

## Historia del fuego registrada en anillos de crecimiento de *pinus lumholtzii*

robins y ferns

### Fire history recorded in growth rings of *pinus lumholtzii*

Robins y ferns

Julián Cerano-Paredes<sup>1\*</sup>, Miguel Rivera-González<sup>1</sup>, Erika Nava-Reyna<sup>1</sup>, Aldo Rafael Martínez-Sifuentes<sup>1</sup> y  
Vicenta Constante- García<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA), INIFAP. Km. 6.5 margen derecha Canal de Sacramento, Gómez Palacio, C.P. 35140, Gómez Palacio, Durango.

\*Autor para correspondencia: cerano.julian@gmail.com

### RESUMEN

*Pinus lumholtzii* Robins y Ferns es una especie endémica de la Sierra Madre Occidental, los bosques conformados por dicha especie se desarrollan en pendientes pronunciadas y suelos pobres. El objetivo de este trabajo fue, reconstruir la historia de incendios forestales a través de los registros gravados en los anillos de crecimiento de *P. lumholtzii*. Con base en un muestreo selectivo, se colectaron 37 muestras con cicatrices de incendios. Las muestras se analizaron y fecharon con base en técnicas dendrocronológicas estándar. Se logró reconstruir la historia de incendios para los últimos 364 años (1653-2016). La mayor frecuencia de incendios se reconstruyó para el período de 1738 a 1986, posterior a esta fecha, se determinó un período de exclusión del fuego de 30 años. La exclusión del fuego en los últimos treinta años en estos bosques, crea un escenario de riesgo a la ocurrencia de un incendio de gran magnitud.

**Palabras clave:** Dendropirocronología, exclusión, frecuencia de incendios, incendios forestales, severidad.

### ABSTRACT

*Pinus lumholtzii* Robins and Ferns is an endemic species of the Sierra Madre Occidental; the forests formed by this species develop on steep slopes and poor soils. The objective of this work was to reconstruct the history of forest fires through records recorded in the growth rings of *P. lumholtzii*. Based on selective sampling, 37 samples were collected with fire scars. Samples were analyzed and dated based on standard dendrochronological techniques. The fire history was reconstructed for the last 364 years (1653-2016). The highest frequency of fires was reconstructed for the period from 1738 to 1986, after this date, a period of fire exclusion of 30 years was determined. The exclusion of fire in the last thirty years in these forests creates a risk scenario for the occurrence of a large fire.

**Keywords:** Dendropirochronology, exclusion, fire frequency, forest fires, severity.

### INTRODUCCIÓN

Un incendio forestal es la propagación libre del fuego sobre la vegetación forestal, para que este se produzca, necesita de tres elementos: combustible, calor y oxígeno, que forman el “triángulo del fuego” (Rodríguez 2014). En la

actualidad los incendios forestales juegan un papel importante en los bosques del país, el fuego interactúa con una gran diversidad de ecosistemas, a su vez, contribuye a la modificación de la composición, estructura y procesos en los ecosistemas (Rodríguez 2014).



Para conocer los regímenes históricos de incendios en una escala de siglos, se ha utilizado la técnica de la Dendropirocronología, dentro de los estudios sobre regímenes de incendios las especies de coníferas que han sido mayormente empleadas en diferentes regiones del país son: *Pinus leiophylla* Schltdl. y Cham., *Pinus hartwegii* Lindl., *Pinus teocote* Schltdl. y Cham., *Pinus arizonica* Engelm., *Pinus durangensis* Martínez y *Pinus ayacahuite* Ehrenb. ex Schltdl (Rodríguez 2014, Molina *et al.*, 2017, Cerano *et al.*, 2019).

En general, diversas especies de pinos han presentado adaptaciones al fuego, tienen tolerancia por sus características como: corteza gruesa, el estado cespitoso, la poda natural y el rápido crecimiento juvenil, entre otras (Rodríguez y Fulé 2003).

Se han realizado diversos estudios con el objetivo de conocer los cambios de los regímenes de incendios en el país. La mayor parte de los estudios han sido desarrollados en el norte del país, principalmente en la Sierra Madre Occidental. Fulé y Covington (1997) compararon los regímenes de incendios en cuatro sitios en el estado de Durango, donde encontraron baja frecuencia de incendios antes

de la mitad del siglo XX, y posterior a la década de 1950 se registró una exclusión de incendios.

