

PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN EN MANEJO DEL FUEGO EN MÉXICO

Memorias del taller realizado en el Campus Morelia de la Universidad Nacional Autónoma de México



FONDO MEXICANO
PARA LA
CONSERVACIÓN
DE LA NATURALEZA, A.C.
Institución Privada.



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

FONDO MEXICANO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, A.C.
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO-CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA-INSTITUTO MANANTLÁN DE ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD
SERVICIO FORESTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS
AGENCIA DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL



FONDO MEXICANO
PARA LA
CONSERVACIÓN
DE LA NATURALEZA, A.C.
Institución Privada.



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN EN MANEJO DEL FUEGO EN MÉXICO

*Memorias del taller realizado en el Campus Morelia
de la Universidad Nacional Autónoma de México
23-24 de Octubre de 2008*

FONDO MEXICANO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, A.C.
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO-CENTRO DE INVESTIGACIONES
EN ECOSISTEMAS
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA-INSTITUTO MANANTLÁN DE ECOLOGÍA
Y CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD
SERVICIO FORESTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS
AGENCIA DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL

Memorias del Taller Prioridades de Investigación en Manejo del Fuego en México realizado en el Campús Morelia de la Universidad Nacional Autónoma de México del 23 al 24 de octubre de 2008.

Redacción y edición del documento:

Enrique J. Jardel Peláez, Universidad de Guadalajara
Juan Manuel Frausto Leyva, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza
Diego Pérez Salicrup, Universidad Nacional Autónoma de México
Ernesto Alvarado, Universidad de Washington
Jorge E. Morfín Ríos, Universidad Nacional Autónoma de México
Rossana Landa Perera, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza
Paulina Llamas Casillas, Universidad de Guadalajara

Cuidado de la edición y corrección de estilo: Iván Álvarez

Diseño y formación: Verónica Lara

DR © 2010 FONDO MEXICANO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, A.C.

Calle Damas 49
Col. San José Insurgentes
03900, México, D.F.
www.fmcn.org

Impreso y hecho en México / *Printed and made in México*

Forma de citar:

Jardel-Peláez, E.J., J.M. Frausto-Leyva, D. Pérez-Salicrup, E. Alvarado, J.E. Morfín-Ríos, R. Landa & P. Llamas-Casillas. 2010. *Prioridades de Investigación en Manejo del Fuego en México*. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México D.F.

ÍNDICE

Presentación	5
Introducción	7
Marco conceptual del manejo del fuego	
¿En qué consiste el manejo del fuego?	9
Manejo del fuego: ¿qué necesitamos conocer y entender?	13
Relatoria del taller	
Sesión inaugural	18
Sesión 1: Sistemas y servicios de información para manejo	18
Sesión 2: Regímenes de incendios y efectos ecológicos del fuego	19
Sesión 3: Manejo del fuego y factores sociales relacionados	22
Propuestas sobre las prioridades de investigación para el manejo del fuego	
1. Información básica para la planificación y evaluación del manejo del fuego	25
2. Ecología del fuego: Regímenes de incendios y efectos ecológicos y ambientales del fuego	27
3. Manejo del fuego integrado a la gestión del territorio y los recursos naturales	29
4. Temas transversales	32
Conclusiones	35
Literatura citada	37
Glosario	39
Lista de participantes	41

PRESENTACIÓN

Este documento presenta las bases conceptuales, la relatoria y las conclusiones del *Taller sobre Prioridades de Investigación en Manejo del Fuego en México*, que se realizó los días 23 y 24 de octubre de 2008 en el Campus Morelia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El taller fue organizado por el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (FMCN) con la colaboración del Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco), el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) —ambos de la UNAM— y el Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad (IMECBIO) de la Universidad de Guadalajara. Para la organización se contó con la participación de instituciones académicas, agencias gubernamentales y organizaciones civiles como el Colegio de Recursos Forestales de la Universidad de Washington, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la Universidad Autónoma de Chapingo, la Universidad Autónoma de Nuevo León, el Centro de Ciencias de la Atmósfera y la Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza de la UNAM, la Universidad Estatal de Colorado, la Universidad del Norte de Arizona, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Grupo de Investigación Aplicada sobre Fuego y Medioambiente del Servicio Forestal (USFS) y la Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID) —ambos— de los Estados Unidos, la Unión de Productores Silvícolas de Villaflores (UPROSIVI) de Chiapas y la Unión de Comunidades Zapoteco-Chinantecas (UZACHI) de Oaxaca.

El presente documento fue redactado por un grupo de trabajo integrado por Enrique J. Jardel Peláez¹, Juan Manuel Frausto Leyva², Diego Pérez Salicrup³, Ernesto Alvarado Celestino⁴, Jorge E. Morfin Ríos³, Rossana Landa² y Paulina Llamas Casillas¹.

¹ Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, y Fundación Manantlán para la Biodiversidad de Occidente, A.C.

² Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C.

³ Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México.

⁴ Colegio de Recursos Forestales, Universidad de Washington.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del taller *Prioridades de Investigación en Manejo del Fuego en México* fue analizar el estado del conocimiento en materia de protección contra incendios forestales, ecología y manejo del fuego, y proponer una agenda de prioridades de investigación.

Los incendios forestales, originados por causas naturales o antropogénicas, son uno de los factores de perturbación ecológica y de transformación del paisaje más ampliamente extendidos en los ecosistemas terrestres de México (Jardel *et al.* 2009, Manson *et al.* 2009) y del mundo (Pyne 1996, Rowell y Moore 1999). Los incendios forman parte de la dinámica de los ecosistemas y son una herramienta de manejo, así como un factor de deterioro ambiental, según las condiciones en que se presenten; el tema de la protección contra incendios y el manejo del fuego es, por lo tanto, una cuestión controversial en el campo de la conservación ecológica y el manejo forestal (Jardel *et al.* 2009).

Frente a la incidencia de incendios forestales —y dada la percepción de este fenómeno como una causa de degradación de los ecosistemas, de pérdidas de recursos naturales e incluso como una “amenaza a vidas humanas y propiedades”—, la prevención y supresión de éstos ha sido el enfoque predominante en todo el mundo (Pyne 1996). Sin embargo, el reconocimiento del papel ecológico del fuego y de la utilización de éste como herramienta en la silvicultura, el manejo de hábitat, el manejo de agostaderos, la agricultura y la restauración, ha llevado a plantear la necesidad de adoptar un enfoque alternativo de manejo del fuego basado en principios ecológicos e integrado a la gestión del territorio y los recursos naturales (Pyne 1996, Pyne *et al.* 1996, Agee 2002, Plana 2004, Jardel *et al.* 2006).

En el ámbito mundial se observa una tendencia del aumento del peligro (severidad de los efectos y resistencia al combate) y el riesgo (probabilidad de ignición) de los incendios forestales (Rowell y Moore 1999). Esta tendencia se asocia a una serie de factores como: (a) una mayor interacción entre las poblaciones humanas y los ecosistemas forestales a causa del avance de la frontera agrícola, la urbanización, y la deforestación y fragmentación de los hábitats forestales; (b) la acumulación de combustibles forestales en áreas donde la supresión de incendios ha tenido éxito por un tiempo y (c) el cambio climático global, que implica un aumento de las condiciones favorables para la propagación de incendios, como altas temperaturas, sequías más prolongadas y eventos meteorológicos extremos (como ciclones) que aumentan el combustible disponible.

La incidencia de incendios forestales es un fenómeno complejo con componentes tanto ecológicos como sociales (Jardel 2009). El desarrollo de estrategias de manejo del fuego —adecuadas para un contexto socioecológico determinado— requiere de la generación de información, conocimiento y entendimiento a través de la investigación científica como base para el diseño de prácticas adecuadas de manejo, la toma de decisiones y la evaluación de resultados.

El taller *Prioridades de Investigación sobre el Manejo del Fuego en México* se llevó a cabo con el fin de analizar el estado actual del conocimiento y definir las necesidades de generación de conocimiento nuevo sobre el fenómeno de los incendios forestales, sus efectos sobre los ecosistemas y el desarrollo de prácticas adecuadas para el manejo del fuego. Se plantearon dos preguntas básicas:

¿Cuál es el estado actual del conocimiento sobre los aspectos ecológicos y sociales relacionados con los incendios forestales y el manejo del fuego? ¿Cuáles son las necesidades de información, conocimiento y entendimiento desde la perspectiva del manejo de unidades de conservación y de producción?

Para responder a estas preguntas se plantearon tres temas principales a abordar en el taller:

- Información y conocimiento para la prevención y combate de incendios y para la planificación y evaluación del manejo del fuego.
- Regímenes de incendios y efectos ecológicos del fuego.
- Aspectos sociales del manejo del fuego.

Estos temas fueron abordados en tres sesiones divididas en presentaciones de resultados de trabajos de investigación y experiencias de manejo del fuego, y mesas de discusión y análisis para establecer prioridades de investigación.



FIGURA 1. Los incendios forestales afectan anualmente áreas extensas de México. El compuesto en falso color de imágenes de satélite y puntos de calor detectados sobre el territorio mexicano (celdas rojas indican un incendio y amarillas dos o más incendios) en los primeros 10 días de mayo de 2005 muestra la incidencia de incendios sobre el territorio mexicano esos primeros días. (Fuente: <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/firemaps/firemap.2005121-005130>).



FIGURA 2. Propagación del fuego en una quema prescrita experimental en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Las quemas prescritas son una de las técnicas utilizadas para controlar la carga de combustibles y reducir el peligro de incendios en los bosques (Foto: S. García).

MARCO CONCEPTUAL DEL MANEJO DEL FUEGO

¿EN QUÉ CONSISTE EL MANEJO DEL FUEGO?

Para poner en contexto el papel de la investigación en el manejo del fuego, es conveniente definir en qué consiste este último, así como explicar algunos conceptos básicos de la ecología del fuego.

El manejo del fuego puede definirse como un proceso que forma parte del *manejo de ecosistemas* (Christensen *et al.* 1996, Jardel *et al.* 2008). Dicho proceso está dirigido al logro de objetivos de conservación de los componentes y funciones de los ecosistemas, la restauración de áreas degradadas y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

El manejo del fuego consiste en una serie de intervenciones técnicas, institucionales y comunicativas, que son planificadas para (Jardel 2009):

- 1) Mantener o restaurar el *régimen de incendios* de una unidad de manejo determinada (que puede ser un área protegida o un predio forestal), dentro de la amplitud o rango de su variación histórica en frecuencia, estacionalidad, intensidad, severidad y tamaño, con el fin de conservar a largo plazo hábitats, ecosistemas o paisajes.
- 2) Utilizar el fuego como herramienta para controlar la estructura y composición de la vegetación y los materiales combustibles como parte de la silvicultura, el manejo de hábitat, el manejo de agostaderos o la agricultura.
- 3) Prevenir, mitigar o remediar los impactos ambientales negativos de los incendios forestales.

Esta definición del manejo del fuego es más amplia que la que ha predominado convencionalmente, la cual ha estado centrada en los medios técnicos utilizados para prevenir o combatir incendios forestales y se ha basado en el punto de vista de que el fuego es un factor de destrucción, o por lo menos de alteración,

de los ecosistemas y recursos forestales. La definición se basa en el reconocimiento de cuatro cuestiones fundamentales:

- 1) Los incendios han sido un factor de selección natural que ha formado parte del ambiente en el cual ha evolucionado una parte importante de la biodiversidad terrestre; esto quiere decir que las condiciones de hábitat y los efectos sobre las comunidades bióticas que producen los incendios son necesarios para la conservación de numerosas especies (Trabaud 1981, Agee 1993, Whelan 1995, Bond y van Wilgen 1996, Whelan *et al.* 2002, Bond y Keeley 2005).
- 2) Los regímenes de incendios (la variación en la frecuencia, estacionalidad, intensidad, severidad y tamaño de los incendios) han formado parte de la dinámica de los ecosistemas terrestres (Heinselman, 1973, 1981, Agee 1993, Swanson *et al.* 1994, Jardel *et al.* 2009). Dichos regímenes no han permanecido inmutables a lo largo del tiempo, pero es importante conocer su variación histórica para evitar condiciones fuera de ésta que alteren la dinámica y el funcionamiento de los ecosistemas.
- 3) La variación natural o histórica de los regímenes de incendios ha sido en muchos casos alterada o modificada por los seres humanos (Fulé y Covington 1996, Pyne *et al.* 1996, Rowell y Moore 1999, Agee 2002, Arno y Fiedler 2005, Hardesty *et al.* 2005), y debido a esto el impacto de los incendios debe ser considerado actualmente en el contexto de las transformaciones del paisaje y la alteración del clima que caracterizan al cambio ambiental global (Nepstad *et al.* 1999, Flannigan *et al.* 2000, Westerling *et al.* 2006, Manson *et al.* 2009).
- 4) El fuego ha sido una herramienta de manejo utilizada prácticamente desde el origen de la humanidad (Pyne 1996, Vale 2002) y existen razones científicas, empíricas y técnicas para su utilización en el manejo de ecosistemas forestales (Chandler *et al.* 1983, Pyne *et al.* 1996, Agee 2002).

El manejo del fuego es un componente de la gestión del territorio y los ecosistemas (Plana 2004); esto es, debe considerarse como parte de un proceso más amplio y se debe integrar al conjunto de intervenciones técnicas, institucionales y comunicativas dirigidas al logro de objetivos específicos de conservación de la biodiversidad y los ecosistemas, protección y mejoramiento de las condiciones ambientales, restauración de áreas degradadas, y producción sustentable de bienes y servicios. El manejo del fuego no debe plantearse como una cuestión aislada, sino que debe ubicarse en un contexto socioecológico determinado y como un componente integrado a la gestión del territorio y el manejo de ecosistemas.

Cuando se habla de manejo *integrado* del fuego, esto debe ser entendido no sólo en cuanto a “integración” de distintos componentes (prevención y combate de incendios; uso del fuego basado en principios ecológicos, silvícolas o agronómicos, y actividades complementarias de planificación y organización, economía, capacitación y comunicación), sino sobre todo de integración del manejo del fuego en procesos más amplios de gestión de áreas protegidas o bosques de producción o, en general, de gestión del territorio y manejo de ecosistemas (Jardel 2009).

El manejo del fuego es parte de un proceso más amplio en el cual debe estar integrado: el manejo de ecosistemas, además de la gestión del territorio y los recursos naturales

De acuerdo con la definición presentada líneas arriba, el manejo del fuego implica intervenciones para modificar los componentes del régimen de incendios de una unidad de manejo a diferentes escalas, que abarcan desde un rodal hasta un área protegida, una unidad de ordenación forestal o incluso una cuenca o una región. Asimismo, el manejo del fuego debe llevarse a cabo tanto en regiones bajo protección, aprovechamiento forestal o restauración.

