en el punto que el jefe de quema decida, en coordinación con el jefe de seguridad, el jefe de contención y el jefe de liquidación. Todas las actividades deben ser realizadas con diligencia, pero sin prisas. Así se evitarán errores y se prevendrán situaciones de peligro de mejor manera.

Una vez que el fuego quemó todos los combustibles de la parcela, se deberá terminar de rescoldear y el jefe de quema habrá de verificar, junto con el jefe de liquidación, que esta tarea haya sido realizada total y correctamente, comprobando que el material existente se haya apagado totalmente y se reduzca o evite el riesgo de nuevas igniciones en zonas no previstas para quemar. Las Figuras 72 y 73 muestran varias de las actividades descritas.

FIGURA 72. A) Brigada de medición de comportamiento del fuego y videograbación en acción. B) Elemento de contención alerta. (Continúa...)





FIGURA 72. (continúa...)

C) Inicio de quema prescrita en la parte superior de la parcela en fajas a favor para mayor seguridad. D) Liquidación. E) Elemento de contención observando por pavesas o focos secundarios del lado contrario del fuego, que es lo correcto. Fotos en los ejidos: Villahermosa y California, Mpio. Villaflores.



C



D



E



FIGURA 73. Tramo con quema experimental a favor. Ejido Villahermosa, Mpio. Villaflores, Chis.



Reunión de análisis

Es parte de la cultura de los brigadistas de quemas prescritas y de combate reunirse al término de actividades para analizar el desempeño del equipo. Sin decir nombres, ni señalar a nadie, solamente indicando actividades, se hará un análisis breve de cómo mejorar la consecución de objetivos de la quema, el desempeño del personal durante la conducción, liquidación y de la seguridad. Esta retroalimentación es muy valiosa. También es el momento para que los jefes agradezcan al personal por su labor e incluso los feliciten como grupo si así se amerita. Lo anterior, está relacionado con la realización de la *Reunión Después de la Acción* (RDA), misma que se aprovecha para documentar las propuestas de mejora detectadas (Figura 74).

Desmovilización

Al terminar la quema, el jefe de ésta deberá evaluar el riesgo de reactivación o no, y definir la hora de desmovilización del personal. Esta acción deberá ser comunicada a la base de cada brigada o al encargado de la misma.

El jefe de logística debe recibir y contar el material y equipo que haya repartido, con el propósito de que no vaya a olvidarse nada y organizarlo en el vehículo que corresponda para su traslado.

Vigilancia posterior

Se debe mantener en observación constante o periódica el área durante varios días para asegurarse de que no se reavive ninguna combustión en el perímetro de parcelas tratadas grandes o en toda la superficie cuando la quema fue pequeña. Esta observación puede hacerse vía patrullaje móvil o desde torres-observatorio o puestos fijos de observación que tengan a la vista el área de quema prescrita. En algunos casos es recomendable dejar dos personas o más para que vigilen durante el turno y realicen rescoldo al interior de grandes parcelas tratadas.

Si por la noche posterior a la quema se prevén condiciones de riesgo para un escape, parte del equipo de contención/liquidación deberá acampar cerca de la quema, en un lugar seguro.



FIGURA 74. Reunión de análisis de las actividades al término de las quemas prescritas. Ejido Ricardo Flores Magón, REBISE, Mpio. Villaflores, Chis.



SEGURIDAD EN QUEMAS PRESCRITAS O CONTROLADAS Y EN COMBATE DE INCENDIOS EN EL TRÓPICO

Seguridad personal durante quemas prescritas e incendios forestales

La seguridad en cualquier región empieza con el equipo personal y esto es algo que debe visualizarse ergonómicamente, promoviendo la cultura de la seguridad personal. El casco protege contra golpes de herramientas, caídas de piedras sobre una ladera pronunciada o caídas de ramas cuando hay fuertes vientos. Las gafas o goggles reducen el contacto de los ojos con el humo y la irritación que causa, además protegen a los ojos contra puntas de ramas. El uso de mascarillas de carbón activado, aunque no son del todo cómodas, reduce la aspiración de humos que ya se ha demostrado al cabo de muchas temporadas pueden aumentar la probabilidad de cáncer pulmonar o problemas cardíacos. Sin embargo, el uso de mascarillas de este tipo, y el del cubrenucas, produce una sensación de falsa seguridad en algunos combatientes y los puede llevar a realizar acciones temerarias. Las camisas gruesas, de algodón, con mangas largas, reducen contacto de la piel de brazos y tronco con los rayos del sol, la radiación del propio fuego en control directo, y con plantas tóxicas. Pantalones de mezclilla hacen lo propio con las piernas. Las camisas y pantalones de tela “nomex” (antiignífuga), se usan principalmente en otros países pero son prendas caras. Las botas reducen el riesgo de falseaduras y protegen los pies, incluso de mordeduras de víboras. Las botas oficiales de combatiente de incendios, con tacón inclinado hacia adentro, facilitan en alguna medida el ascenso de laderas. Los guantes protegen ante caídas, quemaduras y contra ampolladuras luego de un prolongado uso de herramientas, en particular cuando no hay callo. Facilitan tomar combustibles sin sufrir espinaduras, astilladuras o piquetes de insectos ponzoñosos. Si se instala una motobomba, también protege las manos de elementos que pueden causar cortaduras.

El contar con las herramientas adecuadas y en buena condición previene lesiones. Herramientas con astillas en el mango pueden lastimar la mano del usuario. Herramientas mal afiladas o con cabos sueltos o con cabos rajados pueden causar una lesión o un accidente.

Desde luego, las normas de seguridad y las situaciones de peligro generadas por el Servicio Forestal de Estados Unidos son cruciales en cualquier ambiente y por ello las reproducimos a continuación (Cuadro 40).



CUADRO 40. Normas de seguridad y situaciones de peligro durante el combate de incendios (USDA, FS). Muchas aplican para el realizador de quemas prescritas.

Normas de seguridad en el combate de incendios

Normas sobre comportamiento del fuego

- 1 Manténgase informado sobre las condiciones del tiempo atmosférico y su pronóstico.
- 2 Tenga siempre en observación el comportamiento del fuego, ya sea personalmente o mediante un observador.
- 3 Cualquier acción contra el incendio, se debe fundamentar en el comportamiento actual o pronosticado del fuego.

Normas sobre seguridad

- 4 Tenga rutas de escape para el personal y déselas a conocer.
- 5 Establezca un puesto de observación cuando exista la posibilidad de peligro.
- 6 Manténgase alerta y en calma, piense con claridad y actúe con decisión.

Normas sobre control de operaciones

- 7 Mantenga comunicación con el personal, jefes y fuerzas adjuntas.
- 8 Dé instrucciones claras y asegúrese que todo el personal las entienda.
- 9 Mantenga el control del personal en todo momento.

Norma general

- 10 Combatir al incendio manteniendo la seguridad del personal como primera prioridad.

Las 18 situaciones de atención en el combate de incendios

- 1 Estar en un incendio que no ha sido ni explorado ni dimensionado.
- 2 Estar de noche en terreno desconocido que no ha sido explorado de día.
- 3 Cuando las rutas de escape y las zonas de seguridad no han sido identificadas adecuadamente.
- 4 Estar en una zona donde se desconozcan las condiciones locales que influyen en el comportamiento del fuego.
- 5 Cuando no se conocen la estrategia, tácticas y riesgos.
- 6 Cuando las instrucciones u órdenes no son claras.
- 7 Perder el enlace con la brigada o el mando.
- 8 Construir una línea sin un punto de anclaje seguro.
- 9 Construir una línea de defensa cuesta abajo, hacia el incendio.
- 10 Intentar un ataque en el frente del incendio.
- 11 Cuando hay combustibles sin quemar entre la brigada y el incendio.
- 12 Cuando no puede verse el incendio principal, ni se tiene comunicación con quienes sí pueden verlo.
- 13 Estar en una ladera donde el material rodante del incendio pueda iniciar focos secundarios hacia abajo.
- 14 Cuando el tiempo atmosférico se vuelve más caluroso y seco.
- 15 Cuando el viento aumenta su velocidad y/o cambia su dirección.
- 16 Cuando existen frecuentes focos secundarios en el frente del incendio.
- 17 Cuando el terreno o los combustibles dificultan el escape hacia zonas seguras.
- 18 Ponerse a descansar o a dormir cerca del fuego.



