

# Maximizando impactos positivos del fuego mediante quemas prescritas en apoyo al manejo integral de incendios forestales

Dante Arturo Rodríguez Trejo<sup>1</sup>

## Resumen

Los incendios aumentan globalmente, por cambio climático global, pobreza en zonas rurales y exclusión del fuego en ecosistemas dependientes del mismo, entre otros factores. Una alternativa ante esto en muchas regiones del planeta, es el manejo integral del fuego, es decir, la integración de 1)prevención-combate, 2)manejo comunitario del fuego y 3)manejo ecológico del mismo. La Universidad Autónoma Chapingo, desarrolla en México el Proyecto Ajusco, donde han participado o participan >20 tesistas de posgrado, licenciatura, y profesores, los gobiernos federal y del D.F., CONACYT, FMCN, y una comunidad rural. Entre otros aspectos se investigan efectos ecológicos de quemas prescritas en diferentes épocas (marzo y mayo) e intensidades (alta y baja), en el ecosistema de *Pinus hartwegii*, adaptado al fuego y que es uno de los bosques de mayor altitud del planeta (hasta 4,300 m). Mediante regresión logística se halló que la probabilidad de mortalidad al segundo año de un árbol de 1 cm de diámetro con el tratamiento mayo-alta intensidad (emulando incendio) (0.97), es superior a la de un árbol equivalente en el tratamiento marzo-baja intensidad (0.07). A mayor afectación de copa, mayor probabilidad de afectación por insectos descortezadores. Mediante un procedimiento mixto se determinó que los chamuscados de copa <1/3 favorecen mayor crecimiento secundario el siguiente año. Pruebas de t mostraron aumento en el crecimiento relativo en altura de árboles en el tratamiento marzo-baja intensidad, en relación con los demás tratamientos. Análisis de componentes principales y métodos multivariados mostraron que las quemas prescritas originaron mayor diversidad de especies del sotobosque los primeros tres años, aunque al tercero los efectos comienzan a perderse. Mediante pruebas no paramétricas se hallaron especies indicadoras de áreas quemadas. Con métodos multivariados, se estudió el nodricismo que algunas especies arbustivas de sitios quemados tienen para pinos plantados al lado, pues presentan más K foliar que aquellos plantados junto a otras especies arbustivas o sin éstas. Se continúa estudiando efectos del fuego en crecimiento, mortalidad, y la influencia del pastoreo. Se propone el uso de quemas prescritas no después de marzo y a baja intensidad capitalizando todos estos beneficios, compatibles con un pastoreo moderado, para contribuir al manejo integral del fuego y a la reducción del problema de los incendios en México.

---

<sup>1</sup> Profesor-investigador, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de Méx., Km. 38.5 carretera México-Texcoco, C.P. 56230, MÉXICO. dantearturo@yahoo.com

## Introducción

Ante la influencia del cambio climático global y la no solución al problema de la pobreza en muchos países, las prospecciones indican una mayor incidencia de incendios forestales. Acorde con TNC (2004), existen ecosistemas mantenidos por el fuego (les ayuda a mantenerse), susceptibles a éste (son degradados), influenciados por las lumbre (intermedios entre los dos anteriores), e independientes de los incendios (el fuego no se puede propagar, por ejemplo por falta de continuidad entre los combustibles). Según la Universidad Autónoma Chapingo (2005), en México 50 por ciento de los ecosistemas forestales son mantenidos por el fuego (pinarales, varios encinares, pastizales, diversos matorrales, tulares, popales, palmares y sabanas); 40 por ciento susceptibles o influenciados (selvas altas, selvas medianas, selvas bajas, manglares, bosque mesófilo de montaña, bosque de oyamel); y 10 por ciento independiente (vegetación en las zonas más áridas). En México, como en otros países, cerca de la mitad de los incendios tienen causas agropecuarias, relacionadas con pobreza, pero también con falta de cultura forestal. Asimismo, el fuego se emplea desde hace miles de años y existe un importante conocimiento empírico sobre su uso en muchas comunidades rurales (por ejemplo, ver Huffman, 2006). Por otra parte, la prevención y combate de incendios forestales se ha fortalecido en el país gradualmente, en particular desde la histórica temporada 1998, la peor que ha tenido México, implicando reducciones muy significativas en impactos ecológicos negativos y económicos por incendios forestales, según ha estimado cuantitativamente la Universidad Autónoma Chapingo (2004 y 2005). También debe considerarse que en ecosistemas mantenidos por el fuego la exclusión de este factor contribuye eventualmente a incrementar la carga de combustibles y el peligro de incendio de mayor intensidad, con los consecuentes mayores impactos ecológicos y económicos adversos, así como una mayor dificultad, riesgo, tiempo y costo para controlar el fuego.