El concepto de régimen de incendios es fundamental para el manejo del fuego. Las especies de plantas y animales, la vegetación, los suelos y en general los componentes, patro-

nes y procesos de los ecosistemas responden no a eventos de fuego aislados, sino a regímenes de fuego. Excepcionalmente pueden ocurrir eventos atípicos de gran magnitud que pueden alterar significativamente un ecosistema.

Conocer el papel de los regímenes de incendios es la base para diseñar estrategias de manejo del fuego

Un régimen de incendios se caracteriza por la variación histórica en la *frecuencia* o intervalo de retorno entre incendios (cada cuándo ocurren los eventos de perturbación por fuego), su *estacionalidad* (en qué época del año y bajo qué condiciones del tiempo se presentan los incendios), la *severidad* (los efectos del fuego sobre los ecosistemas) y el *tamaño* de las áreas quemadas (Heinselman, 1973, 1981, Agee 1993, Swanson *et al.* 1994, Jardel *et al.* 2009).

Los distintos tipos de ecosistemas terrestres han estado sujetos a diferentes regímenes de fuego, los cuales han influido en su estructura, composición, dinámica y funcionamiento. Por ejemplo, en el caso de México (Jardel *et al.* 2009), en algunos ecosistemas, como la mayor parte de los bosques de pino, algunos encinares, las sabanas tropicales y los pastizales naturales, los incendios son frecuentes (ocurren con intervalos de pocos años) y generalmente son de baja severidad; las especies presentes en estos tipos de vegetación son resistentes o tolerantes al fuego, y cuando llegan a abrirse claros se regeneran rápidamente. En estos ecosistemas la supresión de incendios provoca cambios en la composición y estructura de la vegetación (por ejemplo, reemplazo de pastizales por matorrales y aumento de especies arbóreas tolerantes a la sombra en pinares y encinares) y un aumento en las cargas de combustibles que a su vez incrementa el peligro de incendios severos (Brown y Arno 1991).

En otros ecosistemas, como los bosques de oyamel y algunos pinares de zonas húmedas, los incendios son menos frecuentes (ocurren con intervalos de décadas) debido al predominio de condiciones de humedad o de bajas temperaturas que limitan la propagación del fuego. Los efectos de los incendios en este

caso son más severos, ya que provocan una alta mortalidad de plantas y la formación de claros en los que se reinicia la sucesión; se habla entonces de *incendios de reemplazo de rodales* (Agee 1993). La regeneración de los oyameles (Ángeles *et al.* 2001) y los pinos (Saldaña-Acosta y Jardel 1991) es favorecida por la formación de claros.

En el caso de las selvas altas perennifolias (Cochrane 2003) y los bosques mesófilos de montaña (Asbjornsen *et al.* 2005) los incendios son un evento raro, limitado por las condiciones del clima, y sólo ocurren con intervalos de cientos de años cuando se presentan condiciones de sequía extrema que coinciden con igniciones causadas por factores naturales, como rayos, o antropogénicos, como las quemadas agrícolas. Estos incendios son generalmente de baja intensidad, pero sus efectos son severos, porque las especies presentes en la vegetación de estos bosques son intolerantes al fuego. El aumento de la frecuencia de incendios antropogénicos, combinado con la fragmentación de las selvas altas, puede provocar el reemplazo de éstas por formaciones sabanoides (Nepstad *et al.* 1999). Dicho reemplazo podría implicar la pérdida de las especies asociadas a estos tipos de vegetación.

Dada la influencia de los regímenes de fuego en la estructura y composición de la vegetación, la alteración de la frecuencia y severidad de los incendios tiene importantes consecuencias en la dinámica y el funcionamiento de los ecosistemas. El manejo del fuego es, básicamente, el manejo de los regímenes de incendios (Pyne *et al.* 1996), esto es, implica manejar la frecuencia con la que un área se quema, la severidad de los efectos de los incendios, y el tamaño de las áreas quemadas, para mantener, modificar o restaurar las condiciones de la vegetación y los combustibles, con un propósito determinado (Jardel 2009). Por supuesto, todo esto en el contexto del manejo que se le pretende dar a un ecosistema con objetivos determinados.

El manejo del fuego es, básicamente, el manejo de los regímenes de incendios que varían con las condiciones ambientales en distintos tipos de ecosistemas

Los regímenes de fuego están determinados por un conjunto de factores ambientales y por el estado de las condiciones en que se encuentran los ecosistemas (Jardel *et al.* 2009): las condiciones del clima, la forma del relieve y los suelos que influyen en el tipo de vegetación presente en un área y en su productividad (y por ende en la acumulación de combustibles); la estacionalidad del clima que determina las condiciones del estado del tiempo en que se puede propagar el fuego, y la probabilidad de que se encienda el fuego (riesgo de incendios) por causas naturales (caída de rayos por ejemplo) o humanas. Las intervenciones de manejo sólo pueden modificar algunas de estas condiciones: la estructura de la vegetación y las cargas y distribución de los combustibles, y las causas antropogénicas de ignición. También se puede intervenir combatiendo los incendios cuando se presentan. Por lo tanto, las intervenciones técnicas del manejo del fuego se dirigen básicamente a (Chandler *et al.* 1983, Pyne *et al.* 1996, Vélez 2000, Agee y Skinner 2005, Jardel 2009):

- 1) El *control de las igniciones* a través de medidas preventivas para la reducción del *riesgo* de incendios.
- 2) El *combate de incendios*; esto es, el control de la propagación del fuego y su supresión.
- 3) La *reducción del peligro de incendios* por medio del manejo de los combustibles y la vegetación.

El control de las igniciones se basa en medidas de prevención como la vigilancia del cumplimiento de instrumentos legales (por ejemplo las normas para el uso del fuego y la aplicación de sanciones a causantes de incendios), la protección de áreas forestales para evitar la propagación del fuego por medio de acciones de prevención física (construcción de brechas cortafuego y guardarrayas, relacionado esto con el manejo de combustibles), la aplicación cuidadosa de quemadas con fines agropecuarios o silvícolas, la designación de sitios y tiempos donde pueden encenderse fogatas en áreas de visita pública o recreación o el control del acceso de personas a ciertas áreas forestales durante la temporada de riesgo de incendios. Dado que la frecuencia

de igniciones antropogénicas está relacionada con el contacto de los seres humanos con las áreas forestales, la prevención está relacionada también con el control de la expansión de la frontera agropecuaria y la urbanización a través de medidas de ordenamiento territorial.

El combate o supresión de incendios consiste en las acciones para detener la propagación del fuego cuando se presentan aquéllos. Esto implica contar con medios para la detección temprana de los incendios, personal organizado, capacitado y equipado para el combate, infraestructura (camino de acceso a áreas críticas, sistemas de brechas cortafuego, campamentos, etc.) y sistemas de organización y cooperación interinstitucional para la atención a emergencias.

El manejo del fuego es más que la prevención y control de incendios o la aplicación de quemas prescritas: además de las intervenciones técnicas implica intervenciones institucionales y comunicativas

La mayor parte de los programas relacionados con el manejo del fuego se han centrado en la prevención y combate de incendios. Sin embargo, el tercer componente del manejo del fuego está cobrando mayor importancia. El manejo de los combustibles y la vegetación consiste en las acciones que se realizan para modificar la carga de combustibles (cantidad de combustible por unidad de área), su distribución espacial (vertical y horizontal) y continuidad, así como la estructura (distribución de tamaños, estratificación) y la composición de especies de la vegetación. El manejo de combustibles y la vegetación puede hacerse a través de *quemas prescritas* (aplicación del fuego de manera controlada con el propósito de reducir la carga de combustibles, modificar su distribución y continuidad, favorecer a ciertas especies modificando las condiciones de hábitat, preparar sitios para el establecimiento de la regeneración, eliminar arbolado plagado o enfermo, etc.) y *métodos mecánicos* (construcción de brechas cortafuego y guardarrayas, corta y apilamiento de combustibles leñosos para reducir su continuidad horizontal, pica y esparcimiento de material leñoso para acelerar su descomposición, derribo de combustibles

“de escalera”, “chaponeo” de arbustos, podas y aclareos del arbolado, y extracción y aprovechamiento de material leñoso) (Agee y Skinner 2005).

Las intervenciones técnicas arriba señaladas se complementan con otras intervenciones de carácter institucional y comunicativo (Jardel 2009). El manejo de ecosistemas y de recursos naturales implica esos tres tipos de intervenciones (Jardel *et al.* 1998b).

Las *intervenciones institucionales* son las que se refieren a las relaciones sociales y las reglas del juego; esto es, a la forma en que se organizan las actividades de los actores sociales involucrados en el manejo del fuego, tales como los dueños de la tierra, pobladores de las áreas forestales y comunidades agrarias, autoridades y dependencias gubernamentales de los sectores de medioambiente y recursos naturales, agricultura y desarrollo rural, autoridades municipales, organizaciones sociales relacionadas con la conservación y el desarrollo rural, productores agropecuarios y forestales, empresas relacionadas con el aprovechamiento de los recursos naturales, instituciones dedicadas a la investigación y la enseñanza, etc. Las intervenciones institucionales incluyen el establecimiento de acuerdos y arreglos para la colaboración entre los actores sociales, el diseño de normas y reglamentos, la resolución de conflictos, la organización de acciones y la planificación, seguimiento y evaluación.

Las *intervenciones comunicativas* tienen que ver con la comunicación de ideas, conceptos, propósitos, conocimientos, experiencias, etc., entre los actores; por ejemplo, la aplicación de medidas preventivas requiere de la comunicación con el público, el fortalecimiento de capacidades requiere del aprendizaje a través de la educación y el intercambio de experiencias, y la incorporación de principios teóricos en la planificación del manejo del fuego depende de la comunicación y entrega de los resultados de la investigación científica. Hay que agregar que la comunicación con el público es indispensable para lograr el apoyo de la gente para la protección contra incendios y la aplicación de las prácticas de manejo del fuego basado en el entendimiento de por qué y para qué se hace manejo del fuego y no sólo supresión de incendios (Jardel 2009).

MANEJO DEL FUEGO: ¿QUÉ NECESITAMOS CONOCER Y ENTENDER?

Partiendo de la idea de que el manejo del fuego es un componente de un proceso más amplio de gestión del territorio y los ecosistemas en unidades de conservación y de producción, y si tomamos en cuenta que decisiones tales como suprimir incendios, aplicar quemas prescritas o remover los combustibles leñosos gruesos tienen consecuencias sobre la estructura de la vegetación, las condiciones del hábitat, la composición de especies, o incluso las propiedades hidrológicas y de los suelos en las cuencas forestales y la dinámica del carbono en un bosque, entonces comprenderemos que el manejo del fuego debe ser abordado con una perspectiva de manejo de ecosistemas (Jardel 2009).

Las intervenciones de manejo del fuego influyen en los componentes, patrones y procesos de los ecosistemas

El manejo de ecosistemas implica: (a) tomar en cuenta que las intervenciones sobre un componente del sistema (por ejemplo la corta de madera de los árboles, o los tratamientos de los combustibles superficiales) tienen consecuencias sobre las interacciones con otros componentes (como la composición de especies de plantas y animales, los suelos, el sistema hidrológico o incluso la atmósfera) y, por lo tanto, sobre la conducta y funcionamiento del sistema en conjunto, y (b) considerar que los ecosistemas son sistemas complejos y dinámicos; no sólo las limitaciones de nuestro conocimiento, sino las propiedades mismas de estos sistemas, implican que existe siempre un componente de incertidumbre en la predicción de su comportamiento futuro y sus respuestas a intervenciones de manejo (Christensen *et al.* 1996).

El manejo de ecosistemas ha sido definido como: “El manejo guiado por *metas explícitas*, ejecutado mediante *políticas* [lineamientos y normas], *protocolos* [procedimientos y métodos] y *prácticas* específicas, *adaptable* mediante el *monitoreo* [observación continua a largo plazo] y la investigación científica, basado en nuestro

mejor entendimiento de las interacciones y procesos ecológicos necesarios para mantener la composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas” (Christensen *et al.* 1996).

El manejo de ecosistemas es un enfoque conceptual que implica pensar en términos de sistemas (relaciones e interacciones entre componentes, que dan lugar a propiedades emergentes de la estructura, interacciones y funcionamiento del conjunto), complejidad (sensibilidad a las condiciones iniciales, conducta y trayectorias variables, múltiples estados posibles —ceranos o alejados— del equilibrio, cambios graduales o abruptos, surgimiento o evolución de nuevas condiciones), resiliencia (capacidad del sistema para mantener o recobrar su integridad bajo la influencia de perturbaciones), escalas y jerarquías (niveles de organización, integración de un sistema como componente de sistemas mayores y subdivisión del sistema en subsistemas, variación de la estructura y funcionamiento de los sistemas en el espacio y el tiempo) e incertidumbre (limitación de nuestra capacidad de predecir conductas y respuestas del sistema, originadas por las propiedades de sistemas complejos y la naturaleza del conocimiento humano que es limitado, pero perfectible). Dadas estas condiciones, el manejo de ecosistemas implica una estrategia de *manejo adaptativo* (Walters y Holling 1990, Franklin 1993, Christensen *et al.* 1996, Christensen 1997, Walker y Salt 2006, Jardel *et al.* 2008b).

El manejo adaptativo ha sido propuesto como una estrategia basada en un proceso que parte de un diseño explícito de las prescripciones de manejo (protocolos y planes de manejo), cuyos resultados esperados son hipótesis fundamentadas en el conocimiento disponible, las cuales son puestas a prueba de manera experimental, de tal modo que las intervenciones de manejo puedan generar conocimiento nuevo y puedan modificarse o perfeccionarse conforme se aprende más acerca de las respuestas de los ecosistemas a tales intervenciones, y conforme surgen necesidades de adaptarse a cambios (condiciones nuevas o no previstas). Esto es, el manejo adaptativo implica aprendizaje y adaptación. Para que esto sea posible, es necesario integrar el monitoreo (observación

continua) y la investigación como medios para la evaluación, mejora y retroalimentación del manejo (Walters y Holling 1990).

Manejo adaptativo: proceso de experimentación y aprendizaje dirigido a mejorar las prácticas de manejo y adaptarlas a un entorno ecológico y social dinámico y cambiante, en el cual la investigación aporta conocimiento y entendimiento de aspectos fundamentales

Además de esto, debe tenerse en cuenta que el manejo de los ecosistemas es un proceso social que se realiza a través de organizaciones humanas para lograr el cumplimiento de objetivos socialmente establecidos y que se realiza en un contexto socioecológico determinado (Jardel *et al.* 2008b).

