

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Reconstrucción de Regímenes de Incendios en un Bosque de *Pinus lumholtzii* B.L.

Robins y Ferns en el Río de Miravalles, San Dimas, Durango.

Por:

**JOSÉ LUIS GONZÁLEZ CASTAÑEDA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Reconstrucción de Regímenes de Incendios en un Bosque de *Pinus lumholtzii* B.L.  
Robins y Ferns en el Río de Miravalles, San Dimas, Durango.

Por:

**JOSÉ LUIS GONZÁLEZ CASTAÑEDA**

TESIS

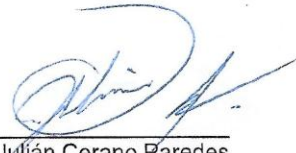
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo  
Asesor Principal Interno



Dr. Julián Cerano Paredes  
Asesor Principal Externo



Dr. Juan Abel Nájera Luna  
Coasesor



M.C. Salvador Valencia Manzo  
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2019



## DEDICATORIA

A mi madre  
Josefina Castañeda Monroy

Vivo orgulloso de haber tenido una madre ejemplar, para la que nunca hubo obstáculos, cuando se trataba del bienestar o de la felicidad de sus hijos. Gracias mamá por ser la madre más valiente y dedicada del mundo. Gracias por hacerme crecer, por defenderme, por darme tu apoyo siempre y tu amor infinito.

A mis hermanos  
Elizabeth González Castañeda  
Cristian Yael Castañeda Monroy

Por su apoyo incondicional que me han brindado durante el transcurso de mi vida, sobre todo, que puedo contar con ustedes en las buenas y las malas.

A mi abuelo  
Pedro Castañeda

Por compartirme tus consejos que me han servido para saber cómo luchar ante las diversas adversidades de la vida.

A mi primo  
Arnulfo Castañeda Godínez (†)

De manera muy especial y a pesar de la distancia física, te dedico este trabajo con mucho cariño, fuiste una de las personas que me impulso para lograr este triunfo.

A todos mis familiares  
Gracias por todo, no me alcanzan las palabras para expresar el orgullo y lo bien que me siento por tener una familia tan asombrosa.

## AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por ser la casa que me formo como profesional.

A mis asesores de tesis Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo y Dr. Julián Cerano Paredes, por ser las personas quienes me orientaron y apoyaron durante la realización de esta investigación, les agradezco por brindarme sus consejos y el tiempo dedicado para lograr este trabajo.

De la misma manera a mis coasesores de tesis M.C. Salvador Valecia Manzo y Dr. Juan Abel Nájera Luna, por sus valiosas contribuciones a este trabajo, y mostrar su mejor disposición.

A la M.C. Rosalinda Cervantes Martínez por su apoyo en el trabajo de laboratorio, sus enseñanzas y su amistad.

Al M.C. Gerardo Esquivel Arriaga por su participación en el trabajo de campo y su amistad.

A Edgar Guzmán Arreola por el apoyo durante el fechado de las muestras de esta investigación, por las veces que he necesitado ayuda y siempre me ha dado la mano, gracias amigo.

A Otoniel Cortes Cortes por todo el apoyo brindado en la estancia del INIFAP CENID-RASPA, gracias amigo.

A Evelia Calderón Cortes por su apoyo que me brindo y acompañarme en mi formación profesional.

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

## NDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iii
RESUMEN .....	iv
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos e hipótesis .....	4
2 MATERIALES Y MÉTODOS .....	5
2.1 Localización .....	5
2.2 Hidrografía .....	6
2.3 Geología.....	6
2.4 Edafología.....	6
2.5 Clima .....	7
2.6 Vegetación .....	7
2.7 Diseño de muestreo .....	7
2.8 Colecta de muestras .....	8
2.9 Etapa de laboratorio.....	9
2.10 Categorización de la estacionalidad de los incendios .....	11
2.11 Intervalos de frecuencia históricos de los incendios .....	11
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
3.1 Reconstrucción del régimen de incendios forestales .....	13
3.2 Estacionalidad de los incendios .....	17
3.3 Intervalos de frecuencia .....	19
4 CONCLUSIONES.....	23
5 RECOMENDACIONES .....	24
6 REFERENCIAS .....	25