Una alternativa para conjugar la prevención y combate de incendios con el manejo ecológico del fuego en ecosistemas mantenidos por el mismo, y el manejo comunitario de incendios, incluyendo el buen uso tradicional del fuego y abatiendo el mal uso tradicional del fuego, todo en un contexto de maximización de impactos positivos y minimización de impactos negativos del fuego, y con bases científicas por la participación de instancias de investigación, es el manejo integral de los incendios forestales (Rodríguez 2000, 2006; Jardel, 2006; Myers, 2006).

En el caso de México, se está comenzando a gestar un manejo integral del fuego gracias al impulso, interés y acción de organizaciones federales como la Comisión Nacional Forestal, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, el gobierno de la Ciudad de México, la participación de comunidades rurales como las enclavadas en distintas Reservas, instituciones de enseñanza e investigación como la Universidad Autónoma Chapingo, la Universidad de Guadalajara, organizaciones no gubernamentales como el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza y Pronatura, así como organizaciones e instituciones internacionales como The Nature Conservancy, la Agencia Internacional para el Desarrollo y el Servicio Forestal de los Estados Unidos, la Universidad de Washington y la Universidad de Colorado, entre otros.

En este marco, desde el año 2000, la Universidad Autónoma Chapingo comenzó con el Proyecto Ajusco, relativo a ecología del fuego, manejo integral de incendios forestales, y restauración de áreas incendiadas, que tiene como objetivos generales: Generar información sobre impactos benéficos y perjudiciales de los incendios forestales, principalmente en ecosistemas mantenidos por el fuego pero también en aquellos susceptibles; contribuir a detonar el uso ecológico del fuego en el país y el manejo integral del fuego; contribuir a la formación de esquemas de investigación con la participación de tesis de licenciatura y de posgrado, para ayudar a resolver problemas relevantes como el abordado.

## El proyecto Ajusco

El proyecto comenzó en el año 2000, en la región central de México: Parque Nacional Desierto de los Leones, D. F.; Estación Forestal Experimental Zoquiapan, Edo. de Méx.; Parque Nacional Cumbres del Ajusco, en este último caso en terrenos de las comunidades de San Miguel y Santo Tomás Ajusco, D. F. También se han realizado o realizan trabajos en Puebla, Oaxaca, Chiapas, Durango y Campeche (un total de siete estados).

Preponderantemente se ha trabajado en bosques de pino de las alturas (*Pinus hartwegii*), que puede alcanzar altitudes de hasta 4300 m. Las razones por las que se eligió al Distrito Federal y al bosque de pino de las alturas para realizar este trabajo son:

Es un ecosistema mantenido por el fuego.

Se trata de una de las especies de pino con más adaptaciones al fuego en el país.

Los bosques de gran altitud son indicadores de cambio climático global.

La importancia de los bosques de montaña a nivel mundial.

La cercanía e influencias ambientales para la Ciudad de México, una de las más pobladas.

Cada año, el D.F. ocupa el primer o uno de los primeros lugares en número de incendios (no en superficie afectada).

Problemática rural de incendios igual al resto del país.

Influencia de la Ciudad de México.

Entidad con el mayor número de combatientes por superficie a proteger en el país.