Estudios recientes para la comunidad de Charcos, El Mezquital, en Durango, han reportado que la reconstrucción histórica de los regímenes del fuego ha sido ininterrumpida del año 1779 a 2012, pero a partir de 1976 mencionan un cambio en la frecuencia (Molina *et al.*, 2017). Para la parte alta de la cuenca del Río Nazas, Cerano *et al.* (2019) reportan una alteración a la frecuencia natural de incendios a partir de la mitad del siglo XX.

Aunque actualmente se tiene un número considerable de estudios enfocados al conocimiento de los regímenes de incendios forestales y su alteración, ampliar este tipo de investigaciones en un mayor número de especies es relevante. *P. lumholtzii* es una especie endémica de la Sierra Madre Occidental, con una distribución que va desde Sonora hasta Jalisco, y en serranías aisladas de Guanajuato (García-Arévalo y González-Elizondo 2003), documentar su potencial para estudiar la historia del fuego, representa una alternativa para desarrollar una red de estudios que permita conocer el papel del fuego en estos ecosistemas.

una altitud de 2500 msnm, entre los paralelos 24°18'59.4" latitud Norte y 105°34'50.5" de longitud Oeste (Figura 1).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El área de estudio se localiza en la localidad Río de Miravalles, San Dimas, Durango, dentro de la Sierra Madre Occidental, a



Figura 1. Distribución espacial de los puntos de muestreo en la localidad Río de Miravalles, San Dimas, Durango.

**Diseño de muestreo.** Con base en un muestreo selectivo, se identificaron árboles muertos en pie, árboles vivos, tocones y árboles tirados con cicatrices de incendios (Figura 2a, b, c y d) (Arno y Sneek 1977). Se buscaron muestras que presentaran el mayor número de registros de incendios, procurando que estuvieran lo mejor preservadas y lo más longevas posible (Arno y Sneek 1977).

**Colecta de muestras.** Con el apoyo de una motosierra, se colectaron 37 muestras con cicatrices de incendios, se extrajeron siete secciones parciales de árboles vivos y 30 secciones parciales y transversales que fueron derivadas de árboles muertos en pie, tirados y tocones.



**Figura 2.** Esquema que muestra la extracción de muestras de diferentes individuos de *P. lumholtzii*, a) árbol vivo, b) árbol muerto en pie, c) tocón, y d) árbol tirado. e) indica la forma como se etiqueta la muestra en campo, se asigna la fecha de colecta y clave de identificación, f) muestra una sección deteriorada y como se etiqueta la posición de cada una de las partes de la muestra y g) como se envuelven la muestra en plástico para su protección durante el traslado al laboratorio.

El muestreo se enfocó en su mayoría a la colecta de secciones de árboles muertos para causar el menor daño posible al arbolado vivo (Baisan y Swetman 1990). Dado el grado de deterioro de algunas muestras se seccionan al momento del corte, en este caso, se procedió a señalar con marcador dichas partes para su posterior ensamble, se envolvieron en plástico para protegerlas durante el traslado al laboratorio y fueron resguardadas en cajas de plástico (Figura 2f y g).

**Etapa de laboratorio.** Cada muestra fue cortada a un grosor uniforme entre 3 a 5 cm, se pulieron con lijas de grano grueso (30) a grano fino (1200), esto permitió resaltar los crecimientos y apreciar con exactitud las cicatrices del incendio. El fechado de las muestras se realizó con base

en técnicas dendrocronológicas estándar (Stokes y Smiley 1996).

Las muestras obtenidas de árboles muertos se fecharon con base en la técnica del Skeleton Plot (Stokes y Smiley 1996). Adicionalmente, los gráficos de crecimiento se compararon con un gráfico maestro de *P. lumholtzii* generado para la región del Río de Miravalles (Chávez *et al.*, 2018).

**Historia de incendios.** La historia de incendios forestales se reconstruyó a partir de las cicatrices de incendios identificadas en los anillos de crecimiento. La base de datos de incendios fue analizada en el software FHX2 versión 3.2 (Grissino-Mayer, 2001), facilitando analizar de manera gráfica la variabilidad de los incendios a través del tiempo.