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de la estación de ocurrencia de los incendios registrados en <i>Pinus lumholtzii</i> B.L. Robins y Ferns en la localidad del Río de Miravalles, San Dimas, Durango. ....	18
Tabla 2. Distribución de los intervalos medios de frecuencia en el bosque de <i>Pinus lumholtzii</i> B.L. Robins y Ferns en la localidad de Río de Miravalles, San Dimas, Durango. ....	19

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Distribución geográfica de los puntos de muestreo en la localidad Río de Miravalles, San Dimas, Durango. .... 5
- Figura 2. Esquema que muestra la extracción de muestras de diferentes individuos de *Pinus Lumholtzii* B.L. Robins y Ferns, árbol vivo (a), árbol muerto en pie (b), tocón (c), y árbol tirado (d), así mismo, se indica la forma como se etiqueta la muestra en campo, se asigna la fecha de colecta y clave de identificación (e), en una sección deteriorada se señala la posición de cada una de las partes de la muestra (f) y finalmente se envuelve la muestra con plástico para su protección durante el traslado al laboratorio (g)..... 8
- Figura 3. Ejemplo del proceso de conteo y fechado. Conteo de anillos de crecimiento en una muestra longeva (superior izquierda), generación de gráfico de crecimiento con ayuda del estereoscopio (superior derecha), determinación de micro-anillos y anillos perdidos (inferior izquierda) y comparación de gráficos de crecimiento con el gráfico maestro de *Pinus lumholtzii* B.L. Robins y Ferns en la localidad de Río de Miravalles, San Dimas, Durango (inferior derecha), para definir el año exacto de cada crecimiento. .... 10
- Figura 4. Frecuencia histórica de incendios (1653-2016) en *Pinus lumholtzii* B.L. Robins y Ferns en la localidad Río de Miravalles, San Dimas, Durango, considerando todas las cicatrices. 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. La barra de color azul señala el incendio más longevo y de color amarillo indica el incendio más reciente. .... 14
- Figura 5. Frecuencia histórica de incendios que muestra los eventos más extensos (25% o más de las cicatrices registradas en todas las muestras) en *Pinus lumholtzii* B.L. Robins y Ferns en la localidad de Río Miravalles, San Dimas, Durango. Los colores rojos señalan los incendios de mayor magnitud. De 1962 a 1986 se presenta una baja frecuencia de incendios (color gris) y posterior a 1986 (barra de color amarillo) se ha determinado una supresión del fuego. .... 16

## RESUMEN

*Pinus lumholtzii* B.L. 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, al igual que muchas otras especies ha formado adaptaciones al fuego. Los objetivos de este trabajo fueron reconstruir la frecuencia de incendios forestales, determinar la estacionalidad histórica de la ocurrencia de incendios y determinar los intervalos de frecuencia de incendios en el Río de Miravalles, San Dimas, Durango. Con base en un muestreo selectivo, se colectaron 37 muestras con cicatrices de incendios, se extrajeron 7 secciones parciales de árboles vivos y 30 secciones de árboles muertos en pie, tirados y tocones. Las muestras se analizaron y fecharon con base en técnicas dendrocronológicas estándar. Se logró reconstruir la historia de incendios para los últimos 364 años, que comprende el período de 1653 a 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. Se encontró que la frecuencia media de incendios para todas las cicatrices y al 25% oscila entre 3 y 7 años. El 98% de los incendios se registraron en primavera y el 2.0% en verano. De acuerdo al periodo de exclusión del fuego en los últimos treinta años en estos bosques, se prevé un escenario crítico debido a la ocurrencia de un incendio de gran magnitud.

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



## 1 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 llamado “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 (Agee, 1998; Rodríguez, 2014).

Flores y Rodríguez (2006) mencionan que las comunidades y sus recursos naturales requieren del fuego y de los efectos que se derivan de los incendios. Actualmente el fuego es conocido como parte importante en la ecología, pero, en muchas regiones donde habitan los pinos, han sido alterados los regímenes de incendios naturales por el ser humano, de tal modo que los incendios subsecuentes han sido más severos, posiblemente, a causa de la supresión del fuego (Rodríguez, 2014).