Además de los propios riesgos que entrañan combate y rescoldo, el ambiente tropical representa varios riesgos para el brigadista de quemas prescritas: víboras venenosas (nauyaca o cuatro narices, cascabel), moscos, mosca chiclera y garrapatas que pueden transmitir enfermedades serias, así como plantas tóxicas, entre otros. Al respecto, al descansar después de una larga jornada de trabajo, es muy importante, NO confiarse y NO quedar dormido bajo la sombra de cualquier árbol cuando se combaten incendios, ya que existe un riesgo alto de sufrir mordeduras de serpientes venenosas.

Por ello es importante que el personal siempre esté atento, durante los desplazamientos a través de la selva, en los descansos, durante la preparación del sitio y mientras el fuego se mantenga activo.

Al realizar el plan de quema, dentro del plan médico, se pide tener transporte y la ubicación de un centro médico que pueda proporcionar ayuda. Sin embargo, el solo tener que desplazarse en bosques tropicales y llevar a cabo otras actividades en ellos, aunque no involucren fuego, tiene cierto nivel de riesgo. Por ello todo el personal debe estar cubierto siempre: que haya acceso a algún vehículo y claridad de a qué centro médico transportarle, de requerirse. Por lo anterior, es necesario contar con una copia del plan médico en cada vehículo a usar en la organización de la quema prescrita.

Como parte del equipo debe disponerse de un botiquín para cada brigada y en cada operación donde participen varias brigadas debe contarse además con un botiquín más grande.

El botiquín de la brigada debe disponer mínimamente de materiales para tratar molestias estomacales, de gripa o tos, y desinfectar y tratar heridas pequeñas o regulares y, de ser necesario, para dar primeros auxilios a heridas grandes antes de movilizar al accidentado. También debe contar con elementos para tratar falseaduras, desgarres musculares y golpes. Con este propósito el botiquín debe incluir mínimamente (se dan algunas marcas no para endosarlas, sino debido a su popularidad): alka seltzer, aspirinas, medicamento antigripal, jarabe o pastillas para la tos y para la garganta irritada, medicamento antidiarreico, alcohol, agua oxigenada, merthiolate, curitas, vendas de diferentes tamaños, palo y cinto para hacer torniquete, gasas.

La aplicación de insecticida y garrapaticida sobre piernas y mangas puede ayudar a reducir las picaduras de moscos y parasitismo por garrapatas y pino-lillo. Para prevenir afectación por estas últimas, ayuda llevar una vara para ir golpeando la herbáceas y arbustos, donde esperan para pegarse a un hospedero



estos bichos. De esta manera caen al piso los bichos antes de que la persona pase por ahí y se impregne.

Es idóneo que un elemento de la brigada (de quemas prescritas o de combate), cuente con capacitación en primeros auxilios y sea el responsable del botiquín de la brigada. Se puede invitar a un paramédico para que acompañe a la brigada. Es muy importante contar con sueros antiviperinos y anticrotálicos para su aplicación en caso de mordeduras de serpientes venenosas.

Seguridad para prevenir escapes del fuego en quemas prescritas

Siempre hay una posibilidad, así sea mínima, de escape mientras se conduce una quema prescrita, simplemente porque hay fuego. Con el fuego no debemos descuidarnos ni dársele ventaja alguna, pues como fenómeno físico-químico, si se la damos, la tomará implacablemente.

Por lo anterior, al trabajar en quemas prescritas debemos ser perfeccionistas. A partir de la experiencia que los autores del presente trabajo hemos acopiado, de lo que hemos investigado en campo, visto y otros colegas nos han compartido, es que desarrollamos los siguientes puntos que consideramos críticos para reducir al mínimo la posibilidad de escape de la quema prescrita.

Elegir un área adecuada

Las quemas prescritas deben aplicarse de preferencia en terrenos bajo posesión de comunidades colaborativas, que entiendan lo que representan estas prácticas. El tratar de establecerlas en una zona donde no se está de acuerdo con ellas, puede resultar contraproducente.

Cuando se puede realizar la quema prescrita dentro de un área mayor, se puede optar por elegir la menos complicada, por ejemplo, la más plana, la más uniforme, sin cercanía de cañadas, para hacer más seguro el trabajo.

Sin embargo, en ocasiones puede elegirse justamente lo contrario cuando el objetivo es mostrar a pastores que inician incendios, que una quema prescrita o controlada es mejor que simplemente iniciar un incendio, como refieren Hernández, *et al.*, (2019) para México central. En tal caso se eligió un área con multitud de montículos de 4–20 m de altura, en una zona de malpaís, con vientos cambiantes y abundancia de árboles jóvenes, menores a 2 m de altura. Sin embargo, las 10 ha de la quema prescrita fueron tratadas exitosamente y la mortalidad de los arbolitos fue solamente 6%. Una buena organización entre CONAFOR (CDMX), el Gobierno de la Ciudad de México (CORENA) y la

Universidad Autónoma Chapingo, permitió este resultado en las condiciones difíciles. Incluso se ideó y usó una técnica de quema nueva, la técnica Ajusco (una combinación de las técnicas fajas en contra de la pendiente y Chevrón), que se detalla en la referencia proporcionada (Hernández *et al.*, 2019). Si la línea de quema es larga, se puede requerir de 2 o 3 torcheros que trabajen alineados diferentes tramos de dicha línea (Figura 75).

Es conveniente elegir un área que tenga relativamente cerca un parteaguas. En el remoto caso de escape, luego de alcanzar el parteaguas el fuego avanzará en contra. Por otra parte, la ubicación de la parcela muy cerca del o adyacente al parteaguas puede favorecer la presencia de vientos cambiantes o de remolinos.

Que la parcela tenga forma uniforme

Las formas cuadradas o rectangulares son idóneas para ser tratadas con fuego. La idea básica es mantener el perímetro regular y de relativamente pequeña longitud. Una forma de parcela irregular, además de que puede implicar más tiempo con fuego sobre el perímetro, puede facilitar un comportamiento del fuego errático y, por ende, riesgoso (Figura 76). Los bordes de la parcela deben ser rectos, uniformes, no irregulares.