Por lo anterior, un excelente escenario para detonar y promover el uso ecológico del fuego y el manejo integral de los incendios forestales.

También se han realizado o realizan trabajos en bosques de *Pinus oocarpa* var. *ochoterenae*, *Pinus patula*, selva alta y mediana subperennifolias y selva baja.

Los temas que se han abordado para el pino de las alturas, incluyen:

Emisiones de NO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y CO

Efecto del fuego en el crecimiento secundario

Supervivencia a un año y susceptibilidad a plagas luego del fuego.

Supervivencia a dos años y crecimiento relativo en altura a dos años del paso del fuego

Sinecología del sotobosque a un año de quemas prescritas

Duración de efectos del fuego en el sotobosque

Fuego y escarificación de semillas de *Lupinus montanus* y *L. bilineatus*, con dormición física.

Supervivencia y crecimiento de plantaciones a 6 meses y a 3 años en áreas quemadas

Efecto nodriza de arbustos sobre árboles de pino de las alturas plantados.

Recreación en áreas quemadas

En otras áreas se ha trabajado:

Efecto de incendios catastróficos en diversidad de especies arbóreas en selvas

Calidad de planta, supervivencia y crecimiento de árboles plantados en áreas quemadas

Para todo lo anterior se han realizado quemas prescritas experimentales, con autorización y apoyo de CONAFOR y el gobierno de la Ciudad de México, y de la comunidad de San Miguel y Santo Tomás Ajusco, y también se ha realizado muestro en áreas incendiadas. En el caso de las quemas prescritas se han incluido tratamientos a diferentes intensidades y épocas, y se cuenta con un área demostrativa accesible con facilidad.

## Principales resultados a la fecha

Emisiones de NO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y CO

Con el uso de métodos estadísticos mixtos, se estimaron las tasas de emisión de los siguientes contaminantes (4,06 kg NO ha<sup>-1</sup>, 3,69 kg NO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>, 198,69 kg CO ha<sup>-1</sup>, 2,84 kg SO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>), y se determinó que el arbusto *Senecio cinerarioides*, que coloniza localidades incendiadas con gran intensidad, emite más de estos productos por unidad de masa de combustible (Contreras y otros, 2001).

Efecto del fuego en el crecimiento secundario

En áreas quemadas a baja intensidad en marzo, en árboles juveniles con crecimiento libre, los individuos con un bajo nivel de afectación de copa (<33 por ciento) mostraron un 39 por ciento más en la anchura de los anillos de crecimiento que se formaron el año siguiente al paso del fuego, en comparación con árboles no afectados por el fuego. Niveles de afectación de copa elevados redujeron la anchura del anillo (González y Rodríguez, 2004).

Supervivencia a un año y susceptibilidad a plagas luego del fuego.

La supervivencia de los árboles es muy afectada por: la intensidad en que ocurre el fuego (mayor mortalidad a elevada intensidad), la época del mismo (a fines de la temporada es mayor el efecto), la densidad arbórea (relacionada con acumulaciones de hojarasca, que al quemarse transmiten más calor a las raíces, afectando más a los árboles) y con el tamaño del árbol. A elevados niveles de afectación de copas, mayor probabilidad de afectación por insectos descortezadores, según se demostró mediante regresión logística. La mortalidad fue muy baja (4 por ciento) en áreas quemadas a baja intensidad en marzo, en sitios de baja densidad arbórea, y no mostró diferencias con las áreas no quemadas (Rodríguez y otros, 2007).

Supervivencia a dos años y crecimiento relativo en altura a dos años del paso del fuego

La mortalidad aumentó ligeramente al segundo año, más en los sitios con quemas de mayo a alta densidad. El crecimiento relativo en altura fue mayor en áreas de quemas prescritas a baja intensidad en marzo, que en las áreas no quemadas (Vilchis y Rodríguez, 2007).