Para conocer los regímenes históricos de incendios se ha utilizado la técnica de la Dendropirocronología, dentro de los estudios sobre regímenes de incendios las especies de coníferas que han sido mayormente muestreadas 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).

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; Rodríguez, 2014). Además, se han realizado diversos estudios con el objetivo de conocer los cambios de los regímenes de incendios en el país y su respuesta.

La mayor parte de los estudios sobre la historia de fuego 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, mientras que posterior a la década de 1950 se presentó una exclusión de incendios, de igual manera reportan, que al considerar todas las cicatrices los incendios de baja intensidad se presentaron cada cuatro a cinco años, mientras que los incendios más severos se presentaron cada seis a nueve años.

En otro estudio de reconstrucción de regímenes de incendios forestales en la Reserva de la Biosfera de La Michilía, Durango, encontraron baja frecuencia en años antes de 1930, y debido a un incremento en el pastoreo, después de la década de 1945 se excluyó el fuego (Fulé y Covington, 1999). Por su parte, Fulé y Ramos (2005) en la Reserva de Tutuaca, Chihuahua, realizaron la reconstrucción de incendios para los periodos de 1702 a 1995, encontraron una exclusión casi en su totalidad después de 1955, posteriormente sólo se reporta presencia de incendios ocurridos en los años de 1987 y 1995, los intervalos medios de frecuencia que determinaron fue de 3.9 a 5.2 años para todas las cicatrices. Otro caso, en la Reserva del Cerro El Mohinora, al suroeste del estado de Chihuahua, donde reconstruyeron 300 años de frecuencia de incendios, encontraron una variación en los intervalos medios de frecuencia de 5.1 a 8.8 años en todas las cicatrices, mientras que al considerar los incendios más severos

el intervalo medio de frecuencia osciló entre 5.1 a 12.4 años, los intervalos mínimos fueron de un año y los máximos de 36 años (Cerano *et al.*, 2010).

Estudios recientes, para la comunidad de Charcos, El Mezquital, en Durango, encontraron que la reconstrucción histórica de los regímenes del fuego fue ininterrumpida del año 1779 a 2012, pero a partir de 1976 mencionan un cambio en la frecuencia, con intervalos medios de tres años en todos los incendios y seis años en incendios severos, la mayor cantidad de incendios se presentaron en primavera (Molina *et al.*, 2017). De la misma forma para el estado de Durango, pero en la cuenca del Río Nazas, Cerano *et al.* (2019) encontraron una modificación de frecuencia natural de incendios a partir de la mitad del siglo XX, el intervalo medio de frecuencia y el intervalo medio de probabilidad de Weibull (WMPI, por sus siglas en inglés) los reportan iguales de tres y seis años considerando todos los incendios y aquellos de mayor severidad.

En Veracruz y Puebla, en bosques de *P. hartwegii* Yocom y Fulé, (2012) y Cerano *et al.* (2016) reportan una frecuencia continua no mayor a diez años y un cambio a partir de principios del siglo XXI. Por el contrario, en Manatlán, Jalisco, los incendios han sido constantes y no se observó interrupción de incendios (Cerano *et al.*, 2015).

Aunque actualmente, se tiene un número considerable de estudios enfocados al conocimiento de los regímenes de incendios forestales y su alteración, atribuidos a causa de actividades antropogénicas, se considera que ampliar este tipo de investigaciones son relevantes para el conocimiento de la historia del fuego.

El presente estudio se enfocó en un bosque *Pinus lumholtzii* B.L. Robins y Ferns, que es una especie endémica de la Sierra Madre Occidental y se desarrolla en suelos pobres. González *et al.* (2017) y Chávez *et al.* (2018) reportan que la especie tiene un potencial dendrocronológico significativo, además, las adaptaciones al fuego que presenta dicha especie son: corteza gruesa (adulto) y poda natural (Rodríguez y Fulé, 2003; Rodríguez, 2014).