Desde esta perspectiva, el manejo del fuego implica información, conocimiento y entendimiento acerca de cuatro cuestiones que son fundamentales (Jardel 2009):

- 1) El papel de los *combustibles forestales*, las *condiciones meteorológicas* y la *topografía* en el comportamiento del fuego.
- 2) La variación en los *regímenes históricos de incendios* en distintos ecosistemas.
- 3) La *respuesta de cambio en los ecosistemas* como consecuencia de la variación de los regímenes de fuego.
- 4) La *influencia humana* en la incidencia de los incendios forestales.

Estas cuestiones se discuten brevemente a continuación:

Comportamiento del fuego. Es el proceso físico de la combustión y la propagación de un incendio y está determinado por la interacción entre los combustibles forestales, las condiciones meteorológicas y las condiciones topográficas (el “triángulo del ambiente del fuego”; Pyne *et al.* 1996). Entender y predecir el comportamiento del fuego es necesario para, a su vez, entender y prever sus efectos ecológicos, así como para planificar intervenciones de combate de incendios o de aplicación de quemadas prescritas (tomando en cuenta cuestiones como la resistencia del fuego a las acciones de

control y la seguridad de los combatientes). Por esta razón, se ha trabajado en el desarrollo de métodos de inventario de combustibles, de “modelos de combustibles” asociados a condiciones de propagación del fuego, de sistemas de clasificación de características de combustibles y de modelos de simulación del comportamiento del fuego alimentados con información cuantitativa de las propiedades de los combustibles (Sandberg *et al.* 2001).

Al ser los combustibles un factor determinante del comportamiento del fuego, y el único de los tres componentes del “triángulo” que se puede manipular, su evaluación y cuantificación es información indispensable para la toma de decisiones en el manejo del fuego (Sandberg *et al.* 2001, Agee y Skinner 2005). Se requiere también desarrollar sistemas de clasificación de las características de las camas de combustibles, adaptados a la variación de condiciones existentes en las unidades de manejo; estudiar la relación entre propiedades físicas de los combustibles y el comportamiento del fuego, y desarrollar modelos de simulación para predecir el comportamiento del fuego (Riccardi *et al.* 2007). Por lo tanto éstos son temas prioritarios para la investigación aplicada en ecología del fuego, y en la planificación, monitoreo y evaluación del manejo del fuego. El manejo de combustibles incide en el comportamiento del fuego y en la severidad de sus efectos.

Regímenes de incendios. Consisten, como ya se señaló, en la amplitud o rango de variación histórica en los atributos de los incendios a los que ha estado sometido un ecosistema durante un periodo largo de tiempo, del orden de cientos de años (Heinselman 1981, Agee 1993, Swanson *et al.* 1994, Bond y van Wilgen 1996, Hardy *et al.* 2001, Jardel *et al.* 2009). El cuadro 1 presenta una tipología de los regímenes de incendios característicos de los ecosistemas terrestres de México.

La teoría ecológica actual sostiene que los ecosistemas son dinámicos y están sujetos a eventos relativamente discretos en el tiempo (eventos de perturbación o *disturbios*), que modifican su composición y estructura cambiando su estado y trayectoria (perturbaciones) y son causados por distintos agentes (eventos

meteorológicos extremos, eventos geológicos, incendios e incluso intervenciones humanas) (Pickett y White 1985). Diferentes tipos de ecosistemas y paisajes han estado sujetos, históricamente, a distintos regímenes de incendios, independientemente de que el origen de éstos radique en causas naturales como rayos, o humanas, como quemas deliberadas o accidentales (Agee 1993). En algunos ecosistemas terrestres los incendios han sido un fenómeno que raramente ocurre; en otros los incendios tienen lugar con baja frecuencia (intervalos de retorno del fuego de décadas) o con alta frecuencia (intervalos de retorno del fuego de pocos años).

Cuando los incendios son frecuentes, limitan la acumulación de material combustible y con esto puede reducirse su intensidad (energía liberada en la combustión) y severidad (efectos sobre la cubierta vegetal). La incidencia de incendios es un factor ambiental que ha influido en la evolución de las especies; esto es, el fuego ha sido un factor de selección natural que ha dado lugar a diferentes estrategias de adaptación de las especies en los ambientes donde se presenta con cierta frecuencia (Whelan 1995, Bond y van Rigen 1996, Pausas y Keeley 2009). En este caso, muchas especies pueden resistir, tolerar o evitar el fuego; algunas de estas especies se ven favorecidas por el fuego que abre espacios para su regeneración o elimina competidores, patógenos y parásitos. En otros casos, cuando la incidencia de incendios es muy baja, rara o infrecuente, las especies no están sujetas a esta fuerza selectiva y, por ende, no están adaptadas para tolerar, resistir o evitar el fuego. Por consiguiente, cuando ocasionalmente llega a presentarse un incendio, éste elimina temporalmente a las especies sensibles presentes en la comunidad; esto es, los incendios tienen efectos severos, aun y cuando sean de baja intensidad, y si se dan repetidamente pueden conducir al reemplazo de una comunidad de especies sensibles por otra de especies favorecidas por las condiciones provocadas por los incendios.

Ya que las especies de plantas y animales son afectadas diferencialmente por los incendios y pueden presentar diferentes capacidades de respuesta a un ambiente bajo determinado régimen de incendios, una manera de abordar

el estudio de los cambios en las comunidades bióticas bajo la influencia de incendios ha sido la elaboración de tipologías de grupos funcionales de respuesta al fuego (TFRF) y su utilización en modelos para simular dichos cambios (Bond y van Rigen 1996, Whelan *et al.* 2002).

Respuesta de los ecosistemas al fuego.

Consiste en los cambios en la estructura, composición, dinámica y funcionamiento de los ecosistemas que son consecuencia de cierto régimen de incendios. Estas respuestas son complejas, muchas veces son poco conocidas y entendidas, y para muchos ecosistemas existe una carencia casi total de conocimiento al respecto. Las respuestas varían según el tipo de componentes del ecosistema (desde las especies y los TFRF hasta los tipos de suelos), la escala espacial (desde la localidad o el rodal hasta el paisaje regional) y la escala temporal (desde los efectos inmediatos o de “primer orden” que se manifiestan durante el incendio, hasta los efectos de mediano y largo plazo, o de “segundo orden” que se manifiestan a través de años y décadas post-incendio) (Reinhardt *et al.* 2001).

La respuesta de los ecosistemas al fuego y a la variación en los regímenes de incendios se manifiesta en cambios en la *composición de especies*, cambios en la *estructura de la vegetación* y las condiciones de *hábitat*, cambios en la *estructura y dinámica del paisaje* (variación en el mosaico de tipos de cobertura o unidades del paisaje), y cambios en la *dinámica del agua, el carbono y los nutrientes* en el ecosistema. Estas respuestas de los ecosistemas al fuego tienen que ver con su funcionamiento y, por lo tanto, con su capacidad de generar servicios ecosistémicos (de soporte, de regulación, de provisión y culturales) (Jardel 2009).

El entendimiento de la respuesta de los ecosistemas al fuego es indispensable como parte de los fundamentos del manejo orientado a la conservación de suelos y agua en las cuencas, el manejo de hábitat, la conservación de la biodiversidad, el control de emisiones de humos y gases (contaminantes y gases con efectos de invernadero) y la captura de carbono, entre otros aspectos clave en la gestión de

áreas protegidas, el manejo de cuencas y la incorporación de criterios ambientales en el manejo forestal orientado a la producción de recursos o a la generación de servicios ecosistémicos o ambientales.

Los factores sociales en la incidencia de incendios y el uso del fuego. La influencia humana es determinante en la configuración del paisaje, las condiciones ambientales y el estado de los ecosistemas. No sólo la influencia de los seres humanos se ha extendido prácticamente a todos los rincones del planeta en los últimos 500 años —con lo que ha aumentado su intensidad y se han introducido nuevos factores de transformación y degradación en los últimos dos siglos (Vitousek *et al.* 1997)—. Muchos paisajes considerados como “naturales” son en realidad el resultado de interacciones entre los humanos y los ecosistemas a través de milenios, especialmente en regiones con una larga historia de presencia de poblaciones humanas densas (Foster 2000, Egan y Howell 2005). Éste es el caso del Mediterráneo, el este de Norteamérica o de Mesoamérica. El uso del fuego por los humanos (cuyo origen probablemente se haya dado hace 800,000 años, cuando el *Homo erectus* comenzó a utilizar deliberadamente el fuego) ha sido uno de los factores transformadores del paisaje más ampliamente extendidos en todo el mundo (Pyne 1996, Pausas y Keeley 2009). Es por esto que tiene más sentido hablar de regímenes históricos de incendios que de regímenes “naturales”.

La incidencia de incendios en el paisaje es en gran parte resultado de factores sociales. Puede ser resultado de conflictos sociales, o incluso de accidentes, o bien del uso deliberado del fuego como herramienta de manejo en la agricultura, el manejo de agostaderos para la ganadería, el manejo de hábitat para la fauna silvestre o la silvicultura para la producción de madera, y estos usos se basan en fundamentos técnicos y empíricos. Las decisiones de suprimir los incendios (ancladas en ciertas percepciones culturales que han influido en las políticas de “protección contra incendios” a lo largo y ancho del mundo) también influyen en la incidencia de incendios.

El manejo del fuego es parte de la gestión del territorio y se realiza siempre en un contexto social determinado que incluye aspectos

como la ocupación humana del espacio geográfico, los usos a que se destinan el suelo y los recursos, los cambios demográficos (no sólo en el tamaño, sino también en la distribución de la población humana), la economía (la vida material de la sociedad, la forma en que los seres humanos obtienen su sustento e intercambian bienes y servicios), la cultura (que comprende las percepciones, ideas, sistemas de valores, conocimientos y medios técnicos de los grupos y actores sociales) y las instituciones (las normas vigentes *de jure* o *de facto*, como los regímenes de propiedad, las leyes y las normas consuetudinarias, las formas de organización social, y en general, las “reglas del juego” de las interacciones entre los actores sociales) (Jardel 2009). El entendimiento de los aspectos sociales (político-institucionales, económicos, culturales, demográficos) y su variación histórica es esencial como parte de un enfoque socioecológico del manejo de los ecosistemas en general, y del manejo del fuego en particular. No es posible implementar estrategias exitosas de manejo del fuego sin considerar el contexto social ni las formas en que se da la interacción sociedad-naturaleza (Jardel 2009).

Los temas fundamentales de la investigación aplicada al manejo del fuego son: el comportamiento del fuego, los regímenes de incendios, las respuestas de los ecosistemas al fuego y los factores sociales de la incidencia de incendios y el uso del fuego



FIGURA 3. Medición para evaluar el consumo de combustibles superficiales después de una quema prescrita (Foto: E. J. Jardel).

CUADRO 1. Modelos hipotéticos de los regímenes de incendios en ecosistemas terrestres de México (basado en Jardel et al. 2009).

Tipo	Intervalo de retorno de incendios (años)	Severidad	Descripción
I	< 35	Baja	Pastizales y formaciones sabanoides; tipos de vegetación mantenidos por incendios frecuentes, superficiales e intensos. Algunos pantanos herbáceos (tulares, carrizales, popales) pueden quemarse cuando baja el nivel del agua en años secos, y se incluyen en este tipo de régimen. Los pastos y otras herbáceas se regeneran rápidamente en la estación de crecimiento siguiente a cada incendio. El establecimiento de elementos leñosos está limitado por el fuego; las especies arbóreas y arbustivas presentes son resistentes al fuego.
II	< 35+	Baja (Moderada)	Bosques de pino y encino de ambientes subhúmedos. Tipos de vegetación mantenidos por incendios frecuentes. Predominan los incendios superficiales de severidad baja (consumo de la superficie del mantillo y vegetación baja, poca mortalidad de árboles y formación de claros <0.1 ha); cuando aumenta el IRI, se acumulan combustibles y los incendios pueden ser de severidad moderada (formación de claros de 0.1 a 10 ha). Los árboles son resistentes a los incendios superficiales y presentan buena regeneración cuando se forman claros.
III	35-100+	Reemplazo de rodales	Bosques de coníferas (oyamel, algunas especies de pino) de sitios templados húmedos; bosques de pino piñonero y pinares abiertos con matorrales de sitios semiáridos o secos. Los incendios son poco frecuentes y sus efectos pueden ser moderados (en condiciones húmedas o cuando hay baja acumulación de combustible), pero generalmente son severos (provocan la formación de claros grandes, >10 ha, y reinicio de la sucesión). Las especies arbóreas dominantes regeneran bien en los claros abiertos por el fuego.
IV	< 35	Reemplazo de rodales	Chaparrales, matorral tamaulipeco y matorrales submontanos (comunidades arbustivas de clima templado seco o semiárido). Los incendios son intensos y se propagan por la copa de los matorrales densos, con alta continuidad vertical de combustibles.
V	35-100+	Moderada a Alta	Selvas secas estacionales (selva baja caducifolia, selva baja espinosa) y matorrales xerófilos. Las condiciones secas limitan la productividad primaria y la acumulación de combustibles superficiales y su continuidad (en las selvas, las tasas de descomposición del mantillo son altas en la estación húmeda del año), por lo que los incendios son superficiales y generalmente de baja intensidad. Los elementos leñosos resisten al fuego y tienen capacidad de rebrote (por adaptaciones a la sequía), pero muchas especies (las cactáceas, por ejemplo) son sensibles o intolerantes al fuego.
VI	> 100	Alta	Selvas húmedas (selva alta perennifolia, selva mediana subcaducifolia, selvas inundables), bosques latifoliados húmedos (bosque mesófilo de montaña), bosques de galería y manglares. Las condiciones de ambientes húmedos (por el clima, la posición topográfica o la asociación con zonas inundables) limitan la propagación del fuego. Los incendios llegan a presentarse ocasionalmente cuando las igniciones coinciden con años secos; estos incendios son superficiales de baja intensidad, pero pueden tener efectos severos sobre plantas sensibles o intolerantes al fuego y formar claros en el dosel. Incendios sucesivos aumentan el peligro de incendios severos por acumulación de combustibles y un microclima más seco debido a la formación de claros y la fragmentación de la vegetación.



FIGURA 4. Evaluación de los efectos de un incendio forestal en la vegetación (Foto: E. J. Jardel).

RELATORÍA DEL TALLER

A continuación se hace una reseña del desarrollo del *Taller sobre Prioridades de Investigación en Manejo del Fuego en México*.