#### Sinecología del sotobosque a un año de quemas prescritas

El número de especies registradas en las parcelas experimentales fue bajo, principalmente por la gran altitud a la que se desarrolló el experimento (3,600 m). Sin embargo, el número de especies arbustivas y herbáceas se duplica en áreas tratadas con fuego, según revelaron análisis de componentes principales. Con pruebas no paramétricas se determinaron especies indicadoras de localidades quemadas (Martínez y Rodríguez, 2003).

#### Duración de efectos del fuego en el sotobosque

Pruebas multivariadas de hipótesis, demostraron que a dos años de la aplicación de quemas prescritas las áreas tratadas aun contaban con más especies que las áreas no quemadas, tendencia que se redujo al tercer año. Con base en lo anterior se estima un periodo de retorno mínimo de 4 años (y máximo de 10) para mantener diversidad en el sotobosque (Espinoza y otros, enviado).

#### Fuego y escarificación de semillas de *Lupinus montanus* y *L. bilineatus*, con dormición física

Trabajos con semillas en ambientes controlados, empleando métodos mixtos, revelaron la presencia de dormición física en *Lupinus montanus* y *L. bilineatus*, especies que colonizan sitios quemados (Acosta y Rodríguez, 2005; Martín y Rodríguez, enviado).

Supervivencia y crecimiento de plantaciones a 6 meses y a 3 años en áreas quemadas  
A seis meses del paso del fuego, la supervivencia de plantaciones fue mayor en áreas quemadas en marzo a baja intensidad (Ortega y Rodríguez, aceptado), pero a tres años dicha tendencia cambió por la presencia de menores temperaturas en los últimos dos años y por las interacciones con el sotobosque (Ortiz y Rodríguez, enviado).

#### Efecto nodriza de arbustos sobre árboles de pino de las alturas plantados.

La plantación de pino de las alturas en áreas quemadas, usando como nodrizas arbustos de *Lupinus*, reporta beneficios en crecimiento en altura, y concentración de fósforo y potasio, en comparación con otros tratamientos, según se halló con pruebas multivariadas. El potasio implica ventajas en ambientes con limitaciones de humedad, como sucede en áreas altas y frías, como la de estudio, donde la congelación del agua reduce su disponibilidad (Ramírez y Rodríguez, enviado).

En selva alta y mediana (ecosistemas susceptibles al fuego), las áreas incendiadas catastróficamente siete años antes muestran 60 por ciento de la riqueza de especies arbóreas con respecto a las áreas no quemadas, pero en las áreas quemadas tanto siete como tres años antes, dicho valor fue de solamente 29 por ciento. Además a mayor nivel de perturbación con fuego, mayor presencia por supervivencia o colonización de especies típicas de vegetación secundaria o de sabana (Maldonado y otros, 2005).

También se ha determinado que los paseantes están dispuestos a pagar un poco más por una experiencia recreativa en un pinar quemado a baja intensidad, sin afectación significativa del arbolado, un par de años después del paso de la lumbre, que en un



área no quemada en los últimos años. Evidentemente, en áreas quemadas a gran intensidad y en cualquier tipo de ecosistema, tal disponibilidad a pagar se reduce dramáticamente (Romo y otros, 2006).

Los temas que actualmente se están investigando en el pinar de las alturas son (*Figura 1*):

Dinámica de combustibles en áreas quemadas y fotoguía de combustibles forestales en el pinar de las alturas

Efecto del fuego en la concentración de nutrientes de suelo, follaje y crecimiento en altura de *P. hartwegii*

Efecto de diferentes intensidades de pastoreo en áreas con quemas prescritas

Calidad del forraje en áreas quemadas en diferentes años

Aspectos sociales del pastoreo en áreas sometidas a incendios

Relación entre parámetros ginecológicos y calidad de luz en áreas sometidas a quemas prescritas

Factores que inciden en la supervivencia del arbolado en áreas con quemas prescritas y con incendios

En otros lugares:

Factores que inciden en la supervivencia del arbolado en áreas con quemas prescritas y con incendios, en especies de pino y encinos, en el estado de Durango