### 1.1 Objetivos e hipótesis

- Reconstruir la frecuencia de incendios en un bosque de *Pinus lumholtzii* B.L. Robins y Ferns en el Río de Miravalles, San Dimas, Durango.
- Determinar la estacionalidad histórica de la ocurrencia de incendios en un bosque de *Pinus lumholtzii* en el Río de Miravalles, San Dimas, Durango.
- Determinar el intervalo de frecuencia de los incendios en un en un bosque de *Pinus lumholtzii* en el Río de Miravalles, San Dimas, Durango.

La hipótesis nula y alterna propuestas son:

Ho: Los regímenes de incendios no se han alterado en los últimos cincuenta años, como consecuencia de la influencia antropogénica en el bosque de *Pinus lumholtzii* en Río de Miravalles, San Dimas, Durango.

Ha: Los regímenes de incendios se han alterado en los últimos cincuenta años, como consecuencia de la influencia antropogénica en el bosque de *Pinus lumholtzii* en Río de Miravalles, San Dimas, Durango.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Localización

El área de estudio se localiza en la localidad Río de Miravalles, San Dimas, Dgo, dentro de la Sierra Madre Occidental, a una altitud de 2500 msnm, entre los paralelos 24°18'59.4" latitud Norte y 105°34'50.5" de longitud Oeste (Figura 1).