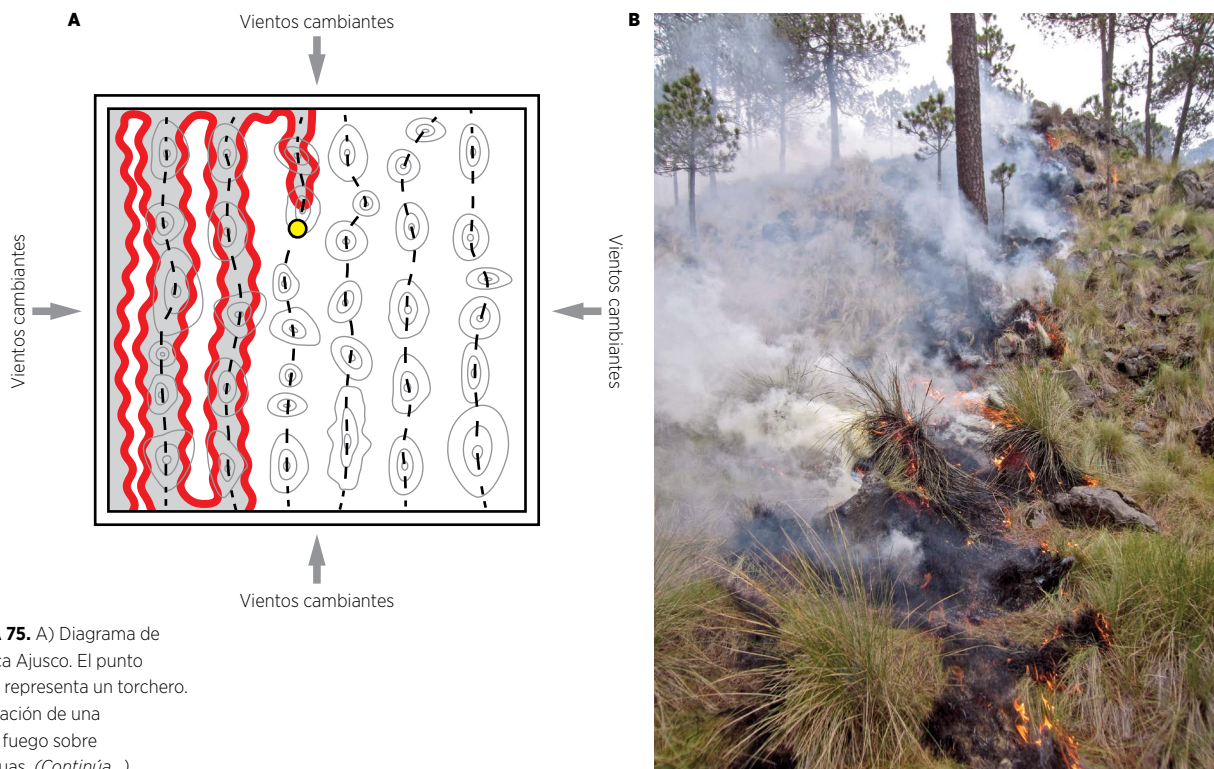


FIGURA 75. A) Diagrama de la técnica Ajusco. El punto amarillo representa un torchero. B) Aplicación de una línea de fuego sobre parteaguas. (Continúa...)



Abrir brechas cortafuego y líneas negras de calidad

Las brechas deben ser de calidad, es decir, de suficiente amplitud y que rompan la continuidad de los combustibles subterráneos, superficiales y aéreos. Si el sistema de brechas se abre con varios días de antelación y hay árboles en el sitio, habrá que repasar superficialmente las brechas, pues habrán acumulado hojarasca que puede representar un puente para las llamas entre la parcela y el bosque. Se recomienda una anchura de tres veces la altura de la cama de combustibles, pero 1 m como mínimo. En caso de haber combustibles subterráneos, se debe complementar con una zanja. Si hay pendiente, en el lado de abajo de la ladera también debe abrirse zanja, para atajar pavesas rodantes que se puedan producir durante la quema.

FIGURA 75. (Continúa...)

C) Zona recién tratada y la misma (D) seis meses después, con los árboles adultos y juveniles ilesos (Rodríguez, 2015).

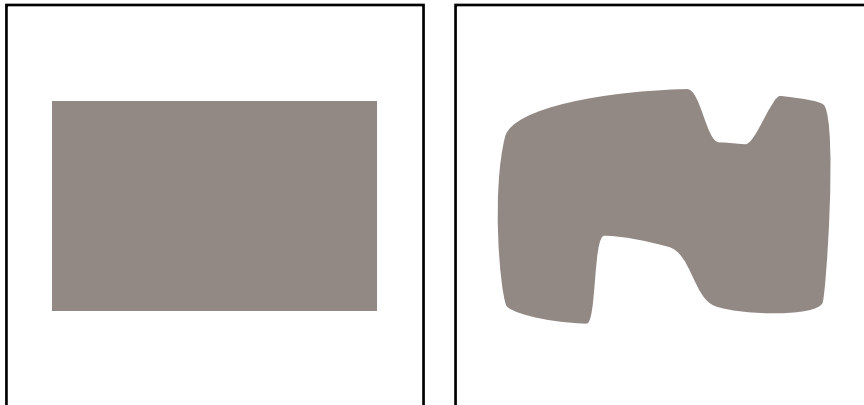


FIGURA 76. A la izquierda, una forma regular será más segura de quemar. La forma irregular de la derecha representa mayor dificultad y más riesgos.



La apertura de líneas negras es menos demandante físicamente que la apertura de brechas cortafuego. Pero obviamente es más riesgosa. Por ello, las condiciones de tiempo atmosférico para realizar las líneas negras deben ser bajo prescripción y su anchura se recomienda también del triple de la altura de la cama de combustibles, sin que nunca sea menor a 1 m.

Ni los lados ni las esquinas de las parcelas deben terminar en una cañada, sino varios metros antes de ella. De lo contrario, las paredes de la cañada pueden recibir fuego o pavesas y generarse un incendio difícil de controlar debido a las pronunciadas pendientes.

Que participe personal con experiencia, capacitado y descansado

En la medida que el personal participante cuente con más experiencia y capacitación, será menos probable que se presente un escape porque sabrá hacer sus tareas con mejor conocimiento de causa y calidad. La capacitación básica como combatiente siempre es imprescindible. Sin embargo, la capacitación para realizar quemas prescritas es muy específica y necesaria para realizar tal actividad.

No se debe trabajar con personal que esté agotado, tendrá menor rendimiento y tenderá a estar menos atento. Incluso en caso de emergencia su reacción será más lenta.

Respetar la ventana de prescripción

Puede que se haya descompuesto un vehículo y que por tal razón se haya llegado tarde para iniciar una quema prescrita. Además de la brigada permanente acude otra con voluntarios que está percibiendo salario por realizar tal actividad y que será intercalada con la primera. Asimismo, se invirtió en despensa, combustibles y se hicieron diversos gastos, sin mencionar que la quema fue autorizada, conforme a la Norma Oficial Mexicana de Uso del Fuego, NOM-015 de SEMARNAT/SAGARPA (2007), para ser realizada ese día. Debido al retraso se llegó a la parcela ya cuando está terminando la ventana de prescripción.

Si en el escenario anterior se decide continuar, se estará cometiendo un error, una imprudencia que puede originar un escape. Ni las prisas, ni los gastos, ni toda la gente reunida son argumento para llevar a cabo una quema prescrita fuera de la ventana preestablecida para la prescripción. Una excepción, es la investigación donde se necesita simular un incendio forestal, para lo cual se preverá



una ventana más amplia y se tomarán todas las precauciones del caso. Establecer cuidadosamente la ventana de prescripción y quemar siempre dentro de ella.

Responder rápido en caso necesario

Aunque no se trata de ser precipitados, una respuesta ágil para sofocar el fuego de una pavesa que se deposita junto al área de quema puede ser la diferencia entre una anécdota y un escape.

Usar una técnica de quema apropiada

La técnica de quema debe establecerse considerando diversos factores, como: el objetivo de la quema prescrita, la superficie a tratar, los recursos humanos y materiales disponibles, el tipo y altura de la vegetación, las características de la cama de combustibles forestales, la forma del terreno, la pendiente, entre otros. Una quema en contra sobre una gran superficie con fuerte pendiente, puede derivar en una no deseada quema a favor, al menos sobre parte de la parcela, debido a pavesas rodantes. Recordar siempre que las condiciones cambian constantemente, las técnicas de quema podrán ser modificadas para minimizar riesgos y maximizar el cumplimiento de los objetivos; el jefe de quema podrá modificar los patrones de ignición en cualquier momento de la quema, cuando lo juzgue necesario.

Buscar pavesas del lado correcto

La búsqueda de pavesas debe hacerse de espaldas a la quema, parte del personal debe tener la vista del lado contrario de la quema, que es donde cualquier pavesa iniciaría su acción. Si se está mirando siempre al fuego, no se detectarán oportunamente focos secundarios iniciados por pavesas. En terrenos con mucha pendiente o irregulares, es necesario comisionar las personas que sean necesarias para que realicen esta labor específica y ubicarlos en lugares estratégicos (Figura 72E).