Inflamabilidad de combustibles de selvas



**Figura 1-** Borde de una de las quemas prescritas experimentales en la fase más reciente del Proyecto Ajusco.

El Proyecto Ajusco ha incluido la realización de 20 trabajos de tesis (terminados o en curso), diversos artículos científicos y técnicos y presentaciones en congresos locales, regionales, nacionales o internacionales. La información anterior contribuye a la definición de ecosistemas mantenidos y susceptibles al fuego en el país, con base en investigación. Para el caso del pino de las alturas, destaca la utilidad del fuego prescrito a baja intensidad, a inicios de temporada en términos de no afectación significativa en la supervivencia del arbolado, con beneficios en crecimiento primario y secundario, aumento en riqueza y diversidad de especies del sotobosque hasta tres años después de la aplicación de las quemas prescritas, amén de la buena calidad recreativa de áreas tratadas a baja intensidad. Empatando estos efectos ecológicos y sociales (recreación) positivos con uso del fuego por pastores (investigación en desarrollo), de tal manera que su ganado tenga forraje, pero se queme de tal forma (intensidad, época, frecuencia) que los impactos ecológicos positivos se potencien y se reduzcan los impactos negativos (mortalidad de árboles, erosión, contaminación, deforestación), además de la reducción de combustibles forestales y del peligro de incendio, junto el reforzamiento de la prevención y combate y la educación de la opinión pública, urbana y rural, se puede lograr la reducción de los incendios no deseados, pero para ello es menester un mayor uso de quemas prescritas. Esto a su vez conlleva la necesidad de aumentar recursos de todo tipo para el manejo del fuego y de esquemas de capacitación en quemas prescritas.

También destaca el papel relevante de profesores-investigadores y estudiantes de las instituciones de enseñanza e investigación en la búsqueda de nuevos esquemas de manejo del fuego que ayuden a resolver el problema de los incendios forestales. Es evidente que el uso de un esquema como el del Proyecto Ajusco, contribuye a la formación de profesionales relacionados con el uso ecológico del fuego y del manejo integral de los incendios forestales y a la generación de más información técnica y científica, particularmente en países como México.

En la etapa actual del proyecto, también se está socializando la información, para aumentar el número de usuarios y hacerla más útil a pobladores de zonas rurales y autoridades relacionadas con el manejo del fuego. También se está aumentando el contacto con los productores rurales.

## Agradecimientos

La realización del presente proyecto en sus diferentes etapas, ha sido posible gracias al invaluable apoyo y/o financiamiento de: Comunidad de San Miguel y Santo Tomás Ajusco, Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales, Comisión Nacional Forestal, Gobierno de la Ciudad de México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.

Mi mayor agradecimiento a los profesores y estudiantes de licenciatura y posgrado que han participado o participan en el proyecto, y que le dan vida:

**Tesistas que ya obtuvieron su título o grado:** Licenciatura: Acosta Percástegui, Jeannette; Castro Solís, Uriel Baruch; Juárez Martínez, Alejandro; Maldonado Méndez, María de Lourdes; Martín Martínez, José; Ortiz Rodríguez, Jesús Noé; Sosa Pérez, Gabriel; Vera Vilchis, Violeta.

**Tesis en proceso:** Licenciatura: Bonilla Padilla, Eunice; Baeza Gómez, Juan Pablo; Gallardo Martínez, José Alonso; Guadarrma Reyes, Víctor Daniel; Martínez Rodríguez, José Manuel; Rodríguez Chávez, Oscar. Maestría en ciencias: Ángel Andrés, Lorena; Chavaría Sánchez, Manuel Román; Madrid Islas, Elena; Neri, Alma Cristina