## RESULTADOS

### Fechado de muestras

*P. lumholtzii* crece en sitios con afloramiento rocoso o suelos muy someros, con baja capacidad de almacenamiento de agua, su crecimiento se ve limitado por la baja disponibilidad hídrica y nutrimental, lo que provoca lento crecimiento. Estas características hacen que los crecimientos de esta especie

presenten cierto grado de complejidad para su fechado. A pesar de sus características de crecimiento, se logró fechar el 97% de las muestras, las cuales presentaron 263 registros de incendios (cicatrices, Figura 3).

El 3% de las muestras no se logró fechar por registrar períodos de crecimientos muy suprimidos y porciones deterioradas por pudrición.



**Figura 3.** a) Individuo de *P. lumholtzii* creciendo en suelos rocosos y pobres, b) árbol con evidencia de cicatrices de incendio, señal que el fuego ha sido un componente ecológico de estos ecosistemas y c) una muestra con excelentes registro de incendios (13 cicatrices), que revela la historia del fuego en estos bosques.

**Reconstrucción de la frecuencia de incendios.** Se logró reconstruir la historia de incendios para los últimos 364 años, que comprende el período de 1653 a 2016, el primer incendio se registró en el año 1738 y el más reciente en el año 1986 (Figura 4).

El área de estudio presentó una baja frecuencia de incendios durante el periodo de 1738 a 1799 y una alta frecuencia a partir del siglo XIX y hasta mediados del siglo XX (1800-1962).

Posterior a 1962 y hasta el año 1986, se observa una baja frecuencia de incendios y posterior al año 1986, se ha reconstruido un período de exclusión del fuego, 30 años sin incidencia de incendios (Figura 4). En general, en los bosques de la localidad del Río de Miravalles, se reconstruyeron seis incendios de alta severidad (1851, 1888, 1901, 1912, 1925 y 1951) eventos registrados como mínimo en el 25% de las muestras (Figura 4).