Estar listos para terminar la quema en cualquier instante

En caso de que repentinamente cambie el tiempo atmosférico y termine antes de lo previsto la ventana de prescripción, por ejemplo, si empiezan a soplar vientos muy veloces, es recomendable terminar la quema, sofocándola en cuanto lo indique el jefe de quema al jefe de contención, y proseguir con ella al día siguiente u



otro día. El personal siempre debe estar advertido y listo ante esta eventualidad. Debe finalizarse la jornada con una buena liquidación.

En el remoto caso de escape también debe detenerse la quema. Para ello, la brigada de liquidación será la que extinga el fuego de la quema y liquide el área, mientras la brigada de contención inicia el combate.

Utilizar herramientas y equipos en buena condición

Siempre trabajar con recursos humanos y material y equipo suficientes, así estos últimos sean modestos, pero siempre suficientes, en buen estado y adecuados. Si no se cuenta con ellos es mejor no intentar quema prescrita alguna.

Por otra parte, los equipos de radiocomunicación son cruciales para tener acciones inmediatas. Puede darse el caso de requerirse apoyo para controlar un pequeño foco secundario y el radio puede ser la diferencia entre su control oportuno y un escape. Tomar en cuenta que las brigadas comunitarias no siempre podrán contar con radio y otros equipos especializados.

Durante un curso se realizaron algunas quemas prescritas en América Central. Antes de una de ellas, se asumió que todo el equipo estaba en buena condición, pero no lo estaba. Hubo un pequeño escape, de pocos metros cuadrados, pero la mochila aspersora con la que se controlaría este punto no funcionó, no había herramientas manuales adecuadas y el fuego se expandió. Se contaba con un viejo camión cisterna (pipa) muy cerca, pero la llave de salida del agua estaba atascada, la pipa tampoco pudo ayudar a contener el fuego que ya se extendía sobre algunos cientos de metros cuadrados y se convirtió en incendio forestal. Afortunadamente, esto ocurrió en una sabana, mantenida por el fuego, por lo que los efectos de éste no fueron tan adversos como lo hubieran sido en otro tipo de vegetación.

Cuidado al enfrentar condiciones diferentes en otro lugar

El participar en una quema prescrita en otra región, estado o país, implicará combustibles, tiempo atmosférico y posiblemente topografía con los que no tiene experiencia previa. No es deseable que todo el personal, jefes y subalternos, realicen una quema prescrita sin la participación de algunos elementos (jefe o subjefes de preferencia) que tenga experiencia en tales condiciones. Este principio inclusive es una de las situaciones de cuidado durante el combate de incendios forestales, el combatir en un ambiente diferente.



Hacer una apropiada liquidación

Si la liquidación no se hace concienzudamente, el fuego puede reavivarse y una pavesa puede iniciar un incendio a un lado del área tratada con quema prescrita.

Dejar vigilancia

Aunque el rescoldeo se haya llevado a cabo bien, puede resurgir la combustión en algún punto y generar pavesas. Por otra parte, tanto en zonas urbanas como en las rurales, puede haber personas mal intencionadas o que incluso retan a la autoridad (dependencias públicas). Aunque una quema prescrita haya sido perfectamente realizada, este tipo de mala persona va y prende fuego junto a la quema, para que parezca un escape y hacer quedar mal a la dependencia o incluso a los responsables de la quema prescrita. Esto no es común, pero pasa.

Por ambas razones, es conveniente dejar un par de elementos para afinar rescoldeo, en caso necesario, y detectar cualquier fuente potencial de pavesas y para vigilar. Incluso puede ser necesario que estos elementos acampen en el sitio.

No dar ninguna ventaja al fuego

El fuego es un fenómeno físico-químico que se presenta cuando hay combustible que combustionar, oxígeno y una fuente de calor. Si Ud. le da cualquier ventaja (una brecha cortafuego con mala calidad, una quema más intensa de lo necesario, fuera de la ventana de prescripción, personal poco motivado, sin capacitación ni experiencia o mal equipado, por dar algunos ejemplos), el fuego simplemente “aprovechará” esa ventaja y se irá de las manos del responsable de la quema. Por ello no hay que darle ningún tipo de ventaja.

Equipos técnicos exclusivos para las quemas prescritas

Aún cuando exista una programación detallada, puede no cumplirse con el calendario establecido para la ejecución de las quemas prescritas. Lo anterior, debido a la variabilidad actual del tiempo atmosférico, el cual puede determinar condiciones que no permitan correr el fuego por las altas humedades relativa y de los combustibles ligeros, o bien, la existencia de condiciones adversas fuera de la ventana de prescripción que representen un peligro (potencial escape del fuego). Por lo tanto, se recomienda que los equipos técnicos conformados para la realización de las quemas prescritas, sean exclusivos y permanezcan “cautivos” para que esta actividad se realice en el tiempo más oportuno y adecuado.



REQUERIMIENTOS (CAPACITACIÓN, ELEMENTOS, EQUIPO)

Aunque sepa de combate de incendios, nunca es recomendable que todo el personal sea inexperto en la conducción de quemas prescritas cuando se va a realizar por vez primera una de ellas. Siempre debe haber por lo menos varios brigadistas con experiencia y capacitación para guiar y poner el ejemplo con la(s) brigada(s).

No es lo mismo combatir incendios que realizar una quema prescrita. Sin embargo, la experiencia en combate, así como la práctica en la realización de quemas agropecuarias, proporcionan una buena base introductoria para la ejecución de quemas prescritas.

Para el personal técnico la capacitación debe ser formal, teórica y práctica, con cursos como los que da la CONAFOR, con una duración de 3 a 7 días o más. Para los señores productores lo más recomendable es que el curso sea más práctico que teórico y que la información de manuales como el presente, les sea socializada, es decir, puesta en lenguaje sencillo y claro.

Los temas y actividades que como mínimo consideramos deben entrar en un curso de esta naturaleza son los siguientes (se asume que el personal tiene capacitación básica en combate de incendios forestales):

- Inauguración y presentación de los participantes, instructores y funcionarios presentes
- Introducción
- Definición de quema prescrita
- Objetivos de quema
- El papel del fuego en los ecosistemas forestales
- Comportamiento del fuego
 - Combustibles forestales
 - Topografía
 - Tiempo atmosférico
 - Integración de los tres factores
- La Norma Oficial Mexicana de Uso del Fuego, NOM-015 SEMARNAT/SAGARPA (2007)
- Materiales y equipo para medición, muestreo inicial y final de combustibles, muestreo de comportamiento del fuego, medición de severidad.
- El plan de quema (planificación previa y su elaboración)
- La prescripción
 - Empírica (con experiencia) (para cursos a señores productores, por ejemplo)



Nomogramas de Albini (para cursos intermedios)

Programa Behave Plus (para cursos avanzados)

Con apoyo del presente Instructivo de Quemadas Prescritas

- Preparación del terreno
- Métodos de ignición
- Técnicas de quema
- Liquidación
- Evaluación (se puede incluso adaptar una metodología práctica)
 - Efectos de primer orden
 - Efectos de segundo orden
- Seguridad
- Prácticas
 - Práctica de preparación del terreno (manejo de combustibles)
 - Práctica de elaboración de plan de quema
 - Práctica de prescripción
 - Práctica de técnicas de quema (participar en dos técnicas, por lo menos)
- Examen (teórico-práctico) para capacitandos.
- Evaluación de instructores
- Entrega de constancias y clausura.

De hecho, el presente manual es de utilidad en cursos de capacitación sobre el tema a personal técnico, ejecutivo y normativo. En particular en temáticas como combustibles forestales, topografía, tiempo atmosférico, comportamiento del fuego, técnicas de quema y evaluación de impactos de primer orden, entre otros. También sirve para cursos técnicos, de licenciatura y posgrado.

Una pregunta frecuente, es: ¿cuántos elementos se requieren para realizar una quema prescrita? La respuesta dependerá de la superficie a tratar, el tipo de combustibles forestales, lo irregular del terreno, la técnica de quema y la propia disponibilidad y experiencia del personal con un perfil adecuado.