SESIÓN INAUGURAL

Durante la sesión inaugural, se presentaron los objetivos del taller y se describió la mecánica de trabajo. Juan Manuel Frausto del FMCN planteó la importancia de un acercamiento entre los distintos actores involucrados en el manejo del fuego, tales como dependencias gubernamentales de los sectores ambiental, forestal y agropecuario, organizaciones no gubernamentales vinculadas a la conservación y al desarrollo rural, prestadores de servicios técnicos forestales, organizaciones de productores forestales, comunidades agrarias y propietarios de terrenos forestales, e instituciones dedicadas a la investigación científica y la educación. Se señaló que a partir de la crítica temporada de incendios de 1998, se inició un cambio importante, con una mayor colaboración entre los sectores gubernamental y civil. Desde entonces se han sumado nuevos actores al manejo del fuego. El concepto mismo de manejo integrado del fuego ha comenzado a incorporarse en las estrategias y programas relacionados con la conservación de áreas pro-

tegidas y el manejo forestal. El tema del manejo del fuego ha cobrado además mayor importancia en el contexto del cambio ambiental global. La información y el conocimiento científico juegan un papel esencial en el desarrollo de estrategias adecuadas de manejo del fuego.

Diego Pérez Salicrup hizo una introducción general sobre el tema de los incendios forestales, su incidencia en México y la importancia de la vinculación del trabajo de investigación con los actores sociales implicados en el manejo del fuego. Asimismo, expuso las metas del taller.

Enrique Jardel se refirió a la necesidad de transitar del enfoque convencional de supresión de incendios hacia un enfoque de manejo del fuego integrado al manejo de ecosistemas y la gestión del territorio y los recursos naturales, y describió la mecánica del taller, a la vez que planteó algunas preguntas básicas para orientar la discusión en torno al estado actual del conocimiento sobre ecología y manejo del fuego y la definición de prioridades de investigación.

SESIÓN 1: SISTEMAS Y SERVICIOS DE INFORMACIÓN PARA MANEJO

El proceso de planificación, seguimiento y evaluación de las acciones e intervenciones de manejo requiere de información sistematizada de calidad, confiable y actualizada. Se necesita mejorar los sistemas de información en distintos ámbitos (nacional, regional, unidad de manejo) y desarrollar *servicios de información* adecuados a las necesidades de los usuarios.

Martín Cabezas de la CONAFOR-Michoacán presentó un panorama general de la situación de incendios forestales en el Estado de Michoacán y habló acerca del enfoque fundamentalmente reactivo que ha tenido el combate de incendios. Señaló que el cambio de uso del suelo, la tala clandestina y los conflictos de tenencia de la tierra deben ser considerados en el análisis del problema de los incendios forestales y puntualizó que cuando se habla de “causas de los incendios” debe quedar claro que el problema no son los incendios en sí, sino los patrones de uso del territorio. Desde la perspectiva de la dependencia federal encargada de la protección

contra incendios forestales, planteó que “es necesario integrar las realidades socioculturales y las exigencias ecológicas con los enfoques tecnológicos” y enfatizó en la necesidad de que la investigación aporte conocimientos sobre el papel ecológico del fuego para definir mejores prácticas de manejo.

Luis Sánchez Martínez de la CONABIO habló acerca del sistema de detección de puntos de calor (iniciado en 1999) con métodos de percepción remota y su aplicación a la detección temprana de incendios. En el tiempo de preguntas se discutió acerca de la aplicación práctica de este sistema y la necesidad de determinar cuál es su resolución y grado de error. También se discutió que existe una percepción sesgada al considerar los incendios como una amenaza a la biodiversidad y al hablar de evaluación de “daño”, cuando se debería hablar más bien de evaluación de “efectos”.

Sonia Juárez y Jean François Mas del CIGA (UNAM) hicieron una reseña de los enfoques de modelación espacial del riesgo de incendios, presentaron ejemplos de su aplicación en México y en Michoacán, y analizaron la disponibilidad y las necesidades de información para la elaboración de modelos aplicables en nuestro país.

Lucrecia Torres y Óscar Zepeda del CENAPRED presentaron un trabajo sobre la estimación de amenazas por incendios forestales y describieron los métodos basados en análisis espacial y sistemas de información geográfica que están aplicando en Michoacán. En la aplicación del modelo que están utilizando son importantes tres conjuntos de variables: los combustibles forestales, las condiciones meteorológicas y los factores socioeconómicos. Señalaron la importancia de contar con información de campo confiable para alimentar los modelos de peligro-riesgo de incendios, que son un componente relevante para la evaluación de riesgos de desastres.

Germán Flores Garnica del INIFAP se refirió al estado actual de los sistemas de información y monitoreo de incendios forestales en México y dio ejemplos de estudios sobre evaluación y mapeo de combustibles forestales, la aplicación de modelos de simulación de comportamiento del fuego, la experimentación con quemas controladas, la evaluación de emisiones de humo y gases, y la evaluación de incendios.

En resumen, con las presentaciones y la discusión en esta sesión se hizo énfasis en las necesidades de contar con información adecuada —y validada en campo—, sobre aspectos tales como la incidencia de incendios en el territorio, la caracterización y cuantificación de combustibles forestales, los datos meteorológicos generados por una red de estaciones que representen adecuadamente las áreas forestales, y la evaluación de los efectos de los incendios. Esta información es indispensable para la aplicación de modelos de riesgo y peligro de incendios y de comportamiento del fuego que puedan retroalimentar la planificación y evaluación del manejo del fuego. Una cuestión importante es que se requiere no sólo de información sistematizada, sino de servicios de información que sirvan de apoyo para el manejo del fuego.

El desarrollo de estrategias de manejo del fuego requiere de servicios de información y monitoreo de la incidencia de incendios, combustibles forestales, meteorología, comportamiento del fuego y evaluación de los efectos de los incendios

SESIÓN 2: REGÍMENES DE INCENDIOS Y EFECTOS ECOLÓGICOS DEL FUEGO

En esta sesión se presentaron seis ponencias con las que, en términos generales, se hizo énfasis sobre el hecho de que el conocimiento y entendimiento del papel ecológico del fuego y de los regímenes de incendios en distintos tipos de ecosistemas es un aspecto fundamental para el diseño de estrategias de manejo del fuego integradas a la conservación y aprovechamiento sostenible de las áreas forestales. El fenómeno de los incendios forestales es un asunto complejo que implica diferentes escalas espaciales y temporales y distintos niveles de organización; la investigación sobre este tema abarca procesos desde la física de la combustión hasta la influencia del fuego en la dinámica y funcionamiento de los ecosistemas, e incluso la relación entre incendios y el cambio ambiental global o los procesos sociales.

El conocimiento y entendimiento de la ecología del fuego es fundamental para el diseño de estrategias de manejo del fuego integradas a la conservación y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales

Enrique Jardel, de la Universidad de Guadalajara, presentó las bases conceptuales para la caracterización de regímenes de incendios como un aspecto básico para el manejo del fuego. Señaló que la alteración de los regímenes naturales o históricos de incendios, causados por una mayor interacción de las poblaciones humanas con las áreas forestales, el cambio ambiental global y la supresión de incendios y otras intervenciones de manejo, tiene como consecuencia un aumento en el riesgo y peligro de incendios con mayor impacto sobre la integridad de los ecosistemas. Se presentó una caracterización preliminar de los regímenes de incendios propios de los ecosistemas terrestres de México y se hizo énfasis en las necesidades de investigación sobre el tema.



FIGURA 5. Regeneración natural de *Abies vejarii* en un área afectada por un incendio forestal en la Sierra de Arteaga, Coahuila (Foto: E. J. Jardel).

Dante Rodríguez Trejo se refirió a estudios de caso sobre efectos ecológicos de incendios forestales en bosques de pino y selvas altas y medianas, y complementó la discusión sobre regímenes de incendios. Presentó una reseña de los resultados obtenidos en un proyecto a largo plazo en bosques de *Pinus hartwegii* en el Ajusco (Distrito Federal). Dijo que con este proyecto se han abordado temas clave como el comportamiento del fuego en quemadas

experimentales, los efectos de incendios en la mortalidad y crecimiento de árboles, la composición florística y la regeneración post-incendio, las emisiones de humo, la relación de los incendios con plagas forestales, y aspectos económicos de los incendios relacionados con la generación de servicios ambientales. Rodríguez Trejo habló también de otros aspectos como el estudio de la regeneración natural en selvas altas y medianas afectadas por incendios en la Reserva de la Biosfera El Ocote (Chiapas) y la evaluación de combustibles forestales y el peligro de incendios en áreas afectadas por huracanes en Quintana Roo. Esta presentación muestra la amplitud de los temas de investigación relevantes para el manejo del fuego.

Marco Aurelio Gómez Tagle, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, presentó resultados de estudios sobre regímenes históricos de incendios forestales en bosques de pino-encino del noreste de México. En su ponencia reiteró la importancia de conocer los regímenes históricos de incendios para entender qué tanto han sido alterados por factores como el uso o supresión del fuego, el pastoreo, la fragmentación de los bosques o la invasión de especies exóticas, y así tener elementos que fundamenten las políticas y prácticas de manejo del fuego.

Efraín Ángeles Cervantes, de la FES-Zaragoza (UNAM), se refirió a la ecología del fuego en los bosques de oyamel (*Abies religiosa*). Los estudios sobre regeneración natural de estos bosques en el Parque Nacional El Chico (Hidalgo) indican la importancia de la formación de claros y la modificación de las condiciones del suelo causadas por los incendios para el establecimiento del renuevo de oyamel. De acuerdo con los resultados de estos estudios, en los claros abiertos por el fuego se presenta un número importante de especies exclusivas de esta condición, mientras que en áreas afectadas por incendios superficiales se encontró una mayor riqueza de especies que en sitios no quemados. Estos trabajos muestran la importancia de entender mejor el papel del fuego en ecosistemas en los que ha sido percibido, convencionalmente, como una amenaza y no como parte de su dinámica.

Diego Pérez Salicrup, del CIECO (UNAM), hizo una reseña general acerca del conocimiento de la ecología del fuego en los bosques tropicales

de México. Una cuestión importante es la sinergia entre otros tipos de perturbaciones, como los huracanes, la explotación maderera, la fragmentación de las selvas por el avance de la frontera agropecuaria, y la incidencia y efectos de los incendios forestales. Aunque existen numerosos estudios sobre la ecología de selvas tropicales, la ecología del fuego ha recibido relativamente poca atención en estos ecosistemas. Los estudios de ecología del fuego en selvas de otras partes del mundo aportan, sin embargo, información importante para el caso de México. Se presentaron estudios de casos, como el de la sucesión inhibida por el establecimiento de helechos (*Pteridium aquilinum*) en claros abiertos por desmonte y fuego, y sus implicaciones para la restauración.

Lourdes Villers Ruíz, del Centro de Ciencias de la Atmósfera (UNAM), trató en su ponencia el tema de la relación entre incendios forestales, variabilidad climática y efectos del fuego sobre la biodiversidad. La incidencia de incendios (número y superficie) es afectada por fenómenos climáticos como El Niño en el ámbito nacional; es importante, por lo tanto, entender las repercusiones del cambio climático sobre las comunidades vegetales, cuál puede ser la magnitud de los incendios en los escenarios de cambio y en qué áreas serán mayores los impactos. Estudios sobre incendios en bosques del Distrito Federal indican tendencias de disminución de la riqueza de especies de plantas en áreas quemadas con alta frecuencia.

Ernesto Alvarado, del Colegio de Recursos Forestales de la Universidad de Washington, realizó una exposición integradora de los distintos aspectos de la ciencia del fuego relacionados con los incendios forestales. Hizo énfasis en la importancia del entendimiento del fuego como fenómeno físico, como un aspecto básico para entender el comportamiento de los incendios y sus efectos ecológicos. La caracterización, clasificación y cuantificación de los combustibles forestales es un tema de especial relevancia, ya que constituye un componente determinante del comportamiento del fuego y es el único que puede ser directamente manejado. Otros aspectos clave para la ecología del fuego son los factores ambientales que determinan su comportamiento (combustibles, estado del tiempo, topografía), los efectos y respuestas de las plantas y la vegetación a

diferentes escalas espaciales y temporales, y los procesos que influyen en la incidencia de incendios incluyendo cambios ambientales (como el cambio climático) o sociales (como por ejemplo las políticas de gestión forestal). Estos cambios están dando lugar a nuevos regímenes de fuego. La investigación sobre estos temas debe abordarse desde distintas perspectivas.

En conjunto las seis ponencias aportaron una perspectiva general de la variedad de regímenes de fuego en distintos ecosistemas forestales y mostraron ejemplos —de bosques de pino-encino, bosques de oyamel y selvas tropicales húmedas— con los que se identificó una serie de temas de investigación clave en el campo de la ecología del fuego y sus posibles aplicaciones al manejo del fuego. Resalta el hecho de que aunque existen varios proyectos en marcha, la ecología del fuego es aún un campo de estudio poco desarrollado que requiere un mayor apoyo dada su relevancia. En particular es importante entender el papel del fuego en diversos tipos de ecosistemas o hábitats que han sido poco estudiados.

La ecología del fuego ha comenzado a desarrollarse en México como un importante tema de investigación que, en un país megadiverso, representa un gran reto por la alta variedad de ecosistemas, especies y regímenes de fuego

Al final de la sesión se discutieron algunos temas como: (a) la importancia de mejorar la Norma Oficial Mexicana de Manejo del Fuego (NOM-015) incorporando principios ecológicos derivados del conocimiento actual de la ecología del fuego y estableciendo criterios y lineamientos generales y no reglas rígidas, y (b) la necesidad de involucrar a distintas disciplinas en la investigación sobre el fuego con enfoques multi o interdisciplinarios

Los resultados de la investigación deben traducirse en principios, criterios y lineamientos para el diseño de estrategias de manejo del fuego adecuadas a la diversidad de condiciones socioecológicas del país, y no en reglas y prescripciones rígidas y generalizadas

SESIÓN 3: MANEJO DEL FUEGO Y FACTORES SOCIALES RELACIONADOS

En la tercera sesión de presentaciones se abordó el tema de los factores sociales que, en sentido amplio, incluyen los aspectos políticos e institucionales, culturales y económicos relacionados con los incendios forestales. Se destacó la necesidad de un enfoque socioecológico de la investigación aplicada al manejo del fuego. En esta sesión se presentaron también estudios de caso sobre el manejo del fuego que muestran las interacciones entre los aspectos ecológicos, sociales y técnicos en distintos contextos de gestión de áreas protegidas y bosques manejados para la producción maderera.