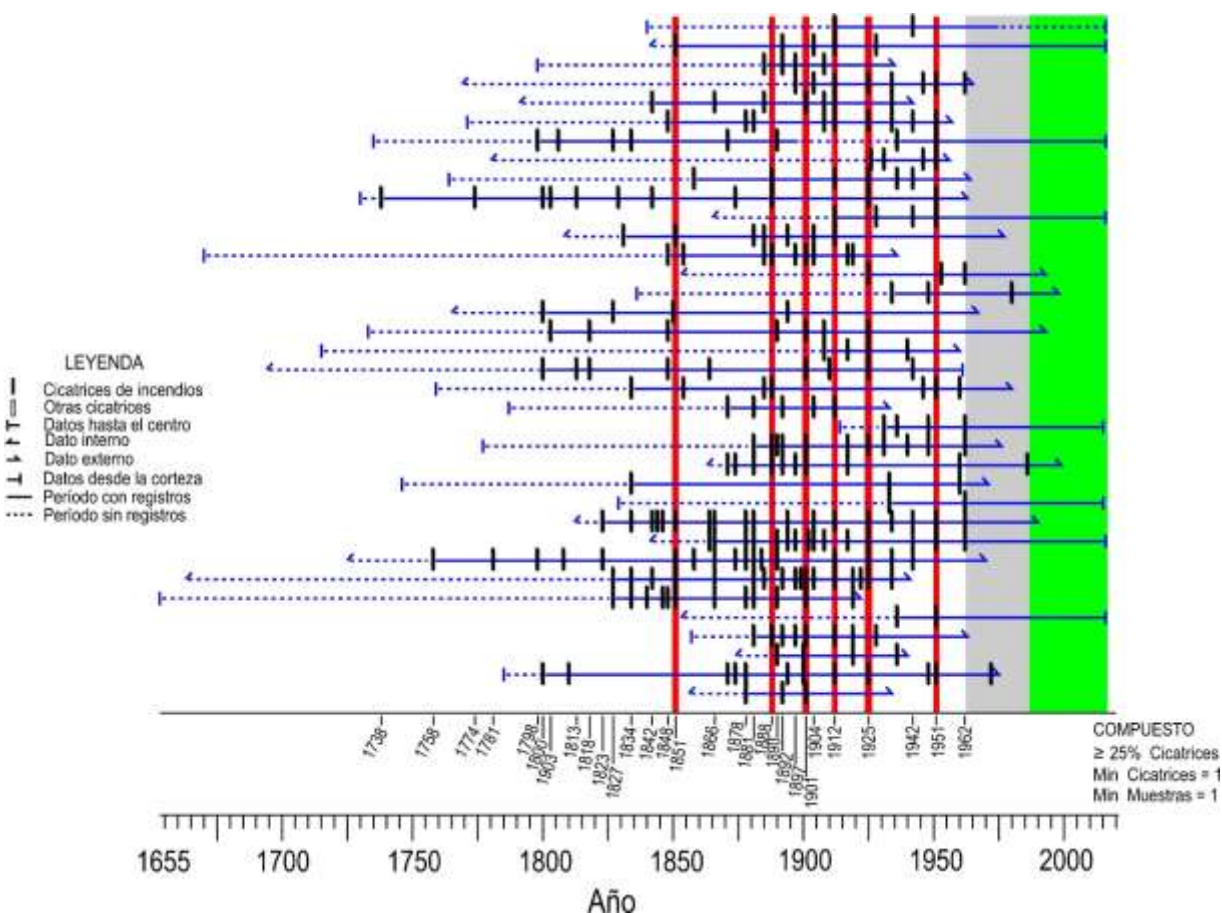


**Figura 3.** Frecuencia histórica de incendios (1653-2016) en un bosque de *P. lumholtzii* en la localidad Río de Miravalles, San Dimas, Durango. El eje secundario de las X muestra los años en los cuales se registraron cada uno de los incendios, las líneas horizontales en color azul representan la longitud de cada uno de los árboles, las barras verticales de color negro representan las cicatrices de los incendios. Las barras de color rojo señalan los incendios de mayor extensión. De 1962 a 1986 se presenta una baja frecuencia de incendios (barra de color gris) y posterior a 1986 se ha determinado una supresión del fuego (barra de color verde).

## DISCUSIÓN

Los cambios reconstruidos en la frecuencia de incendios en las últimas décadas en los bosques de *P. lumholtzii* en esta región del estado de Durango, amplían la red de estudios en el norte de México. Para esta región del país, se han desarrollado estudios sobre la reconstrucción de la historia del fuego en los estados de Chihuahua y Durango, reportando resultados que sincronizan con lo reconstruido en el presente estudio, una alta frecuencia de incendios durante el siglo XIX y hasta mediados del siglo XX (Fulé y Covington 1997, 1999, Fulé *et al.*, 2005, Cerano *et al.*, 2010, Molina *et al.*, 2017, Cerano *et al.*, 2019).

La frecuencia de los incendios ha disminuido a partir de la década de 1960 (Figura 4). Esta misma respuesta se ha observado en estudios desarrollados en el norte del país (Fulé y Covington 1997, 1999, Fulé *et al.*, 2005, Yocom *et al.*, 2014, Molina *et al.*, 2017, Cerano *et al.*, 2019). Lo anterior, atribuido a la influencia antropogénica, los campesinos han modificado el bosque, debido a que se intensificó el pastoreo, construcción de caminos y carreteras que han interrumpido la continuidad de los combustibles (Fulé y Covington 1997, 1999, Heyerdahl y Alvarado 2003, Fulé *et al.*, 2005, Rodríguez 2014, Cerano *et al.*, 2019).

Los cambios en la frecuencia de incendios en el norte del país pueden relacionarse con los cambios en la legislación durante el siglo XX, en el año de 1926 se crea la primera Ley Forestal de México (Martínez y Pérez 2018). Posteriormente, el reparto de las tierras derivado de la reforma agraria pudo influir en la condición de los bosques, sobre todo a principios de 1940 y hasta mediados de la década de 1980, cuando las concesiones a empresas extranjeras y paraestatales explotaron de manera excesiva las áreas forestales (Martínez y Pérez 2018).

Para el año de 1857 los bosques templados y tropicales estaban poblados por grupos étnicos, que los utilizaban como refugio por la inclemencia de la colonización (Hernández

1903). Los incendios reconstruidos en los años de 1901, 1912, 1925 y 1951, sincronizan con fuertes sequías registradas en la mayor parte del país (Florescano 1980, Florescano y Swam 1995, Cerano *et al.*, 2011). Resultados similares sobre condiciones de sequía para estos mismo años son reportados en reconstrucciones de la variabilidad de precipitación para el estado de Durango (Cerano *et al.*, 2012, Chávez *et al.*, 2018).