## Referencias bibliográficas

- Acosta Percástegui, J. y Rodríguez Trejo, D. A. 2005. Factors which affect germination and pregerminative treatments of *Lupinus montanus* seed. *Interciencia* 30(9): 1-4.
- Contreras Moctezuma, J., Rodríguez Trejo, D. A., Retama Hernández, A. y Sánchez Rodríguez, J. de J. 2003. Humo de incendios forestales en bosques de *Pinus hartwegii*. *Agrociencia* 37(3): 309-316.
- Espinoza Martínez, L. A., Rodríguez Trejo, D. A., Zamudio Sánchez, F. J. Sinecología del sotobosque de *Pinus hartwegii* dos y tres años después de quemado (enviada).
- González Rosales, A. y Rodríguez Trejo, D. A. 2004. Efecto del chamuscado de copa en el crecimiento en diámetro de *Pinus hartwegii*. *Agrociencia* 38(5): 537-544.
- 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 Mazatlán, México. En: Flores, G. G., Rodríguez T., D. A., Estrada, O., Sánchez Z., F. (coords.). Incendios forestales. Mundi Prensa, CONAFOR. México, D. F. pp. 217-242.
- Maldonado M., M. de L.; Rodríguez Trejo, D. A.; Velásquez M., J. G.; Nañez J., S. 2005. Severidad de los incendios forestales en el estrato arbóreo de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote. En: Zavala C., F.; Álvarez M., J. G. (eds.). Seminario de Avances de Investigación 2005. Enfoques y perspectivas de la investigación y uso de los recursos forestales. DICIFO, UACH. Chapingo, Edo. De Méx. 7 p.
- Martínez Hernández, H. C. y Rodríguez Trejo, D. A. 2003. Sinecología del sotobosque de *Pinus hartwegii* Lindl. en áreas quemadas. En: Corlay-Chee, L., Zavala Ch., F., Pineda P., E., Robledo S., E. y Maldonado T., R. (eds.). 2003. Suelo y bosque: Conservación y aprovechamiento. UACH. Chapingo, Edo. de Méx. pp. 175-178.
- Myers, R. L. 2006. Convivir con el fuego. Manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el manejo integral del fuego. TNC. Tallase, Florida. 28 p.
- Ortega Baranda, V. y Rodríguez Trejo, D. A. Supervivencia y crecimiento iniciales y concentración de nutrimentos de *Pinus hartwegii* Lindl. en localidades quemadas (en prensa, Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente).
- Ortiz Rodríguez, J. N., Rodríguez Trejo, D. A. Supervivencia y crecimiento de una plantación de *Pinus hartwegii* en áreas quemadas (enviado).



- Ramírez Contreras, A., Rodríguez Trejo, D. A. Evaluación del uso de plantas nodriza en una plantación de *Pinus shartwegii* Lindl. (enviado).
- Rodríguez Trejo, D. A., Castro Solís, U. B. y Zepeda Bautista, E. M. A. 2007. First year survival of *Pinus hartwegii* lindl. in burned areas in different times. International Journal of Wildland Fire 16: 54-62.
- Rodríguez T., D. A. 2000. Propuesta de manejo del fuego. En: Educación e incendios forestales. Mundi Prensa. México, D. F.
- Rodríguez T., D. A. 2006. Ecología del fuego y manejo integral del fuego en las montañas del valle de México (bosque de coníferas). En: Flores G., G., Rodríguez Trejo, D. A., Estrada, O.; Sánchez Zárraga, F. (coords.). Incendios forestales. Mundi Prensa, CONAFOR. México, D. F. pp. 41-56.
- Romo Lozano, J. L., Coss Martínez, N., Rodríguez Trejo, D. A., Zamudio Sánchez, F. J. 2006. Public preferents and the economic value of forests affected by fires in Mexico City (Abstract). Forest Ecology and Management 234S. pp. S11.
- TNC (The Nature Conservancy). 2004. El fuego, los ecosistemas y la gente. Una evaluación preliminar del fuego como un tema global de conservación. TNC. Tallahassee, Florida. 9 p.
- Vilchis, V. y Rodríguez Trejo, D. A. 2007. Supervivencia y crecimiento en altura de *Pinus hartwegii* a dos años de quemas prescritas e incendios. Agrociencia 41: 219-230.