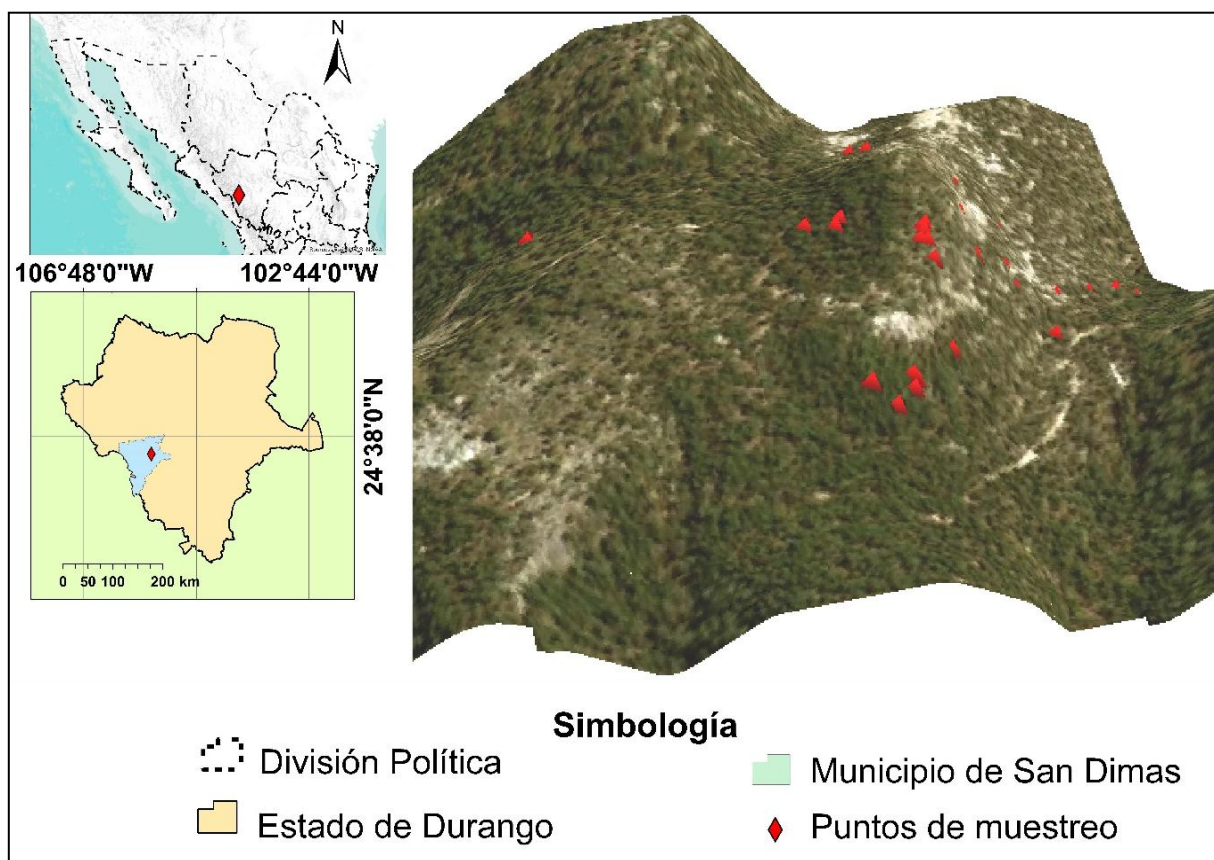


Figura 1. Distribución geográfica de los puntos de muestreo en la localidad Río de Miravalles, San Dimas, Durango.

## **2.2 Hidrografía**

El sitio de estudio se encuentra dentro de la Región Hidrológica 10 (RH-10), al noroeste del estado de Durango, y específicamente abarca la Cuenca Hidrográfica Río Piaxtla-Río Elota-Río Quelitea, a su vez forman parte las Subcuencas: Río de Piaxtla, Quebrada del Pilar y Río de los Remedios; las corrientes de agua que se localizan en condición permanente son: Ríos Piaxtla y Miravalles; por su parte, La Ciénega, El Carnicero, Los Muertos y La Esperanza son de condición intermitente (INEGI, 1989).

## **2.3 Geología**

Las rocas que se encuentran en el sitio son riolita-tobo ácida, andesita, se concentran dentro de la clase ígnea extrusiva, estos materiales tienen origen al periodo cenozoico (INEGI, 2005).

## **2.4 Edafología**

En el área de estudio se registran tres tipos de suelo: luvisol, regosol y cambisol. Las condiciones donde se presenta luvisol es en terrenos llanos o ligeramente inclinados, con marcadas estaciones de temporada húmeda y seca (IUSS, 2015). Regosol, es frágil y susceptible a la erosión, común en zonas áridas y terrenos montañosos, tiene baja capacidad de retención de humedad, Cambisol, hace presencia en gran parte de los climas, aunque con poca extensión, localizado en terrenos llanos a montañosos (IUSS, 2015).

## 2.5 Clima

Se presenta un clima templado-subhúmedo con lluvias en verano (Cw), con temperatura media anual de 18°C, la temperatura del mes más frío oscila entre -3 a 18°C, en contraste, la temperatura del mes más caliente se presenta entre 22 a 33°C, la precipitación media anual varía de 500 a 1500 mm, teniendo la precipitación del mes más seco menor a 40 mm (García, 1998).

## 2.6 Vegetación

Entre las abruptas pendientes, con altitudes elevadas, se sitúan mesetas y cañadas, donde predomina el bosque de coníferas con extracto arbóreo mediano (INEGI, 2010).

Los géneros *Pinus* y *Quercus*, representan más del 70 % de la vegetación, entre las especies más comunes se encuentran: *Pinus lumholtzii*, *Pinus cooperi* C.E. Blanco, *Pinus durangensis* Martínez y Fern., y *Pinus teocote* Schlecht. y Cham., en particular se encuentran manchones de *P. lumholtzii* en los suelos rocosos y someros (Rezedowski, 1978).

## 2.7 Diseño de muestreo

Se realizó un muestreo selectivo, para identificar árboles muertos en pie, árboles vivos, tocones y árboles tirados con cicatrices de incendios (Figura 2a, b, c y d) (Arno y Sneck, 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 Sneck, 1977).

## 2.8 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 2a, b, c y d).



Figura 2. Esquema que muestra la extracción de muestras de diferentes individuos de *Pinus Lumholtzii* B.L. Robins y Ferns, árbol vivo (a), árbol muerto en pie (b), tocón (c), y árbol tirado (d), así mismo, se indica la forma como se etiqueta la muestra en campo, se asigna la fecha de colecta y clave de identificación (e), en una sección deteriorada se señala la posición de cada una de las partes de la muestra (f) y finalmente se envuelve la muestra con plástico para su protección durante el traslado al laboratorio (g).



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). Al obtener la muestra se asignó una clave de identificación: (MIR) Miravalles, número, y fecha de colecta. En el formato de campo se registraron las coordenadas de georreferenciación utilizando un GPS Garmin, condición de la muestra, descripción del micro-sitio de donde se extrajo la muestra (árbol vivo, árbol muerto, árbol tirado o tocón) y características de la muestra.