En los bosques de *P. lumholtzii* en el Río de Miravalles, se encontró una alta frecuencia de incendios en los pasados 300 años (Figura 4). Así mismo, un cambio abrupto (exclusión del fuego) posterior a 1986. El intervalo de tiempo actual sin registros de incendios es de 32 años, lo cual implica riesgos de incendios severos. La amplitud en los intervalos de la frecuencia de incendios propicia un incremento en la acumulación de combustibles (hojas, pastos, arbustos y ramas), tanto en cantidad como en continuidad (Fulé *et al.*, 2005, Skinner *et al.*, 2008), lo que puede favorecer la presencia de incendios más severos, principalmente cuando se registren condiciones de sequía.

Ante tales circunstancias y considerando que el estado de Durango, es uno de los estados con mayor registro de incendios, un total de 4,372 incendios en los últimos 20 años, como consecuencia del aprovechamiento forestal clandestino y de las actividades de agricultura, silvicultura y ganadería que desempeñan los campesinos (Madrid y Barrera 2008, Soto 2009). El escenario de los bosques de la localidad del Río de Miravalles para los próximos años, es altamente vulnerable a la presencia de incendios de gran magnitud.

Por lo tanto, los resultados generados en la presente investigación brindan una perspectiva de los regímenes históricos y su cambio en las últimas décadas, información relevante para los manejadores forestales de estos bosques, el personal técnico debe considerar estos resultados para implementar mejores medidas de protección y manejo del fuego, con el objetivo de garantizar la conservación de los bosques de

*P. lumholtzii* y los servicios ambientales que brindan a la sociedad.

## CONCLUSIONES

El bosque de *P. lumholtzii* en Río de Miravalles, San Dimas, Durango, ha registrado una frecuencia ininterrumpida de incendios durante el período de 1738 a 1962. Posterior a 1962 y hasta 1986, se determinó una disminución importante en su frecuencia, y a partir de 1986 al presente, se reconstruyó un período de exclusión del fuego, 30 años sin presencia de incendios. La amplitud en la frecuencia de incendios representa un mayor riesgo de incendios severos ante una mayor acumulación de combustibles. Es importante que los manejadores del bosque consideren estos resultados, recuperar la frecuencia histórica que perduró durante los últimos dos siglos y medio en este ecosistema, es de gran importancia para el buen desarrollo y conservación de estos bosques.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue posible gracias al fondo CONAFOR-CONACYT, con número de registro CONAFOR-2014, C01-234547.

## LITERATURA CITADA

- Arno S.F., Sneek, K.M. 1977. A method for determining fire history in coniferous forests of the Mountain West. USDA Forest Service General Technical Report INT-42. 27 p.
- Baisan C.H., Swetnam T. W. 1990. Fire history on a desert mountain range: Rincon Mountain Wilderness, Arizona, USA. *Canadian Journal of Forest Research* 20 (10): 1559-1569. doi.org/10.1139/x90-208
- Cerano P.J., Villanueva D.J., Fulé P.Z. 2010. Reconstrucción de incendios y su relación con el clima para la reserva Cerro el Mohinora, Chihuahua. *Revista*

*Mexicana de Ciencias Forestales*, 1(1), 63-74.