Sabemos de quemadas prescritas de varias hectáreas, en otro país, que han sido realizadas exitosamente por dos o tres personas. Extremando precauciones, hemos asistido a quemadas prescritas de capacitación con más de 20 personas para tratar una sola hectárea, también exitosamente.

Consideramos que cuando el personal tiene capacitación, es experimentado y cuenta con las herramientas y el equipo mínimo necesario para realizar este tipo de actividades, y cuando el terreno no es accidentado, una brigada de



10 elementos puede cubrir sin problema hasta unas 4–6 ha. En algunos otros países, tal cantidad de brigadistas son suficientes para cubrir algunos cientos de hectáreas.

Para realizar la quema prescrita debe contarse con transporte que acerque lo suficiente al personal y al equipo, de modo que no llegue agotado al sitio de trabajo y rinda menos por ello. El vehículo, como todo el equipo debe estar en buena condición, con combustible suficiente y llanta de refacción. Una ponchadura sin llanta de refacción puede retrasar al personal lo suficiente como para tener que posponer la quema prescrita para otro día. Vehículos todo terreno, como cuatrimotos, son útiles para que el jefe de quema pueda realizar un rápido desplazamiento donde el terreno lo permita.

Otros materiales indispensables son: antorchas de goteo, dotación de mezcla de combustible para las antorchas de goteo, mochilas aspersoras llenas, de ser posible tanque con agua para reabasto de mochilas, machetes, hachas de doble filo, palas forestales, azadones, pulaskis, McLeods, rastrillos, batefuegos.

Toda la herramienta debe estar afilada o preparada y en buena condición, con fundas para prevenir accidentes. Debe llevarse en vehículo ex profeso para herramienta y equipo, de preferencia en cajas cerradas.

MANEJO DEL HUMO

Debido a los potenciales problemas de salud que a corto y largo plazo pueden generarse por continuas exposiciones al humo, los brigadistas deben exponerse a este producto de la combustión el mínimo tiempo que sea posible. Asimismo, la dirección del viento, dinámica de vientos locales y vientos generales, inestabilidad y estabilidad atmosférica, entre otros, deben ser tomadas en cuenta para elaborar un plan de manejo del humo y para asegurarse que el humo no cubra una carretera y por la falta de visibilidad se origine un accidente, y que no llegue a un poblado donde afectaría a la gente. En consecuencia, se recomienda que la ejecución de las quemas prescritas, de preferencia, debe realizarse lejos de vías de comunicación y poblados, y que el viento no sople hacia a éstos.

Factores que incrementan la producción de humo son elevadas cargas de combustibles, una humedad relativamente elevada en ellos, gran tamaño del área quemada, así como las quemas intensas. Por lo anterior, las quemas prescritas pueden prever remoción de una parte de los combustibles (recolección de leñas, por ejemplo, para su consumo en otro lugar y momento) y quemar con



bajas intensidades caloríficas. También se puede subdividir la parcela en subparcelas más pequeñas, a quemar en diferentes fechas, reduciendo así el impacto de las emisiones. Sin embargo, esta última opción está limitada por el personal disponible.

EVALUACIÓN

Siempre debe hacerse evaluación de la quema prescrita. Dicha labor debe incluir efectos inmediatos (de primer orden) (Figura 77) y es recomendable que incluya también efectos a mediano plazo (de segundo orden). En el primer caso se determina si la quema alcanzó su objetivo. Por ejemplo, si se buscaba reducir el 80% de los combustibles forestales superficiales, establecer si fue así. También se debe determinar (con porcentajes de afectación de copa y altura de la cicatriz sobre el tronco) si en efecto se logró una baja severidad y, por ende, la no afectación negativa al arbolado presente. Debe recorrerse el área para asegurarse que no resultó muerto algún animal silvestre. La evaluación puede ser cualitativa, o tomarse datos (como los referidos) o incluso ser muy detallada, precisa e intensiva (quemadas prescritas experimentales del presente proyecto), como parte de investigación científica. La consecución de objetivos también puede evaluarse en el mediano e incluso en el largo plazos, como sucede cuando se busca aumentar la diversidad de especies del sotobosque o promover la regeneración del arbolado, entre otros. Estas evaluaciones deben hacerse 6 meses a un año (incluso 2 o 3 o más) después de aplicadas las quemadas.



FIGURA 77. Brigada comunitaria realizando medición de combustibles forestales en un pastizal de jaragua, en la comunidad California, dentro de la Rebise, Mpio. Villaflores, Chis. Apenas conducida una quema prescrita, la brigada evaluó los combustibles residuales ahí mismo.



PROBLEMAS PRINCIPALES DEL MANEJO DEL FUEGO PARA LA CONSERVACIÓN

El aplicar el fuego con fines ecológicos es un reto. En la medida que la quema prescrita se aplique de mejor manera, es decir, en la medida que esté bien meditado por qué aplicar fuego en cada lugar, el plan y su prescripción, así como la quema estén mejor realizados, será más seguro alcanzar los objetivos ecológicos planteados. Sin embargo, no esperemos resultados lineales, exactos, sino tendencias. De ahí que sea conveniente aprovechar la experiencia norteamericana en el tema. Para este subtítulo, se aprovechan los planteamientos expresados por el Dr. Ron L. Myers (2006, 2007), que hemos complementado mínimamente. Los problemas relacionados con el manejo del fuego para la conservación, son:

Aplicar regímenes de fuego muy limitados, enfocados sólo al promedio de las características (como la frecuencia). Por ejemplo, si la frecuencia media es de un incendio cada cinco años, no manejar siempre cinco, sino, cuatro, cinco, siete, seis, cuatro, de modo que el promedio tienda a cinco, pero con variabilidad en la frecuencia para que los efectos sean más variados y ricos también. Es importante entender las adaptaciones de las especies dominantes que controlan el régimen de fuego y las de especies raras. Es muy relevante dar seguimiento, para corroborar que se están alcanzando los objetivos y, de no ser así, para que corriamos el camino.

Problemas de escala. Los ecosistemas están fragmentados, lo que puede limitar el uso del fuego en algunas áreas. No se podrá trabajar sobre grandes extensiones, por lo cual hay que seleccionar áreas donde se busca mantener la diversidad en ecosistemas mantenidos por el fuego. Es necesario tener establecidos y claros los objetivos de manejo del área, así como los del manejo del fuego.

Distinguir entre restauración y mantenimiento. Como restaurar es poner un ecosistema degradado en una condición de composición, estructura y procesos ecológicos cercanos a los prevalecientes antes de la alteración, nuestro objetivo puede ser restablecer el proceso regímenes de fuego donde se ha utilizado en exceso o donde hay exclusión. En el primer caso la opción clara es la eliminación temporal del fuego, hasta que el área se recupere y hasta que comience a acumular nuevamente combustibles en exceso. Respecto al segundo caso, la restauración involucra quemas prescritas enfocadas a objetivos específicos por quema (reducir combustibles, favorecer a otras especies del sotobosque además de las gramíneas, etc.). Respecto a mantenimiento, implica aplicaciones de fuego variables pero dentro de los intervalos normales para el ecosistema de que se trate.



Especies exóticas. Los incendios pueden favorecer a especies exóticas, pero el fuego prescrito también se aplica para controlar especies de este tipo. Por otra parte, las exóticas pueden alterar y controlar el régimen de fuego. Un ejemplo clásico lo vivió y refiere el propio Dr. Myers en Florida, en los Everglades (región pantanosa del sur del estado), con terreno plano inundable y domos. Sobre los domos, que no se inundan, hay unos árboles, los cipreses de los pantanos (*Taxodium distichum*). Pero en las zonas planas y bajas, inundables, prevalecen herbáceas altas. El régimen de fuego natural en la zona es de incendios frecuentes y superficiales, que casi no afectan domos y su arbolado. Las herbáceas se recuperan por rebrotación. Sin embargo, hace algunas décadas llegó una especie australiana arbórea invasora, la melaleuca (*Melaleuca quinquinerva*). Esta exótica adaptada al fuego (corteza muy gruesa y gran capacidad de rebrotación) se estableció tanto en partes planas como en domos. Los incendios la queman toda por su alta inflamabilidad, genera incendios de copa que matan a los cipreses, pero ella se recupera. Alteró el régimen de fuego. El control de la invasora se logra con quemas prescritas que eliminan la regeneración con menos de 1 m de altura, pero también hay que cortar y aplicar herbicida a los adultos.