Juan Manuel Frausto, del FMCN, abordó el tema de los aspectos sociales y la participación local desde la perspectiva de la principal organización civil mexicana involucrada en el financiamiento y apoyo técnico a proyectos participativos de manejo del fuego en áreas protegidas y regiones prioritarias para la conservación. Considerando que 80% de la superficie forestal de México pertenece a comunidades agrarias, es indispensable el fortalecimiento de las capacidades de dichas comunidades y de organizaciones civiles para el manejo del fuego. Dado que las quemas agropecuarias constituyen, según las estadísticas oficiales, una de las causas más importantes de incendios, este tema debería ser abordado con mayor énfasis en muchos de los programas y proyectos relacionados con el manejo del fuego. Entre las demandas más relevantes de investigación aplicada al manejo del fuego, además del entendimiento de procesos relacionados con el uso y manejo agropecuario del fuego, están los aspectos de restauración de áreas quemadas, los factores socioeconómicos y culturales relacionados con la incidencia de incendios, el diseño de modelos de colaboración interinstitucional y de organización del manejo del fuego que sean eficientes y aplicables a distintas escalas, la vinculación de la investigación al diseño y aplicación de las políticas públicas e instrumentos de gestión, el diseño de modelos pedagógicos adecuados para la capacitación en manejo del fuego dirigida a comunidades campesinas, la generación de

tecnología apropiada para el manejo del fuego en las condiciones del país, la seguridad de los combatientes de incendios y los aspectos de divulgación, comunicación y entrega de resultados de la investigación.

La incidencia de incendios forestales es en gran parte un fenómeno social y la investigación sobre este tema requiere de un enfoque socioecológico

Mary Huffman, de la Universidad de Colorado, hizo una presentación acerca de un estudio sobre el uso y manejo del fuego en comunidades de la Reserva de la Biosfera La Sepultura (Chiapas). En esta exposición se discutió acerca de las perspectivas de los campesinos sobre la utilización de quemas controladas y la importancia de integrar aspectos sociales tales como los valores, las creencias, las percepciones, los conocimientos y las prácticas locales de manera vinculada a los aspectos físicos y ecológicos del fuego.



FIGURA 6. Capacitación de brigadas comunitarias de prevención y combate de incendios en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (Foto E. J. Jardel).

Carlos Velásquez, de UPROSIVI, relató la experiencia de manejo del fuego en el contexto del manejo comunitario del territorio y los recursos naturales en la región de la Sierra Madre de Chiapas. En este caso el manejo del fuego forma parte del proceso de organización comunitaria para la producción agrícola y forestal sostenible. A través de la UPROSIVI y la colaboración con organizaciones conservacionistas, agencias federales como

CONAFOR y CONANP, gobiernos municipales y comunidades locales, se han puesto en marcha actividades de educación ambiental, prevención de incendios y capacitación. Un aspecto clave del proceso ha sido la planificación comunitaria del manejo del fuego y el establecimiento de mecanismos de colaboración interinstitucional, como los comités para la prevención, control y combate de incendios forestales. Se ha puesto énfasis en las medidas preventivas, con éxito en la reducción de la superficie afectada por incendios forestales. Para ello se han realizado acciones de “prevención cultural” (capacitación y educación ambiental), “prevención física” (brechas cortafuego, manejo de combustibles) y “prevención legal” (reglamentos internos). El ponente hizo énfasis en que el manejo del fuego forma parte de una estrategia más amplia del manejo comunitario del territorio y los recursos naturales. Señaló como necesidades de investigación para fortalecer los planes comunitarios de manejo del fuego: la evaluación de combustibles, la caracterización de regímenes de incendios, el estudio de los efectos del fuego en los suelos y la vegetación, la evaluación de la regeneración natural post-incendio y de los impactos generados por el fuego, y resaltó la importancia de los sistemas de información como base para la planificación y evaluación del manejo del fuego. Se refirió también a los aspectos de capacitación, entrenamiento y transferencia de tecnología. Al terminar señaló la importancia de apoyar procesos a largo plazo y no sólo proyectos temporales y recalcó la importancia del intercambio de experiencias para fortalecer el proceso de aprendizaje en manejo del fuego.

Ricardo Ramírez y Jesús Hernández, de la UZACHI, presentaron resultados de la evaluación del uso de quemas prescritas aplicadas como parte de los tratamientos silvícolas en bosques de pino-encino dedicados a la producción forestal en las comunidades de San Mateo Capulalpam, La Trinidad Ixtlán, Santiago Xiacui y Santiago Comaltepec en la Sierra de Juárez (Oaxaca). Estas comunidades, organizadas en la Unión Zapoteco-Chinanteca (UZACHI), han sido pioneras en el desarrollo de la silvicultura comunitaria en México y fueron una de las primeras operaciones de manejo forestal certificadas en México bajo los principios y criterios del Consejo Mundial

Forestal (FSC, *Forest Stewardship Council*). Como parte del manejo silvícola, en las comunidades de UZACHI se ha utilizado el fuego para tratar áreas sometidas a cortas de regeneración, lo cual ha facilitado el control de residuos de corta y la preparación del sitio para el establecimiento del renuevo. La regeneración de pinos ha sido exitosa en los sitios tratados con quemas prescritas. Los ponentes señalaron la importancia de vincular la investigación con el manejo para retroalimentar este último y apuntaron la trascendencia de realizar estudios para un mejor entendimiento de los efectos del fuego sobre la biodiversidad y los suelos. Se refirieron también a las necesidades de capacitación en manejo del fuego y a la importancia de la comunicación y entrega de resultados en las comunidades.



FIGURA 7. Rodal intervenido con una corta de regeneración después de aplicar la quema de residuos de corta en La Trinidad, una de las comunidades integrantes de la UZACHI (Foto: E. J. Jardel).

Víctor Negrete, Director de la Reserva de la Biosfera La Sepultura, se refirió a otra experiencia pionera en la planificación del manejo del fuego en áreas protegidas. La experiencia de planificación iniciada tras la dura temporada de incendios de 1998 en las reservas de La Sepultura y El Ocote se ha extendido a otras unidades de conservación en Chiapas. El apoyo de organizaciones conservacionistas como el FMCN y TNC (*The Nature Conservancy*), en colaboración con la CONANP, ha permitido impulsar la puesta en marcha de estrategias de manejo del fuego. Se ha desarrollado un interesante proceso de aprendizaje para transitar de la supresión al

“manejo integrado del fuego” (MIF) mediante la utilización de métodos de planeación participativa y la gestión de la colaboración interinstitucional. El mejoramiento del conocimiento científico para el MIF se reconoce entre los ejes estratégicos de la CONANP. En las áreas protegidas el manejo del fuego está orientado de acuerdo con objetivos de conservación, lo cual implica conocimiento y entendimiento del papel ecológico del fuego. El ponente señaló que el MIF debe vincularse al ordenamiento territorial. También planteó la importancia de sustentar el manejo del fuego integrando el conocimiento científico y el tradicional, e identificó entre las necesidades de información y conocimiento los temas de combustibles forestales, la caracterización de regímenes de fuego, los estudios sobre los usos tradicionales del fuego, la sucesión ecológica, los procesos de regeneración natural y los factores sociales relacionados con la incidencia de incendios.

En México se han desarrollado varias experiencias exitosas de manejo del fuego como parte del manejo comunitario del territorio y los recursos naturales.

Es necesario vincular la investigación con la capacitación y apoyar procesos a largo plazo

Mathew Dickinson, del Servicio Forestal de Estados Unidos, se refirió, en la última ponencia de la sesión, al manejo del fuego en el contexto del manejo forestal comunitario en Quintana Roo, donde el *Plan Piloto Forestal* fue una de las experiencias más prometedoras de silvicultura tropical basada en comunidades. El manejo forestal comunitario permitió estabilizar la permanencia de la cobertura de selvas en una extensión significativa del área forestal de Quintana Roo. Uno de los problemas críticos que se enfrentan en el área, en relación con los incendios forestales, es la alta acumulación de combustibles que tiene su origen en el impacto de huracanes. Dickinson se refirió también a las prácticas tradicionales de manejo del fuego entre los mayas de la región y planteó la hipótesis de que éstas pueden contribuir a reducir el riesgo de incendios. El uso del fuego puede ser importante también como parte de los tratamientos silvícolas

para favorecer la regeneración de especies de interés comercial como la caoba. Otro aspecto importante relacionado con el manejo del fuego es su relación con la gestión de las selvas para la captura de carbono. Entre los temas de investigación importantes señaló el estudio de la dinámica de los combustibles relacionado con el impacto de huracanes, la generación de información y modelos sobre peligro y riesgo de incendios, la evaluación de la regeneración natural en áreas quemadas y el uso del fuego en la restauración de selvas y, por último, el estudio de las prácticas tradicionales de manejo del fuego y sus bases culturales. Señaló que es importante vincular el trabajo de instituciones académicas con el manejo silvícola en la región, y las necesidades de formación y capacitación científica y profesional para el manejo del fuego.



FIGURA 8. Quema para la limpia de un terreno agrícola en la Sierra de Manantlán (Foto: S. García).

PROPUESTAS SOBRE LAS PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN PARA EL MANEJO DEL FUEGO

Tras las sesiones de presentación de ponencias, se organizaron mesas de discusión con los participantes del taller y se buscó complementar la información vertida en los trabajos presentados —y ampliar la discusión— para luego realizar un ejercicio de identificación y priorización de temas clave de investigación aplicada al manejo del fuego.

El *Taller de Prioridades de Investigación en Manejo del Fuego* fue diseñado bajo la premisa de lograr aportaciones de calidad de parte de un grupo de expertos en el tema. A partir del establecimiento de elementos clave de información, vertidos por especialistas reconocidos por sus trabajos de investigación y experiencias de aplicación en la práctica en las tres sesiones de presentaciones ya descritas, se pasó a mesas de discusión y a un ejercicio de definición de prioridades sobre temas de investigación aplicada al manejo del fuego.

El proceso de trabajo para alcanzar el propósito de obtener información estuvo integrado por tres espacios fundamentales: (a) la entrega de información enfocada en la problemática de investigación sobre los temas eje del taller, en un espacio colectivo y abierto; (b) el análisis —y la reflexión— individual de cada uno de los participantes, dirigido a identificar las opiniones en el ámbito de un grupo de trabajo (elaboración de opiniones); y (c) la agrupación, clasificación y priorización de las aportaciones, la cual resultó en tres productos principales: (1) la identificación de temas relevantes, como grandes campos de investigación en los cuales fueron incluidas las opiniones; (2) la configuración de líneas de investigación dentro de cada tema, en las cuales quedan contenidas las propuestas específicas de los participantes, y (3) la determinación preliminar del peso específico de los temas de investigación, derivada de una primera cuantificación de las frecuencias de las opiniones, las cuales fueron clasificadas y ordenadas por el trabajo colectivo.

El cúmulo de información derivada del evento constituyó el insumo principal para hacer un segundo procesamiento de los datos, orientado éste a afinar el ordenamiento, la clasificación y la cuantificación de las opiniones vertidas y, con base en ello, el planteamiento de recomendaciones sobre los temas y líneas de acción que fueron más significativos de acuerdo con el ejercicio de definición de prioridades. Derivado de lo anterior, logramos identificar la importancia de cada uno de los temas y las líneas de acción, a partir de las frecuencias de las opiniones de los participantes en el taller.



FIGURA 9. Capacitación de los integrantes de brigadas comunitarias de manejo del fuego (Foto: E. J. Jardel).

A continuación se presenta un resumen de las conclusiones —y el establecimiento de prioridades de investigación aplicada al manejo del fuego en México— de las mesas de discusión. En cada sección los temas de investigación se presentan en el orden de prioridad con que fueron calificadas las propuestas durante las mesas de discusión. El orden obedece también a una secuencia lógica —cuando un tema debe preceder a otro porque le aporta información o conocimiento básico—.

1. INFORMACIÓN BÁSICA PARA LA PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MANEJO DEL FUEGO

La disponibilidad de información actualizada y confiable es indispensable para la planificación, la toma de decisiones, el seguimiento y la evaluación de las estrategias y acciones de protección contra incendios forestales y manejo del fuego. Los 38 participantes en las dos mesas de trabajo de la primera sesión sobre información básica identificaron como temas prioritarios los siguientes: (1) los inventarios y la caracterización de combustibles forestales como base para la evaluación del peligro de incendios y la modelación del comportamiento potencial del fuego, (2) la generación de información meteorológica para su utilización en la modelación de escenarios de comportamiento del fuego, y (3) el diseño y la estandarización de métodos para la evaluación del impacto de los incendios forestales. Las recomendaciones de investigación generadas

a partir de las contribuciones de los participantes en las mesas de trabajo se presentan en las siguientes líneas.

1.1. Caracterización y clasificación de combustibles forestales.

1.1.1. *Métodos de evaluación de combustibles.* Desarrollo de métodos estandarizados para la cuantificación de combustibles forestales adaptados a las condiciones de heterogeneidad ambiental y diversidad de ecosistemas de México.

1.1.2. *Caracterización y clasificación de camas de combustibles y descripción cuantitativa de sus propiedades físicas.* Elaboración de catálogos de combustibles y series fotográficas acompañadas de información cualitativa y cuantitativa sobre las propiedades físicas de éstos, inflamabilidad y potencial de incendios, comportamiento potencial del fuego y factores de cambio que influyen en las camas de combustibles para su utilización en evaluaciones de combustibles y su aplicación en la planificación y evaluación del manejo del fuego.

1.1.3. *Mapeo de combustibles.* Elaboración de mapas de camas de combustibles en diferentes ámbitos (nacional, regional, unidades de manejo) para apoyar la planificación del manejo del fuego, considerando aspectos tales como la determinación de zonas o sitios con peligro de incendios por la acumulación de combustibles y el diseño de prescripciones para tratamientos de combustibles (por ejemplo quemas prescritas, tratamientos mecánicos y métodos de silvicultura preventiva).

1.1.4. *Dinámica de cambio de las camas de combustibles.* Realización de estudios, con un enfoque de investigación a largo plazo (incluyendo monitoreo y experimentación),

sobre la dinámica de las camas de combustibles (variación espacial y temporal de la acumulación de biomasa y su distribución en los estratos de las camas de combustibles) y los efectos sobre esta dinámica de la incidencia de incendios y las intervenciones de manejo de combustibles.

1.1.5. *Manejo de combustibles.* Traducir los resultados de la investigación en recomendaciones técnicas que incluyan los principios teórico-conceptuales, los criterios y las normas, y los lineamientos y métodos (“mejores prácticas”) para el manejo de combustibles en unidades de conservación (áreas protegidas, bosques de protección, zonas de conservación, etc.) y en áreas de aprovechamiento forestal (bosques de producción).