- Cerano P.J., Villanueva D.J., Valdez C.R.D., Arreola A.J.G. Constante G.V. 2011. El Niño Oscilación del Sur y sus efectos en la precipitación en la parte alta de la cuenca del río Nazas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17 (Ed. Especial), 207-215.
- Cerano P.J., Villanueva D.J., Valdez C.R.D., Constante G.V., González B.J.L., Estrada A.J. 2012. Precipitación reconstruida para la parte alta de la cuenca del río Nazas, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(10), 7-23.
- Cerano P.J., Villanueva D.J., Vázquez S.L., Cervantes M.R., Magaña R.V.O., Constante G.V., Valdez C.R.D. 2019. Climatic influence on fire regime (1700 to 2008 ) in the Nazas watershe, Durango, Mexico. *Fire Ecology*. (2019) 15: 9. doi.org/10.1186/s42408-018-0020
- Chávez G.M.P., Cerano P.J., Nájera L.J.A. 2018. Reconstrucción de la precipitación invierno-primavera con base en anillos de crecimiento de árboles para la región de San Dimas , Durango , México. *Bosque* 38(2): 387-399. doi.org/10.4067/S0717-92002017000200016
- Florescano M.E. 1980. Análisis histórico de las sequías en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 158 p.
- Florescano M.E., Swam S. 1995. Breve historia de la sequía en México. Xalapa, México. Universidad Veracruzana. 246 p.
- Fulé P.Z., Covington W.W. 1997. Fire regimes and forest structure in the Sierra Madre Occidental, Durango, Mexico. *Acta Botanica Mexicana* (41): 43– 79.
- Fulé P.Z., Covington W.W. 1999. Fire regime changes in La Michilía Biosphere



- Reserve, Durango, Mexico. *Conservation Biology* 13 (3): 640–652. doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97512.x
- Fulé P.Z., Villanueva D.J., Ramos G.M. 2005. Fire regime in a conservation reserve, Chihuahua, Mexico. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 320–330. doi.org/10.1139/x04-173.
- García A.A., González E.M.S. 2003. Pináceas de Durango. 2a. ed. Instituto de Ecología, A. C. México.
- Grissino-Mayer H.D. 2001. FHX2-software for analyzing temporal and spatial patterns in fire regimes from tree rings. *Tree-Ring Res.* 57: 115–124.
- Hernández C. 1903. Durango gráfico Obra completa que da a conocer detalladamente la historia del estado de Durango, su geografía, su hidrografía, su minería, la estadística de su población en las distintas épocas de su desarrollo y sus poderosos elementos de riqueza en todas sus manifestaciones, Durango, Dgo., Talleres de J. S. Rocha.
- Heyerdahl E.K., Alvarado E. 2003. Influence of climate and land use on historical surface fires in pine-oak forests, Sierra Madre Occidental, Mexico. In *Fire and climatic change in temperate ecosystems of the western Americas*, Rodríguez T.D.A., Fulé P.Z. 2003. Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. *International Journal of Wildland Fire* 12(1): 23-37. doi.org/10.1071/WF02040.
- forests of northwestern Mexico. *Journal of Biogeography* 35: 1436–1451.
- Stokes M.A., Smiley T.L. 1996. An Introduction to tree-ring dating. Tucson, USA. University of Arizona Press. 73 p.
- Yocom L.L., Fulé P.Z., Falk D.A., García D.C., Cornejo O.E., Brown P.M., Villanueva D.J., Cerano P.J., Cortes M.C. 2014. Fine-scale factors influence fire ed.T.T. Veblen,W.L.Baker,G. Montenegro, and T.W. Swetnam. New York: Springer-Verlag.196–217
- Madrid L., Barrera J.M. 2008. *El aprovechamiento forestal en Durango*. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C. p.8
- Martínez T.H.L., Pérez S.D.R. 2018. El papel del campesinado ante la regulación de los incendios forestales en México: Consecuencias inesperadas. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 16(31), 51-89. doi.org/10.15359/prne.16-31.5
- Molina P.I.M., Cerano P.J., Rosales M.S., Villanueva D.J., Cervantes M.R., Esquivel A.G., Cornejo O.E. 2017. Historical fire frequency (1779-2013) in pine-oak forests in the community of Charcos, Mezquital, Durango. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 23 (1): 91–104. doi.org/10.5154/r.rchscfa.2016.03.017.
- Rodríguez T.D. 2014. *Ecología del fuego. Su Ecología, Manejo e Historia*. Ed. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo, Semarnat, Programa de Prevención y Combate de Incendios Forestales, Conafor, Conanp, Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, ANCF, AMPF. México. 891 p.
- Soto R.J. 2009. Estudio Regional Forestal. UMAFOR No. 1006. San Dimas, Durango.
- Skinner N.C., Burk M.G., Barbour E., Franco V., Stephens S.L. 2008. Influences of climate on fire regimes in montane regimes in mixed-conifer forests on three high mountains in Mexico. *International Journal of Wildland Fire* 23 (7): 959–968. doi.org/10.1071/WF13214.