Los autores del presente Instructivo, consideramos que un claro ejemplo de una especie invasora que alteró el régimen de fuego en el municipio de Villaflores y la REBISE, es la abundante presencia del pasto jaragua, corrientemente sembrado en la región. Este pasto confiere un comportamiento más agresivo al fuego (mayores: velocidad de propagación, intensidad, así como severidad), que facilita su extensión sobre mayores superficies.

Por otra parte, para el diseño, implementación y manejo de regímenes de fuego ecológicamente apropiados y a efecto de mantener la biodiversidad, el Dr. Myers recomienda tener muy presente que:

- El fuego en sí no es el producto final. No se tiene a las reservas para quemarlas o para evitar incendios, sino porque se las quiere conservar y para ello se puede necesitar cierto régimen de fuego.
- Establecer objetivos para el manejo del fuego.
- Lo anterior identificando los elementos críticos (metas de conservación o manejo).
- Si dentro de una Reserva hay objetivos múltiples y éstos no son compatibles, no es posible alcanzarlos todos.



- Fijar los objetivos en el conocimiento y las inferencias sobre lo que se sabe del ciclo de vida de las especies y la dinámica de los ecosistemas.
- Determinar si se va a hacer mantenimiento o restauración.
- Establecer si las especies introducidas controlan o han cambiado el régimen de fuego y si las metas pueden permanecer bajo un régimen nuevo.
- Dirigir los objetivos y las acciones de manejo a la restauración o al mantenimiento de la integridad ecológica, no necesariamente a la creación de un paisaje igual al que había en el pasado.
- Usar información histórica como referencia para ganar conocimiento sobre el origen de la condición del ecosistema actual y para entender el potencial del ecosistema.
- Dar seguimiento a las acciones de manejo.
- Hacer manejo adaptativo (se adapta a la nueva información científica que se va generando o a las nuevas condiciones climáticas, por ejemplo). La retroalimentación de las tendencias monitoreadas debe dirigir las acciones futuras de manejo.
- No existe un protocolo único para diseñar, aplicar o manejar los regímenes de fuego. Hay múltiples rutas parecidas para obtener los resultados deseados.
- Considerar la influencia de aspectos de seguridad y responsabilidad, así como las restricciones en recursos disponibles.
- Por cuanto toca a nuestra comprensión de los efectos de los incendios y los regímenes de fuego, sea humilde... recuerde que todavía conocemos poco.

¿CÓMO DISTRIBUIR EN ESPACIO Y TIEMPO LAS QUEMAS PRESCRITAS?

El cómo distribuir y en qué cantidad y con qué extensión las quemadas prescritas en un programa anual, es una tarea que depende de diversidad de factores. Entre estos están la cuantía y capacidades del personal (capacitación, experiencia), el equipamiento, así como los recursos financieros disponibles, y otros.

Desde luego, los objetivos para realizar las quemadas prescritas y las necesidades de quienes solicitan autorización para realizar quemadas controladas (o prescritas), con base en la Norma Oficial Mexicana respectiva, o incluso quienes solicitan se les pueda realizar, son otro factor total a considerar.



Una forma básica para distribuir las quemas prescritas, para un programa que inicia, es zonificar primero el área bajo la responsabilidad del interesado (un municipio, un área natural protegida, incluso un estado), conforme a los tipos de vegetación, clasificando si es mantenida por el fuego, sensible, influenciada o incluso independiente de éste.

También debe considerarse un periodo de retorno aproximado para el fuego, conforme al régimen de fuego base o bien el natural, para pensar en volver a tratar con fuego en el futuro una parcela en la que se realizó ya una quema prescrita. Incluso áreas incendiadas, años adelante pueden requerir de una quema prescrita.

No se piensa en realizar quemas prescritas en vegetación sensible al fuego, como las selvas y el bosque mesófilo de montaña, pero sí debe tenerse presente el realizarlas en la vegetación mantenida por el fuego vecina a las primeras, como medida preventiva, ya que con frecuencia el fuego parte de estas últimas hacia la vegetación sensible. La vegetación mantenida por el fuego vecina a vegetación sensible, debe ser tratada con quemas prescritas con todas las precauciones y provisiones del caso.

Entre los principales objetivos para realizar quemas prescritas, están: quemas para promover la emisión de brotes tiernos en el zacate e incluso limpiar la parcela y producir cenizas (ricas en nutrientes), como se hace en las quemas agrícolas. La realización de estas quemas, la capacitación a los productores y su supervisión, permitirán un más eficiente uso del fuego, con menos escapes y, por ende, menos incendios forestales. Se trata de una acción directa ante las causas primarias de incendios en el país, las agropecuarias.

Las quemas donde comienzan a acumularse combustibles forestales en demasía, permiten la reducción de la carga, es decir, contribuyen a la reducción tanto de peligro de incendio como de riesgo. No se recomienda intentar quemas prescritas cuando la carga ya es muy elevada, pues los efectos en el arbolado serán detrimentales y más complicado y peligroso conducir la quema. Cabe señalar que, bajo ciertas condiciones ambientales muy específicas, es posible quemar solo los materiales ligeros y afectar poco los medianos y grandes.

Otros objetivos son los ecológicos, para mantener el hábitat, por ejemplo, y para promover la regeneración de pinos, es decir, quemas prescritas con objetivos de conservación ecológica y silvícolas.

Un programa pequeño puede comenzar con 5 o 10 quemas anuales, de entre 1 a 10 ha cada una, eso sí, siempre que cuente con unos 10–15 elementos capacitados,



con experiencia y equipados para realizar las actividades. Si se comienza a aplicar las quemas prescritas en noviembre de cada año y se finaliza en marzo del año siguiente, inicialmente se estarían realizando dos por mes como máximo.

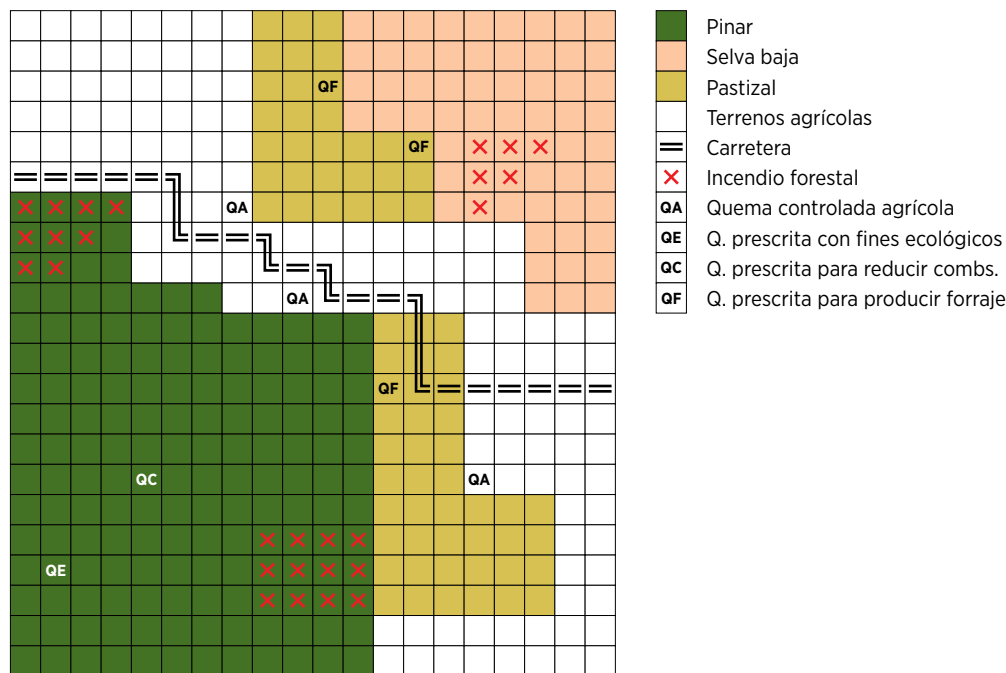
La distribución y priorización de las quemas prescritas, considera simultáneamente objetivos agropecuarios, de reducción de peligro y riesgo de incendios forestales, de mantenimiento ecológico y silvícolas, principalmente.