1.2. Meteorología aplicada al manejo del fuego.

1.2.1. *Monitoreo e información meteorológica.* Establecimiento de redes de monitoreo meteorológico —en zonas forestales— y de un sistema de información meteorológica que faciliten la obtención de datos para la evaluación del riesgo de incendios y la planificación y desarrollo de operaciones de combate de incendios y aplicación de quemas prescritas. Establecer protocolos y métodos adecuados y estandarizados para el registro de las variables meteorológicas relevantes para la protección contra incendios y el manejo del fuego.

1.2.2. *Meteorología y modelación de incendios.* Desarrollar o adaptar, a las condiciones de México, modelos de riesgo-peligro de incendios y comportamiento potencial del fuego, integrando información y modelos sobre la influencia de variables meteorológicas.

1.3. Comportamiento del fuego.

1.3.1. *Estudios de comportamiento del fuego.* Desarrollar estudios experimentales sobre el comportamiento del fuego en distintos ecosistemas y bajo diferentes condiciones ambientales, como base para la prueba y validación de modelos.

1.3.2. *Modelación del comportamiento del fuego.* Integración de la información sobre camas de combustibles, meteorología y condiciones topográficas en el desarrollo o adaptación de modelos de comportamiento del fuego para su aplicación en la planificación del manejo del fuego y la investigación sobre la dinámica de incendios forestales y sus efectos ecológicos y ambientales.

1.4. Evaluación de la incidencia e impacto de los incendios forestales.

1.4.1. *Métodos de registro y evaluación de impacto de incendios forestales.* Diseño de métodos estandarizados, aplicables de manera práctica, para mejorar sistemas de registro de la incidencia de incendios (número de incendios, superficie afectada, ubicación espacial, tipo de ecosistemas o hábitats afectados), su monitoreo a largo plazo, y la evaluación de su impacto sobre los ecosistemas (consumo de biomasa, cambios en la cobertura, composición y estructura de la vegetación forestal), los recursos naturales (daño económico) y las condiciones ambientales (efectos sobre calidad del aire y del agua y sobre el paisaje). Esta información se considera esencial para retroalimentar la planificación, la toma de decisiones y la evaluación de las estrategias y acciones de manejo del fuego.

2. ECOLOGÍA DEL FUEGO: REGÍMENES DE INCENDIOS Y EFECTOS ECOLÓGICOS Y AMBIENTALES DEL FUEGO

En la discusión participaron 38 de los asistentes al taller, divididos en dos mesas de trabajo. Como resultado de la discusión se seleccionaron tres temas prioritarios: (1) generar conocimiento sobre los efectos ecológicos del fuego con énfasis en el estudio de los regímenes de incendios, (2) el estudio de las consecuencias de las estrategias y acciones de manejo del fuego, y (3) el análisis de la relación entre la incidencia y los efectos de los incendios y el cambio climático. A partir de la integración de los resultados de la discusión y las contribuciones de los asistentes a las mesas de trabajo, se generaron las recomendaciones de temas de investigación que se presentan a continuación.

2.1. *Regímenes de incendios en ecosistemas forestales.* Caracterización de regímenes naturales o históricos de incendios forestales (es decir, caracterización de la amplitud de la variación histórica en la frecuencia, estacionalidad, intensidad, severidad y tamaño de los incendios) en diferentes tipos de ecosistemas. Esta tarea implica la realización de distintos tipos de estudios en los cuales la vinculación de la investigación con la aplicación de prácticas de manejo del fuego, diseñadas como experimentos (con un enfoque de manejo adaptativo), tiene un gran potencial para contribuir al conocimiento y entendimiento de la ecología del fuego y a su aplicación en la práctica.

2.1.1. *Historias de incendios.* Estudios retrospectivos de ecología histórica (datación de la incidencia de incendios por métodos dendrocronológicos o análisis del carbón en núcleos de sedimentos, y registros documentales de incendios).

2.1.2. *Estudios de largo plazo sobre regímenes de incendios.* Estudios observacionales o experimentales

- de la integración de información y conocimiento sobre las camas de combustibles y la influencia de las condiciones del clima (inflamabilidad y comportamiento potencial del fuego), la composición de grupos funcionales de respuesta al fuego en plantas y las respuestas de cambio en la dinámica de sucesión y regeneración de la vegetación.
- 2.1.3. *Mapeo de regímenes de incendios.* Elaboración de mapas de regímenes de incendios característicos de los ecosistemas terrestres de México (basados en la integración de información sobre vegetación-combustibles, clima y topografía a escala del paisaje) como marco de referencia para la planificación de estrategias de manejo del fuego y el mejoramiento de los fundamentos del marco normativo.
- 2.2. *Efectos de los incendios y el manejo del fuego en los ecosistemas.* Desarrollar estudios observacionales y experimentales, con un enfoque de investigación ecológica a largo plazo, sobre los efectos de incendios forestales, quemas prescritas y supresión de incendios en la composición de especies, estructura, dinámica y funcionamiento de ecosistemas forestales. Se considera de especial relevancia para el manejo del fuego el conocimiento y entendimiento de los siguientes aspectos:
- 2.2.1. *Efectos sobre la biodiversidad.* Evaluar los efectos de los incendios, quemas prescritas y acciones de supresión del fuego sobre la biodiversidad (composición de especies, tipos funcionales de respuesta al fuego, poblaciones de especies clave o indicadoras).
- 2.2.2. *Regeneración natural y sucesión ecológica post-incendio.* El entendimiento de los procesos de sucesión ecológica y regeneración natural es fundamental como base de la silvicultura, la restauración y la conservación.
- 2.2.3. *Efectos de los incendios y el manejo del fuego sobre los suelos y el agua.* Desarrollar estudios que permitan entender el impacto de los incendios y las actividades de manejo del suelo sobre las propiedades de los suelos, los procesos hidrológicos y la calidad del agua.
- 2.2.4. *Modelos de efectos ecológicos del fuego.* A partir de los estudios sobre efectos ecológicos del fuego, desarrollar modelos que permitan describir y simular la respuesta de cambio en los ecosistemas a los regímenes de fuego naturales, históricos, alterados o manejados, considerando su aplicación a la planificación y evaluación del manejo del fuego.
- 2.2.5. *Interacciones de incendios con otras perturbaciones.* Analizar la relación y las sinergias entre la incidencia y los efectos de incendios forestales y otros agentes de perturbación naturales (por ejemplo huracanes, sequías, y brotes de plagas y enfermedades) o antropogénicos (deforestación y fragmentación, tala, pastoreo, etc.) en el contexto del cambio ambiental (cambio climático, cambios de cobertura/uso del suelo, cambios en la composición de especies por extinciones e invasiones).
- 2.3. *Cambio climático, incendios forestales y manejo del fuego.* Desarrollar estudios que contribuyan a la generación de conocimiento aplicado sobre la relación entre incendios forestales y el manejo del fuego con las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático. Esto implica considerar aspectos tales como:
- 2.3.1. *El papel de los incendios y las prácticas de manejo del fuego en la dinámica del carbono* (emisiones, flujos y captura de carbono) en los ecosistemas forestales.
- 2.3.2. *Aplicación de medidas de mitigación del cambio climático en el manejo del fuego.* Estudios aplicados al desarrollo de prácticas

que contribuyan a la reducción de emisiones de gases con efecto de invernadero.

- 2.3.3. *Influencia del cambio climático en la incidencia de incendios y el comportamiento del fuego.* Análisis de los efectos del cambio climático en la incidencia, el riesgo y el peligro de incendios forestales.

3. MANEJO DEL FUEGO INTEGRADO A LA GESTIÓN DEL TERRITORIO Y LOS RECURSOS NATURALES

El manejo del fuego debe considerarse no como una cuestión aislada, sino como un componente integrado a la gestión de unidades territoriales definidas en las cuales se combinan objetivos de conservación de ecosistemas y biodiversidad, aprovechamiento sostenible de recursos naturales y restauración o rehabilitación de áreas degradadas. El manejo es un proceso social, en tanto está orientado por objetivos sociales y es llevado a cabo por organizaciones humanas. Por lo tanto, desde una perspectiva de investigación aplicada, el conocimiento y entendimiento de los factores y procesos sociales* está estrechamente relacionado con el diseño y la puesta en práctica de estrategias de gestión (el proceso de planificación, seguimiento y evaluación) y manejo (las intervenciones directas para alcanzar propósitos determinados —intervenciones que pueden ser de carácter técnico, institucional o comunicativo—).

En la sesión 3 de ponencias y las mesas de discusión se trató acerca de los aspectos sociales (institucionales, culturales, económicos) en relación con estudios de caso de manejo del fuego vinculados con experiencias comunitarias de gestión del territorio y los recursos naturales. En el ejercicio de definición de prioridades, los temas identificados fueron: (1) el manejo comunitario y las prácticas tradicionales de uso y manejo del fuego, (2) la divulgación, comunicación y entrega de los resultados de la investigación para retroalimentar las prácticas de manejo del fuego, y (3) la vinculación de la

investigación al desarrollo y fortalecimiento de capacidades para el manejo del fuego. Adicionalmente se consideraron cuestiones como el desarrollo institucional y los aspectos de economía y desarrollo rural relacionados con el manejo del fuego. En las mesas de discusión se definieron no sólo prioridades y recomendaciones sobre temas de investigación; también se discutió la vinculación de la investigación con el manejo en la práctica. Los resultados se presentan a continuación.

- 3.1. Manejo del fuego en el contexto de la gestión comunitaria del territorio y los recursos naturales.

3.1.1. *Conocimiento local y usos tradicionales del fuego.* A través de una larga historia con raíces tanto indígenas como hispánicas, los campesinos de México han utilizado el fuego como una herramienta en el manejo de sistemas agrícolas, agroforestales y pecuarios. El conocimiento, la experiencia y las técnicas campesinas (o tradicionales) constituyen una base importante para el diseño de prácticas ecológicas y socialmente apropiadas de manejo del fuego. El estudio del conocimiento y las técnicas campesinas de uso y manejo del fuego constituye, por lo tanto, un tema relevante de investigación.

3.1.2. *Manejo del fuego en las actividades agropecuarias.* Las estadísticas oficiales indican que las quemadas agropecuarias son la causa de aproximadamente 40% de los incendios forestales. A pesar del predominio de una percepción negativa del uso campesino del fuego, existen razones técnicas (agronómicas y de manejo de agostaderos) para la aplicación de quemadas como una herramienta adecuada de manejo. Sin embargo también existen problemas de utilización excesiva o inadecuada del fuego cuando las prácticas campesinas han sufrido un proceso de

* Entendiendo lo social en sentido amplio: con sus dimensiones culturales, políticas, institucionales, económicas, demográficas e históricas.

- transformación y descomposición (por ejemplo, reducción o eliminación de los ciclos de barbecho, monocultivo, uso creciente de agroquímicos); en este caso se requiere el diseño de métodos y prácticas alternativas de cultivo. La investigación aplicada sobre el manejo del fuego en sistemas agrícolas, agroforestales y pecuarios, así como el diseño de técnicas alternativas para eliminar el uso del fuego en algunos casos, es, por lo tanto, un tema prioritario de investigación y desarrollo tecnológico, cuyos resultados pueden contribuir significativamente a la adecuación del marco legal y normativo vigente (por ejemplo, la NOM-015).
- 3.1.3. *Incendios forestales y cambio de cobertura/uso del suelo.* Los incendios forestales en muchos casos están asociados a procesos de cambio de cobertura y uso del suelo. El fuego es utilizado como una herramienta para el desmonte y la conversión de áreas forestales en cultivos agrícolas y pastizales para la ganadería, e incluso para la urbanización. Debido a esto se requiere de un mejor entendimiento de la relación entre los incendios y el cambio de uso del suelo y sus causas subyacentes, para tener mejores fundamentos de las políticas públicas y las estrategias para detener y revertir procesos de deforestación.
- 3.1.4. *Sistematización de experiencias locales de manejo del fuego.* En México se vienen desarrollando varias experiencias de manejo del fuego en el contexto de la gestión comunitaria del territorio y los recursos naturales, tanto en áreas protegidas y sus zonas de influencia como en bosques dedicados a la producción forestal. Es importante documentar, evaluar y sistematizar estas experiencias como parte de un proceso de aprendizaje que permita mejorar las prácticas de manejo del fuego y extenderlas hacia otras áreas.
- 3.1.5. *Integración de la perspectiva social en el manejo del fuego.* La incidencia de incendios forestales está determinada en gran medida por factores sociales, y el manejo del fuego es una actividad dirigida por objetivos sociales, que es realizada por organizaciones humanas. Por esto se requiere incorporar la dimensión social en la investigación científica y la generación de tecnología en el manejo del fuego, con un enfoque socioecológico.
- 3.1.6. *Modelos de participación comunitaria en el manejo del fuego.* A partir del estudio del conocimiento y las técnicas campesinas de uso del fuego, de la sistematización de las experiencias de manejo del fuego basado en comunidades y en la colaboración interinstitucional, y del análisis de los factores sociales relacionados, se plantea el diseño de modelos de manejo del fuego basados en la gestión participativa.
- 3.2. Divulgación, comunicación y entrega de resultados de la investigación.
- 3.2.1. *Percepciones sociales del manejo del fuego.* El estudio y análisis de las percepciones de distintos sectores sociales (por ejemplo tomadores de decisiones, comunidades urbanas y campesinas) es un aspecto básico para el diseño de estrategias adecuadas de difusión y comunicación dirigidas a la adopción de prácticas de manejo del fuego.
- 3.2.2. *Evaluación del impacto de campañas de difusión y educación sobre manejo del fuego.* La mayor parte de los programas y proyectos sobre manejo del fuego tienen componentes de difusión y educación ambiental que se llevan a cabo con el propósito de fomentar medidas

- de prevención de incendios, promover la participación social y la colaboración interinstitucional y facilitar la adopción del enfoque de manejo del fuego. Para mejorar la efectividad de estas estrategias de difusión y educación, es necesario evaluar su impacto.
- 3.2.3. *Estrategias de comunicación.* El conocimiento y entendimiento, derivado de los estudios sobre las percepciones sociales del manejo del fuego, la sistematización de experiencias y la evaluación del impacto de las campañas de difusión y educación, debe ser aplicado al diseño de mejores estrategias de comunicación para el manejo del fuego.
- 3.2.4. *Comunicación y entrega de resultados de la investigación.* La aplicación efectiva de los resultados de la investigación sobre los aspectos físicos, ecológicos, sociales y técnicos del manejo del fuego requiere de estrategias y mecanismos apropiados de comunicación y entrega de resultados dirigidos a distintos sectores sociales. Éste es un aspecto fundamental que requiere mayor atención para lograr la vinculación entre la investigación científica y el manejo del fuego.
- 3.2.5. *Redes de información, comunicación, intercambio y aprendizaje.* Es importante desarrollar, mantener y fortalecer redes de intercambio de conocimientos y experiencias, comunicación y aprendizaje entre las agencias, organizaciones y personas involucradas en el manejo del fuego.
- 3.3. Desarrollo y fortalecimiento de capacidades para el manejo del fuego.
- 3.3.1. *Evaluación de capacidades para el manejo del fuego.* En los últimos años se ha invertido en el desarrollo de programas y proyectos orientados al fortalecimiento de capacidades para el manejo del fuego (formación de organizaciones interinstitucionales y comunitarias, cursos y talleres de capacitación, actividades de entrenamiento, equipamiento de brigadas, desarrollo de infraestructura para protección y vigilancia, etc.). Es necesario evaluar el impacto de dichos programas, proyectos y actividades y el estado actual y el proceso de cambio en la generación de capacidades para el manejo del fuego.
- 3.3.2. *Estrategias de desarrollo y fortalecimiento de capacidades en comunidades.* A partir de la evaluación de las capacidades para el manejo del fuego, y con la incorporación de otros aspectos de los componentes sociales y técnicos de éste, la investigación puede contribuir al diseño de mejores estrategias de fortalecimiento de capacidades en las comunidades.
- 3.4. Bases institucionales del manejo del fuego.
- 3.4.1. *Modelos de colaboración interinstitucional.* La puesta en marcha de estrategias de manejo del fuego implica la participación organizada de múltiples actores (agencias gubernamentales de los tres órdenes de gobierno, organizaciones civiles, centros educativos y de investigación, comunidades agrarias, productores forestales y agropecuarios, etc.). Actualmente existen varias experiencias de colaboración entre estos actores. Es necesario investigar estas cuestiones, sistematizar las experiencias y utilizar la información y el conocimiento para diseñar modelos apropiados y aplicables de colaboración interinstitucional.
- 3.4.2. *Articulación de políticas públicas.* El manejo del fuego, como componente de la gestión del territorio y los recursos naturales, requiere de la articulación de las políticas

públicas y sus instrumentos en aspectos como el ordenamiento territorial, la gestión ambiental, la conservación de espacios silvestres y la producción agropecuaria y forestal. La investigación puede contribuir al diseño de mejores mecanismos y a la elaboración de propuestas alternativas para la articulación de políticas públicas que fortalezcan las estrategias de manejo del fuego.

3.5. Economía y manejo del fuego.

3.5.1. *Impacto de factores socioeconómicos en la incidencia de incendios y el uso del fuego.* El marco de condiciones socioeconómicas es determinante en los procesos de gestión del territorio y los recursos naturales y, por lo tanto, es necesario abordar el análisis de factores como la economía de los sistemas de producción, las condiciones de pobreza y marginación, el empleo y la migración, las estrategias de subsistencia en comunidades rurales, la influencia de las tendencias económicas en el contexto de la globalización, las transformaciones de la economía campesina, etc., como cuestiones que influyen en la incidencia de incendios forestales y que condicionan la adopción de estrategias de manejo del fuego.

3.5.2. *Economía y manejo del fuego.* Los incendios forestales tienen impactos económicos importantes por sus efectos sobre la calidad y cantidad de las existencias de recursos naturales, la alteración de la capacidad de los ecosistemas de proveer servicios ambientales y los costos mismos de las actividades de protección contra incendios y manejo del fuego. La planificación del manejo del fuego requiere además de la incorporación de elementos económicos. La adopción de prácticas adecuadas de manejo

del fuego implica contar con medios materiales y financieros y con mecanismos de incentivos económicos. La investigación sobre los aspectos económicos de los incendios forestales y del manejo del fuego es, por lo tanto, un tema relevante y prioritario.

4. TEMAS TRANSVERSALES

En general, los distintos temas de investigación están interconectados, pero en las mesas de discusión de las tres sesiones surgieron algunos temas de especial relevancia que pueden considerarse como transversales y que se describen a continuación. Los tres temas recurrentes en las sesiones fueron: (a) la necesidad de contar con servicios de información, (b) la exigencia de adecuar, actualizar o mejorar el marco legal y normativo vigente incorporando los resultados de investigación y las experiencias de manejo del fuego, y (c) el fortalecimiento de la formación de científicos y profesionales en el campo del manejo del fuego.

4.1. *Servicios de información para el manejo del fuego.* Contar con información actualizada, confiable y accesible es indispensable para la planificación, el seguimiento y la evaluación de estrategias, programas, proyectos y actividades de manejo del fuego. Se requiere no sólo de información sistematizada (sistemas de información geográfica, bases de datos de monitoreo, acervos bibliográficos y documentales sobre resultados de la investigación y las experiencias de manejo del fuego, por ejemplo), sino de mecanismos idóneos para ofrecer servicios de información adecuados a las necesidades de los usuarios involucrados en el manejo del fuego.

4.2. *Fundamentos científicos de la legislación y normatividad sobre manejo del fuego.* En México se está avanzando en el mejoramiento del marco legal y normativo del manejo del fuego; sin embargo las leyes y normas requieren de un proceso de

actualización y perfeccionamiento, para lo cual es indispensable la incorporación de nueva información y conocimiento generados a través de la investigación.

- 4.3. *Formación y capacitación científica y técnica.* El desarrollo de la investigación aplicada al manejo del fuego y la puesta en marcha de estrategias en este campo de acción requieren de personal científico y técnico calificado. Por lo tanto es prioritario desarrollar programas de formación

técnica, profesional y de postgrado de alto nivel que fortalezcan la colaboración entre las instituciones educativas y los centros de investigación, las agencias gubernamentales y las organizaciones civiles de apoyo. Los programas educativos deben vincularse con la investigación y existen experiencias y un gran potencial de desarrollo de actividades de investigación en el campo del manejo del fuego con la participación de profesores, investigadores y estudiantes de licenciatura y postgrado.

CUADRO 2. Resumen de los temas de investigación por orden de prioridad de acuerdo con los resultados de las propuestas presentadas en las mesas de discusión.

Información básica para el manejo del fuego

1. Caracterización y clasificación de combustibles forestales.
2. Meteorología aplicada al manejo del fuego.
3. Estudios y modelos sobre comportamiento del fuego.
4. Evaluación de la incidencia e impacto de incendios forestales.

Ecología del fuego

1. Caracterización de los regímenes de incendios en ecosistemas forestales.
2. Efectos del manejo del fuego en los ecosistemas forestales.
3. Cambio climático, incendios forestales y manejo del fuego.

Manejo del fuego integrado a la gestión del territorio y los recursos naturales

1. Manejo comunitario y las prácticas tradicionales de uso y manejo del fuego.
2. Divulgación, comunicación y entrega de los resultados de la investigación para retroalimentar las prácticas de manejo del fuego.
3. Vinculación de la investigación al desarrollo y fortalecimiento de capacidades para el manejo del fuego.

Temas transversales

1. Desarrollo de servicios de información y monitoreo para el manejo del fuego.
 2. Adecuación, actualización y mejora del marco legal y normativo incorporando los resultados de investigación y las experiencias de manejo del fuego.
 3. Fortalecer la formación de científicos y profesionales en el campo del manejo del fuego.
-

CONCLUSIONES

Los resultados del *Taller de Prioridades de Investigación en Manejo del Fuego*, resumidos en el presente documento, aportan elementos conceptuales, información, conocimientos, experiencias y propuestas para impulsar y fortalecer el desarrollo de estrategias de manejo del fuego en diferentes ámbitos (nacional, regional, local) que contribuyan a la conservación y aprovechamiento sostenible del rico patrimonio natural de México. A través de las ponencias presentadas y la discusión en las sesiones del taller, se obtuvo un panorama general del estado del conocimiento y de las experiencias sobre el manejo del fuego en México, y se generaron propuestas para una estrategia de investigación aplicada sobre el tema. Desde luego, la discusión no está agotada y las propuestas pueden mejorarse y ampliarse.

LITERATURA CITADA

- Agee, J. K. 1993. *Fire ecology of Pacific Northwest Forests*. Island Press. Washington D.C. 493 pp.
- Agee, J. K. 2002. The fallacy of passive management. *Conservation in Practice* 3(1): 18-25.
- Agee, J. K. y Skinner, C. N. 2005. Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest Ecology and Management*, 211: 83-96.
- Ángeles C. E., Cortes A., Y.; Terreros O. L.; Rico B. M. 2001. Tipos de incendio y regeneración de *Abies religiosa* (H. B. K.) Schtl. et Cham. en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo. Memorias del V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Guadalajara, Jalisco.
- Arno, S. F. y Fiedler, C. E. 2005. *Mimicking nature's fire*. Island Press. Washington D.C. 242 pp.
- Asbjornsen, H.; Velázquez R., N.; García S., R.; Gallardo H., C. 2005. Deep ground fires cause massive above- and below-ground biomass losses in tropical montane cloud forests in Oaxaca, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 21: 427-434.
- Bond, W. J. y Keeley, J. E. 2005. Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 20(7): 387-394.
- Brown, J. K. y Arno, S. F. 1991. The paradox of wildland fire. *Western Wildlands* (Spring): 40-46.
- Chandler, C., P. Cheney, P. Tomas, L. Trabaud y D. Williams. 1983. *Fire in Forestry. Vol. I*. John Wiley. Nueva York, Estados Unidos de América.
- Christensen, N. L. 1997. Managing for heterogeneity and complexity on dynamic landscapes. En: S. T. A. Pickett, R. S. Ostfeld, M. Shachack y G. E. Likens (eds.). *The ecological basis of conservation*. Chapman & Hall. Nueva York, EUA. pp. 167-186.
- Christensen, N. L., A. M. Bartuska, J. H. Brown, S. Carpenter, C. D'Antonio, R. Francis, J. F. Franklin, J. A. MacMahon, R. F. Noss, D. J. Parsons, C. H. Peterson, M. G. Turner y R. G. Woodmansee. 1996. The report of the Ecological Society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecological Applications* 6 (3): 665 - 691.
- Cochrane, M. A. 2003. Fire science for rainforests. *Nature*, 421: 913-919.
- Cooper, R. W. 1975. Prescribed burning. *Journal of Forestry* 73(12):776-780.
- Egan, D. y E. A. Howell (Eds.). 2005. *The historical ecology handbook*. Island Press. Washington D.C.
- Flannigan, M. D.; Stocks, B. J.; Wotton, B. M.. 2000. Climate change and forest fires. *The Science of the Total Environment* 262: 221-229.
- Foster, D. R. 2000. Conservation lessons and challenges from ecological history. *Forest History Today*. Pp. 2-11.
- Franklin, J. F. 1993. The fundamentals of ecosystem management with applications in the Pacific Northwest. En: Aplet, G. H., N. Johnson, J. T. Olson and V. A. Sample. (Eds.) *Defining sustainable forestry*. Island Press. Washington D.C. Pp. 127-144.
- Fulé, P. Z. y Covington, W. W. 1996. Changing fire regimes in Mexican Pine Forests. *Journal of Forestry* 94(10): 33-38.
- Hardesty, J.; Myers, R.; Fulks, W. 2005. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. *The George Wright Forum*, 22(4): 78-87.
- Heinselman, M. L. 1973. Fire intensity in the virgin forests of the Boundary Waters Canoe Area, Minnesota. *Quaternary Research*, 3: 329-382.
- Heinselman, M. L. 1981. Fire intensity and frequency as factors in the distribution and structure of northern ecosystems. En: Proceedings of the Conference Fire Regimes and Ecosystems Dynamics. USDA-Forest Service Gen. Tech. Rep. WO-26, Pp. 7-57.
- Jardel P., E. J. 2009. *Lineamientos generales para la planificación del manejo del fuego*. Notas Técnicas sobre Ecología y Manejo del Fuego 2009-1. Departamento de Ecología y Recursos Naturales-IMECIBIO, Universidad de Guadalajara. Autlán, Jal.
- Jardel P., E. J.; Ramírez V., R.; Castillo N., F.; García R., S.; Balcázar M., O. E.; Chacón M., J. C.; Morfín R., J. E. 2006. Manejo del Fuego y Restauración de Bosques en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México. En: Flores-Garnica, J. G. y Rodríguez-Trejo, D. A. (Eds.). *Incendios Forestales*. Mundi-Prensa-CONAFOR. México y Madrid. pp. 216-242.
- Jardel, E. J., M. Maass, A. Castillo, R. García-Barrios, L. Porter, J. Sosa y A. Burgos. 2008. Manejo de ecosistemas e investigación a largo plazo. *Ciencia y Desarrollo* 34(215): 31-37.
- Jardel, E. J., E. Alvarado, J. E. Morfín-Ríos, F. Castillo-Navarro y J. G. Flores-Garnica. 2009. Regimenes de incendios en ecosistemas forestales de México. En: J. G. Flores-Garnica (Ed.). *Impacto ambiental*