La Figura 78 muestra un ejemplo sencillo de estratificación de un área, considerando varios de los factores mencionados, y determinación de áreas para realizar quemas prescritas. El uso de mapas facilita la labor, pero siempre se debe recorrer el terreno antes de decidir hacer la quema prescrita, para ver si es conveniente y seguro (ver el subtítulo de seguridad para realizar quemas prescritas).

En dicha figura, se asume que cada cuadrante tiene una superficie de 4 ha. El color verde representa bosques de pino, el café claro pastizales (ambos mantenidos por el fuego) y el rosa, selvas bajas (influenciadas por el fuego). Los cuadros con una X representan superficies afectadas por incendios forestales la temporada anterior. Se asume que en esta zona no hubo incendios en varios años antes. Sobre el camino y el pastizal, así como junto a los cuadros blancos, que marcan zonas agrícolas, se tiene mayor riesgo de incendio forestal, debido a colillas, cerillos y motores de combustión interna de quienes circulan por la brecha, uso del fuego para actividades pecuarias y uso del fuego con fines agrícolas, respectivamente.

Aunque hay muchas opciones para distribuir las quemas prescritas que se realizarán en un año, aquí se muestra una de ellas. Nótese que no se indican quemas prescritas donde recién ocurrieron incendios.

FIGURA 78. Ejemplo de distribución de las quemas prescritas de un programa anual.





ALIANZA CON LAS COMUNIDADES RURALES

A lo largo y ancho del territorio nacional, no solo las regiones a las que compete el presente instructivo en Chiapas, es necesario sensibilizar y capacitar a las personas de las comunidades rurales para que realicen de manera más segura, eficiente y con menos efectos adversos sus quemas controladas, conforme a la Norma Oficial Mexicana de Uso del Fuego.

Sin embargo, hay casos como el de la Reserva de la Biosfera La Sepultura, donde algunas comunidades rurales son poseedoras de un conocimiento empírico refinado para la realización de quemas controladas.

Sus prácticas fueron estudiadas por Mary Huffman, de la Universidad de Colorado, en su tesis doctoral, quien halló que, para realizar una quema controlada, contemplan una cuarentena de variables que utilizan también los expertos, pero las tipifican de una manera práctica y coloquial. En otras palabras, existen comunidades rurales hacen un buen uso del fuego. Los expertos empíricos de tales comunidades pueden apoyar para la capacitación de otras comunidades, una capacitación de comunidad a comunidad. Algunas otras investigadoras que han abordado o están abordando los aspectos sociales del manejo comunitario del fuego en ambientes tropicales son Claudia Monzón, Victoria Pantoja y Laura Ponce, de El Colegio de la Frontera Sur, entre otros investigadores. Recomendamos consultar los trabajos de ellas para entender mejor cómo ven y utilizan el fuego los productores, con qué objetivos y cómo se ubica tal manejo empírico respecto a las políticas y legislación oficial a niveles estatal o federal, en torno a los incendios forestales y manejo del fuego.

La información del presente instructivo sin duda será de utilidad para cualquier capacitación sobre quemas prescritas o controladas, pero si los capacitandos son señores campesinos, habrá que hacer muy práctico el curso y socializar la información, es decir, expresarla de una forma muy sencilla y directa, en el lenguaje de los campesinos.

El tipo de comunidades referidas, son participativas y hacen un buen uso del fuego, decidido por la comunidad y que penaliza de diversas maneras a quienes infringen los acuerdos y originan incendios. Es conveniente dar seguimiento a este manejo tradicional comunitario del fuego, aunque la capacitación lo altera en alguna medida.

Pero son la mayoría de las comunidades las que requieren capacitación para realizar quemas controladas o quemas prescritas. En todo programa de manejo



del fuego o capacitación, es crucial entender las razones reales por las que utilizan el fuego, para empatarlo con objetivos de quemas controladas o prescritas. Se las debe capacitar, proveer equipo de protección personal y herramientas adecuadas. Si se les contrata cada año durante toda la temporada de incendios en brigadas de combate o en brigadas especializadas para la conducción de quemas prescritas, atesorarán el empleo. De lo contrario, se ubicarán en las primeras oportunidades de trabajo que les surjan y la capacitación y experiencia que tienen con el fuego se puede perder por lo menos temporalmente.

Es importante conducirse con sinceridad y respeto cuando se habla con los líderes y los miembros de las comunidades rurales. Debemos respetar los acuerdos que hagamos con ellos, para mantener su confianza. Si no hay seguridad de que se logren algunas cosas, hay que expresárselos así. No se debe darles falsas esperanzas ni mentirles. Hay que tratar de ayudarlos en todo lo que se pueda y mantener una relación franca, de confianza y honestidad.

De realizarse investigaciones sobre fuego en los terrenos de sus comunidades, es importante darles a conocer los resultados, por lo menos a los líderes de las comunidades y a quienes participaron en tales trabajos.

FIGURA 79. Brigada al término de una jornada de trabajo.





LITERATURA CITADA

- Anderson, H. E. 1982. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment. Gen. Tech. Rep. INT-122. Ogden, Utah. 22 p.
- BIOMASA (Biodiversidad, Medio Ambiente, Suelo y Agua). 2013. Plan de quema prescrita para la unidad de quema Niquidámbar, ubicada en el ejido del mismo nombre, Mpio. de Villaflores, Chis., México. BIOMASA, A. C., Villaflores, Chis. 43 p. (Inédito).
- BIOMASA. 2017. Planificación y ejecución de una quema prescrita piloto en el APRN La Frailecana, en el Estado de Chiapas. Documento guía. BIOMASA-CONANP-CONAFOR. 21 p. (Inédito).
- Biswell, H. 1989. Prescribed Burning in California Wildlands Vegetation Management. University of California Press. Berkeley. 255 p.
- Brown, J. K. 1974. Handbook for inventorying downed Woody material. Gen. Tech. Rep. INT 16. USDA Forest Service, IFRES. Ogden, Utah. 24 p.
- Byram, G. M. 1963. An analysis of the drying process in forest fuel material. Paper presented at the 1963 International Symposium on Humidity and Moisture. Washington, D. C. May 20-23, 1963. 38 p. (Unpublished).
- CEMIF (Centro Municipal de Control de Incendios Forestales). 2018. Informe de resultados del programa municipal de manejo del fuego 2018. H. Ayuntamiento Constitucional de Villaflores, Chis., México. Villaflores, Chis., México. (Informe oficial).
- Cerano Paredes, J., Villanueva Díaz, J., Kaib, M., Bradley, T., Sheppard, P. R. 2008. Reconstrucción de los regímenes de incendios para la Reserva de la Biosfera Sierra Las Minas, Guatemala. Memorias de la XX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. pp. 252-255.