- de incendios forestales. Mundi-Prensa/Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/ Colegio de Postgraduados. México D.F. Pp. 73-100.
- Manson, R. H., E. J. Jardel P., M. Jiménez-Espinoza y C. A. Escalante-Sandoval. 2009. Perturbaciones y desastres naturales: impacto sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico. En: R. Dirzo, R. González e I. J. March (Compiladores) *Capital Natural de México*. Vol. II. *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. Pp.131-184.
- Nepstad, D. C.; Veríssimo, A.; Alencar, A. C.; Nobre, C.; Lima, E.; Lefebvre, P.; Schlesinger, P.; Potter, C.; Moutinho, P.; Mendoza, E.; Cochrane, M. A.; Brooks, V. 1999. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature*, 398: 505-508.
- Pausas, J. G. y J. E. Keeley. 2009. A burning store: the role of fire in the history of life. *BioScience* 59 (7): 593-601.
- Pickett, S. T. A. y White, P. S.. 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, New York, NY. 472 pp.
- Plana, E. 2004. Anàlisi d'escenaris de prevenció i extinció d'incendis des de la perspectiva socioambiental. En: E. Plana (Coord.) *Incendis forestals, dimensió socioambiental, gestió del risc i ecologia del foc*. Xarxa Temàtica de Recerca Alinfo. Solsona, Catalunya. Pp. 5-11.
- Pyne, S. J. 1996. *World fire. The culture of fire on Earth*. University of Washington Press. Seattle, 384 pp.
- Pyne, S. J., Andrews, P. L., y Laven, R. D. 1996. *Introduction to wildland fire*. John Wiley Nueva York, 769 pp.
- Reinhardt, E. D., R. E. Keane y J. K. Brown. 2001. Modeling fire effects. *International Journal of Wildland Fire* 10: 373-380.
- Riccardi, C. L., R. D. Ottmar, D. V. Sandberg, A. Andreu, E. Elman, K. Kopper y J. Long. 2007a. The fuelbed: a key element of the Fuel Characteristic Classification System. *Canadian Journal of Forestry Research* 37: 2394-2412.
- Riccardi, C. L., S. J. Prichard, D. V. Sandberg y R. D. Ottmar. 2007 b. Quantifying physical characteristics of wildland fuels using the Fuel Characteristic Classification System. *Canadian Journal of Forestry Research* 37: 2383-2393.
- Rowell, A. y Moore, P. F. 1999. *Global review of forest fires*. WWF/ UICN. Gland, Suiza. 64 pp.
- Saldaña-Acosta, A. y E. J. Jardel. 1991. Regeneración natural del estrato arbóreo en bosques subtropicales de montaña en la Sierra de Manantlán, México: estudios preliminares. *Biotam* 3(3):36-50.
- Sandberg, D. V., R. D. Ottmar y G. H. Cushon. 2001. Characterizing fuels in the 21st century. *International Journal of Wildland Fire* 10: 381-87. doi: 10.1071/WF01036.
- Swanson, F. J.; Jones, J. A.; Wallin, D. O.; Cissel, J. H. 1994. Natural variability implications for ecosystem management. En: Jensen, M. E. y Bourgeron, P. S. (Edit.). *Eastside forest ecosystem health assessment*. Vol 2, *Ecosystem management: principles and applications*. U.S. Forest Service, General Technical Report PNW-GTR-318, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon, EUA. pp. 89-104.
- Trabaud, L. 1981. Man and fire: impacts on Mediterranean vegetation. In di Castri, F., Goodall, D. W. & Specht, R. L. (eds.). *Mediterranean-type shrublands. Ecosystems of the World*, 11. Elsevier, Amsterdam. Pp 523-537.
- Vale, T. R. 2002. *Fire, native peoples, and the natural landscape*. Island Press, Washington D.C. 238 pp.
- Vélez, R. (Coord.) 2000. *La defensa contra incendios forestales*. McGraw-Hill, Madrid, España.
- Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco y M. Melillo. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277: 494-499.
- Walker, B. y Salt, D. 2006. *Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world*. Island Press, Washington D.C. 174 pp.
- Walters, C. J. y C. S. Holling. 1990. Large-scale management experiments and learning by doing. *Ecology* 71: 2060 - 2068.
- Westerling, A. L.; Hidalgo, H. G.; Cayan, D. R.; Swetnam, T. W. 2006. Warming and earlier spring increase western U.S. forest wildfire activity. *Science* 313: 940-943.
- Whelan, R. 1995. *The ecology of fire*. Cambridge University Press. Cambridge. Reino Unido. 346 pp.
- Whelan, R. J., L. Rodgerson, C. R. Dickman y E. F. Sutherland. 2002. Critical life cycles of plants and animals: developing a process-based understanding of population changes in fire-prone landscapes. En: R. A. Bradstock, J. E. Williams y A. M. Gill (Eds.) *Flammable Australia: the fire regimes and biodiversity of a continent*. Cambridge University Press. Pp. 94-124.

GLOSARIO

Combustible forestal. Toda la materia orgánica presente en un ecosistema forestal (compuesta principalmente por la biomasa de plantas y sus restos) que puede mantener un proceso de combustión en los bosques, selvas, matorrales, etcétera.

Combustible disponible. La proporción de combustible listo para iniciar la ignición y consumirse. Esta cantidad depende de la humedad que contiene cada estrato del complejo de combustibles y del estado del tiempo atmosférico.

Combustible potencial. La cantidad total de combustible acumulado en un área forestal; se expresa comúnmente en kg m^2 o Mg ha^{-1} .

Comportamiento del fuego. Es la dirección, intensidad y velocidad de propagación que presenta un incendio forestal sobre cierto complejo de combustibles.

Degradación. Cambio en las condiciones ambientales o en el estado de un ecosistema que representa una alteración negativa de su composición, estructura y dinámica, lo cual afecta su integridad y persistencia. Esto ocurre tanto por la pérdida de componentes (es decir, cobertura, biomasa, especies, erosión del suelo) como por la adición de elementos que alteran el funcionamiento del sistema (por ejemplo invasión de especies exóticas que desplazan a las nativas, eutrofización en un ecosistema acuático, acumulación de sustancias tóxicas en el aire, el agua o el suelo). Desde una perspectiva social, la degradación implica: la disminución de la capacidad del ecosistema de proveer servicios ambientales, pérdidas económicas (reducción de las existencias, calidad o valor de recursos como la madera o el agua), daños a la salud humana, disminución del atractivo o valor estético de un paisaje, etc. La definición de degradación depende de criterios (elementos de juicio) explícitos para calificar de degradada una condición determinada del ambiente o de un ecosistema. Una perturbación no implica necesariamente degradación.

Disturbio. Un evento cualquiera relativamente discreto en el tiempo que modifica la estructura, el ambiente físico o la disponibilidad de sustrato o recursos de un ecosistema, comunidad o población. Es el suceso puntual que origina o desencadena una perturbación. Puede ser causado por distintos agentes naturales o antropogénicos, por ejemplo: un huracán, un deslizamiento de suelo, un incendio o un desmonte.

Ecología del fuego. El estudio científico del papel del fuego en los patrones y procesos ecológicos.

Ecosistema. Es una unidad de estudio de la ecología; un sistema que corresponde al nivel de organización en el cual diferentes especies de plantas, animales, hongos y microorganismos interactúan entre sí y con los factores abióticos (radiación solar, agua, roca y minerales, aire) de su entorno a través de flujos de energía, materiales e información.

Frecuencia de incendios. Es la probabilidad de incendios en un área por unidad de tiempo o número de incendios por unidad de área y tiempo. Se relaciona con el intervalo de retorno de incendios y la rotación de incendios.

Incendio forestal. La propagación libre y sin control del fuego en las áreas forestales.

Intensidad de incendios. Es la fuerza física de los eventos, medida como la cantidad total de energía liberada en forma de calor y luz en las diferentes fases de la combustión. Comúnmente se usa la *intensidad de la línea de fuego* como indicador, medida en *kilowatts* por metro de la línea de fuego en el frente de un incendio; puede ser inferida a partir de la longitud de las llamas.

Intervalo de retorno de incendios. Periodo de tiempo (años) entre incendios sucesivos.

Peligro de incendio. Se refiere al comportamiento potencial del fuego, su efecto o severidad potencial y su resistencia al control, determinado principalmente por las propiedades físicas de los combustibles.

Perturbación. Cambio en el estado o conducta de un sistema; por ejemplo, un cambio en la composición de especies y la estructura de la vegetación después de un incendio u otro tipo de disturbio. Es parte de la dinámica de los ecosistemas y en ecología no debe dársele una connotación negativa al término (erróneamente se confunde con degradación o deterioro).

Quema controlada. Una quema que se mantiene controlada o confinada en un área determinada.

Quema de desmonte. Una quema que se realiza a propósito para eliminar cobertura forestal como parte de un proceso de cambio de uso del suelo. Para fines de manejo es importante diferenciar los incendios forestales originados por causas naturales o humanas accidentales y las quemaduras realizadas con propósitos de manejo de estas quemaduras de desmonte, cuyo fin es eliminar la cobertura forestal.

Quema prescrita. Una quema prescrita es un tipo de quema controlada que se hace con un propósito determinado de modificación de una cama de combustibles, de la composición de la vegetación o de las condiciones de hábitat; lo que define a este tipo de quemas es la *prescripción*: la planificación de la forma en que se aplica para lograr el resultado deseado. La aplicación de quemas prescritas implica no sólo prever el comportamiento del fuego y mantenerlo bajo control, sino entender cuáles son los efectos de la quema sobre las condiciones del ecosistema forestal.

Regeneración. Proceso de recolonización o cicatrización de la vegetación en un claro abierto por un evento de perturbación o disturbio.

Régimen de incendios. La amplitud de variación en los eventos de incendio que influyen en la dinámica de un ecosistema en el espacio y el tiempo. Se caracterizan por la frecuencia, intervalo de retorno y rotación de los eventos de incendio, su estacionalidad, magnitud (intensidad, severidad y extensión) y la sinergia con otros agentes de perturbación (por ejemplo con huracanes o con el ataque de insectos parásitos que al dañar o matar plantas, aumentan la carga de combustibles). Es importante enfatizar que un régimen de incendios se caracteriza por el rango de variación y no sólo por condiciones promedio. El *régimen histórico* es el que ha existido por un periodo largo de tiempo, del orden de cientos de años; un *régimen alterado* es aquel que se aparta en sus atributos del régimen histórico; un *régimen manejado* es aquel cuyos atributos han sido deliberadamente modificados a través de intervenciones de manejo con un propósito determinado.

Riesgo de incendio. Es la probabilidad de que se inicie un incendio y está relacionada con las causas naturales o humanas y las condiciones meteorológicas favorables a la propagación del fuego.

Rotación de incendios. El tiempo (años) en que toda un área determinada se ha quemado por diferentes incendios.

Severidad de los incendios. Magnitud del efecto del fuego que puede ser medida en términos de la reducción en el porcentaje de cobertura vegetal o de área basal de árboles, el grado de consumo de combustibles o biomasa, o por la mortalidad de plantas.

Sucesión. Es el cambio a través del tiempo en la composición de especies y la estructura de una comunidad biótica; se inicia por la colonización de sustrato inerte recientemente formado (*sucesión*

primaria) o se reinicia en los claros abiertos por un evento de perturbación o disturbio (*sucesión secundaria*). Es un proceso central en la dinámica de los ecosistemas. A escala del ecosistema en la sucesión ocurren cambios como la acumulación de biomasa, la retención de nutrientes, la variación en la relación productividad/respiración del ecosistema y, en ecosistemas terrestres, la formación de suelo.

Cama de combustible. Una unidad relativamente uniforme del paisaje que representa un ambiente de combustión único y determina el comportamiento potencial y los efectos del fuego. Se caracteriza por el conjunto de propiedades físicas de los combustibles en diferentes estratos (árboles vivos y muertos en pie, arbustos, herbáceas, material leñoso caído en el piso del bosque, hojarasca y materia orgánica en descomposición en la superficie del suelo).

Propiedades físicas de los combustibles. Son la cantidad (carga), compactación, densidad, distribución y arreglo espacial, horizontal y vertical, de los combustibles forestales. Estas propiedades se describen desde el nivel de partícula hasta el de complejo o cama de combustible.

Estacionalidad de los incendios. Temporada o temporadas en el año donde se concentra la incidencia de incendios forestales.

LISTA DE PARTICIPANTES

1. Alvarado, Ernesto	Universidad de Washington
2. Ángeles, Efraín	UNAM
3. Balcázar Medina, Óscar E.	IMECBIO-Universidad de Guadalajara
4. Besalú Figuerola, Albert	Universidad de Girona
5. Cabezas García, Martín	CONAFOR (Gerencia Regional IV)
6. Carranza Sánchez, Jorge	CONANP (Evaluación y Seguimiento)
7. Castillo, Fabiola	MABIO
8. De la Cámara Delás, Luis	Universidad de Girona
9. Dickinson, Mathew	Servicio Forestal de los Estados Unidos
10. Donadeu Grabalosa, Alba	Universidad de Girona
11. Flores Garnica, Germán	INIFAP
12. Frausto Leyva, Juan Manuel	Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza
13. García Sosa, Sacramento Honorio	Comisión Forestal del Estado de Michoacán
14. Ghilardi Álvarez, Adrián	Centro de Investigaciones en Ecosistemas-UNAM
15. Godínez Contreras, Ma. del Carmen	Centro de Investigaciones en Ecosistemas-UNAM
16. González, Enrique	CONAFOR
17. González Tagle, Marco Aurelio	Universidad Autónoma de Nuevo León
18. Hernández, Jesús	PROCYMAF-CONAFOR
19. Huffman, Mary	Universidad de Colorado
20. Jardel Peláez, Enrique	IMECBIO-Universidad de Guadalajara
21. Juárez Orozco, Sonia	Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental-UNAM
22. Krauss Flores, Agustín	CONANP (Región Frontera Sur, Istmo y Pacífico Sur)
23. Landa Perera, Rossana	Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza
24. Llamas, Paulina	MABIO
25. Margarita López, Diana	Centro de Investigaciones en Ecosistemas-UNAM
26. Martínez Bravo, René	Centro de Investigaciones en Ecosistemas-UNAM
27. Mas Caussel, Jean François	Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental-UNAM
28. Michel Fuentes, José María	MABIO
29. Morfín, Jorge	Centro de Investigaciones en Ecosistemas-UNAM
30. Negrete Paz, Víctor (q.e.p.d.)	CONANP Chiapas (Reserva de la Biosfera La Sepultura)
31. Patiño Conde, Pavka	Centro de Investigaciones en Ecosistemas-UNAM
32. Pérez Salicrup, Diego R.	Centro de Investigaciones en Ecosistemas-UNAM
33. Quiñonez, Víctor	CONAFOR Michoacán
34. Ramírez, Ricardo	PROCYMAF-CONAFOR
35. Ramírez Ramírez, Isabel	Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental-UNAM
36. Ramírez Villeda, Rubén	IMECBIO-Universidad de Guadalajara
37. Rivero, María de la Luz	CONANP (Fortalecimiento a la Operación Regional)
38. Rodríguez Trejo, Dante	Universidad Autónoma Chapingo
39. Rosas Aceves, Óscar Gerardo	Reserva de la Sierra de Manantlán
40. Ruiz López, Rodolfo	CONANP (Evaluación y Seguimiento)
41. Sáenz García, Saúl	Comisión Forestal del Estado de Michoacán
42. Sánchez Martínez, Luis	CONABIO
43. Serrato Rodríguez, Rosendo	Comisión Forestal del Estado de Michoacán
44. Torres Palomino, Lucrecia	CENAPRED
45. Vallejo, Gloria	Parque Nacional Cumbres de Monterrey
46. Vallejo Pedraza, Martha	Comisión Forestal del Estado de Michoacán
47. Vargas Jaramillo, Socorro	MABIO
48. Velázquez Sanabria, Carlos	UPROSIVI
49. Villers, Lourdes	Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM
50. Yocom, Larissa	Universidad del Norte de Arizona