- Chandler, C. P., Cheney, P., Thomas, P. Trabaud, L., Williams, D. 1983. Fire in Forestry. Vol. 2. Forest Fire Management and Organization. John Wiley and Sons. New York. 298 p.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2013. Estrategia nacional para la integración, capacitación, entrenamiento, de equipos estatales de manejo de incidentes (EEMI). CONAFOR. Zapopan, Jal. 36 p.
- Domitrovich, J. W., Broyles, G. A., Ottmar, R. D., Reinhardt, T. E., Naeher, L. P., Kleinman, M. T., Navarro, K. M., Mackay, C. E., Adetona, O. 2017. Wildland fire smoke health effects on wildland firefighters and the public. Joint Fire Science Program. 41 p.
- Espinoza M., A., Rodríguez-Trejo, D. A. y Zamudio S., J. F. 2008. Sinecología del sotobosque de *Pinus hartwegii* dos y tres años después de quemas prescritas. *Agrociencia* 42(6): 717–730.
- Flores Garnica, J. G., Rodríguez Chávez, O. G., Meléndez Gómez, M., Rosas Aceves O. G. 2008. Sitios de muestreo para el monitoreo de combustibles forestales. SIMMCOF. Folleto Técnico 1. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatlán, Jal. México. 47 p.
- Fosberg, M. A. 1970. Drying rates of heart wood below fiber saturation. *Forest Science* 16(1): 57–63.
- Hardesty, J., Myers, R. L., Fulks, W. 2005. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. *The George Wright Forum* 22: 78–87.
- Hernández-Correa, R., Rodríguez-Trejo, D. A., Cruz-Reyes, A. 2019. Near zero mortality in juvenile *Pinus hartwegii* Lindl. after a prescribed burn and comparison with mortality after a wildfire. *iForest* 12: 397–402.
- IPCC (Intergovernmental Panel of Climatic Change). 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press. Cambridge, U. K. 1042 p.
- Islas M., G. E., Rodríguez-Trejo, D. A., Martínez H., P. A. 2013. Diversidad del sotobosque y radiación solar en un bosque de *Pinus hartwegii* con quema prescrita. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(15): 25–40.
- Juárez B., J. E., Rodríguez-Trejo, D. A., Myers, R. L. 2012. Fire tolerance of trees in oak-pine forest at Chignahuapan, Puebla, Mexico. *International Journal of Wildland Fire* 21(7): 873–881.



- Martínez Hernández, H. C., Rodríguez-Trejo, D. A. 2008. Species diversity after prescribed burns at different intensities and seasons in a high altitude *Pinus hartwegii* forest. *Interciencia* 33(5): 337–344.
- Merck, L. 1991. Prescribed burning. A management tool. Pub. B 838, Cooperative Extension service, The University of Georgia, Georgia, USA, 18 p.
- Miranda, F. 1952. La Vegetación de Chiapas. 1ª parte. Ediciones del Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chis. 334 p.
- Miranda, F. 2015. La Vegetación de Chiapas. Tomo 1. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. México. 305 p.
- Miranda, F., Hernández-X., E. 2014. Los Tipos de Vegetación de México y su Clasificación. Sociedad Botánica de México, Conabio, FCE. México. 219 p.
- Morfín R., J. E., Jardel P., E., J. Michel F., J. M. 2012. Caracterización y cuantificación de combustibles forestales. U. de G., FMCN, U. de W., USDA FS, US AID, CONAFOR. México. 95 p.
- Myers, R. L. 2006. Convivir con el fuego. Manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el manejo integral del fuego. The Nature Conservancy. Tallahassee, Florida, Estados Unidos. 28 p.
- Myers, R. L. 2007. Problemas principales del manejo del fuego para la conservación (Presentación). Taller de Manejo Integral del Fuego. TNC. Siguatepeque, Honduras, enero 2007.
- Pyne, S. J., Andrews, P. L., Laven, R. D. 1996. Introduction to Wildland Fire. 2nd ed. Wiley. New York. 769 p.
- Rocha L., A. G., Ramírez M., N., González E., M. 2010. Riqueza y diversidad de árboles del bosque tropical caducifolio en la depresión central de Chiapas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 87: 89–103.
- Rodríguez-Trejo, D. A. 1988. Generalidades de aptitud física, factores que influyen en el rendimiento y evaluación del esfuerzo físico en combatientes de incendios forestales. DDF, Cocoder. México. 27 p.
- Rodríguez-Trejo, D. A., Castro Solís, U. B., Zepeda Bautista, E. M. A., Carr, R. J. 2007. First year survival of *Pinus hartwegii* Lindl. in burned areas in different times. *International Journal of Wildland Fire* 16(1): 54–62.
- Rodríguez-Trejo, D. A. 2008. Fire ecology, fire regimes and fire management in Mexico. *Ambio* 37(7–8): 548–556.
- Rodríguez-Trejo, D. A. 2014. Incendios de vegetación. Su Ecología, Manejo e Historia. Vol. 1. Ed. C. P., C. P., UACH, PPCIF, AMPF, ANCF, PNIP, SEMARNAT, CONAFOR, CONANP. México. 889 p.



- Rodríguez-Trejo, D. A. 2015. Incendios de vegetación. Su Ecología, Manejo e Historia. Vol. 2. Ed. C. P., C. P., UACH, PPCIF, AMPF, ANCF, PNIP, SEMARNAT, CONAFOR, CONANP. Gob. Edo. Tabasco, USDA FS, US AID, FMCN. México. 819 p.
- Rodríguez-Trejo, D. A., J. Santillán Pérez, H. Tchikoué. 2006. El perfil actual del combatiente de incendios forestales en México. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 12(1): 79 – 86.
- Rodríguez-Trejo, D. A., P. Martínez Muñoz, J. A. Pulido L., P. J. Martínez Lara. Modelos de combustibles forestales para el Municipio de Villaflores y la Reserva de la Biosfera La Sepultura. BIOMASA, A. C., UACH, USDA FS, US AID, FMCN, ANCF. México (Informe).
- Rodríguez-Trejo, D. A., Martínez Muñoz, P., Martínez Lara, P. 2019. Efectos del fuego en el arbolado de un bosque tropical de pino y en el de una selva baja caducifolia en Villaflores, Chiapas. Ciencia Florestal 29(2): 1033 – 1047.
- Rodríguez-Trejo, D. A., Martínez Muñoz, P., Pulido Luna, J. A., Martínez Lara, P. J., Cruz López, J. D. Combustibles, comportamiento del fuego y emisiones en un pastizal y una sabana artificiales de Chiapas. (En prensa).
- Rodríguez-Trejo, D. A., Pulido Luna, J. A., Martínez Muñoz, P., Martínez Lara, P. J., Monjarás V., N. A. 2018. Análisis comparativo de quemas prescritas aplicadas a encinares tropicales. Agrociencia 52(6): 783 – 801.
- Scott, J. H., Burgan, R. E. 2005. Standard forest behavior forest fuels: A comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR- 153. USA. 72 p.
- Scott, A. C., Bowman, D. M. J. S., Bond, W. J., Pyne, S. J., Alexander, M. E. 2014. Fire on Earth. An Introduction. Wiley Blackwell. Singapore. 413 p.
- SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 1999. Programa de Manejo. Reserva de la Biosfera La Sepultura. SEMARNAP. México. 248 p.
- SEMARNAT/SAGARPA (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2007. Norma Oficial Mexicana NOM – 015 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. Viernes 16 de enero de 2009, primera sección, p. 23 – 91.



- Urbanski, S. 2014. Wildland fire emissions, carbon and climate: Emission factors. *Forest Ecology and Management* 317: 51 – 60.
- Van Wagner. 1968. The line intersect method in forest fuel sampling. *Forest Science* 14(1): 20 – 26.
- Vera Vilchis, V., Rodríguez-Trejo, D. A. 2007. Supervivencia e incremento en altura de *Pinus hartwegii* a dos años de quemas prescritas e incendios experimentales. *Agrociencia* 41(2): 219 – 230.
- Wade, D. D., Dixon, M. J., Mobley, H. E. 1989. A guide for prescribed fire in southern forests. Technical Publication R8-TP 11, USDA Forest Service. South Region. 56 p.
- Wright, H. A., Bailey, A. W. 1982. *Fire Ecology*. United States and Southern Canada. John Wiley and Sons. New York. 495 p.