Dado el grado de deterioro de algunas muestras se seccionan en dos o tres partes 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).

## **2.9** Etapa de laboratorio

En laboratorio, considerando el grado de deterioro de cada muestra, se procedió a prepararlas y restaurarlas. En muestras que se seccionaron y presentaron pocos daños, se aplicó pegamento líquido para madera. En muestras con severos daños y no siendo suficiente el pegamento para lograr que se pegaran, se montaron en pedazos de triplay uniendo las partes de cada muestra, sellando con pegamento, y añadiendo grapas para lograr un ensamble seguro.

Cada muestra fue cortada a un grosor uniforme entre 3 a 5 cm, el pulido se realizó con lijas de grado secuencial 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). Se utilizó un microscopio estereoscopico con lupa de aumento 10X como apoyo para contar cada anillo de crecimiento, colocando un punto a las décadas, dos puntos a los cincuenta años y tres puntos para períodos de cien años, sobre todo en aquellas muestras obtenidas de árboles vivos que presentan anillos claros, el fechado se hizo directamente en la muestra comparando anillos de crecimiento (Figura 3).



Figura 3. Ejemplo del proceso de conteo y fechado. Conteo de anillos de crecimiento en una muestra longeva (superior izquierda), generación de gráfico de crecimiento con ayuda del estereoscopio (superior derecha), determinación de micro-anillos y anillos perdidos (inferior izquierda) y comparación de gráficos de crecimiento con el gráfico maestro de *Pinus lumholtzii* B.L. Robins y Ferns en la localidad de Río de Miravalles, San Dimas, Durango (inferior derecha), para definir el año exacto de cada crecimiento.

Para el fechado de muestras longevas obtenidas de árboles muertos y anillos de crecimiento no claros (anillos falsos, perdidos y micro-anillos) se generó un gráfico de crecimiento de anillos (Skeleton Plot) para cada muestra y se realizó un fechado cruzado (Stokes y Smiley, 1996). Adicionalmente, los gráficos de crecimiento se compararon con el gráfico maestro de *Pinus lumholtzii* generado en la reconstrucción de precipitación para la región del Río de Miravalles (Chávez *et al.*, 2018).

### **2.10** Categorización de la estacionalidad de los incendios

Con base en la metodología propuesta por Baisan y Swetnam (1990) se determinó la posición de cada cicatriz dentro del anillo de crecimiento; usando las siguientes categorías: EE (inicio de la madera temprana), ME (mitad de la madera temprana), LM (final de la madera temprana), L (madera tardía) y D (dormancia o límite del anillo). Las diferentes categorías se agruparon en dos períodos 1) primavera (D + EE) y 2) verano (ME + LE + L) (Grissino-Mayer, 2001).

### **2.11** Intervalos de frecuencia históricos de los incendios

La reconstrucción de incendios forestales se pudo conocer a partir de las cicatrices de incendios identificadas en los anillos de crecimiento (Fulé y Ramos, 2005). La base de datos para la reconstrucción y análisis 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.

Los estadísticos generados por el programa fueron: intervalo medio de frecuencia de incendios (MFI, por sus siglas en inglés), intervalos máximos y mínimos entre incendios e intervalo medio de probabilidad de Weibull (WMPI, por sus siglas en inglés) (Grissino-Mayer, 2001).

Los análisis se realizaron con tres categorías diferentes: 1) todas las cicatrices; 2) 10 % o más de las cicatrices registradas en todas las muestras y 3) 25 % o más de las cicatrices registradas en todas las muestras (Fulé *et al.*, 2012).

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Reconstrucción del régimen de incendios forestales

De las 37 muestras colectadas se logró fechar un total de 36 (97%), las cuales presentaron 263 registros de incendios (cicatrices), una muestra no fue posible fechar por registrar períodos de crecimientos suprimidos (Figura 4). 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 (Figura 4). Sin embargo, se determinó una alta frecuencia de incendios a partir del siglo XIX y hasta mediados del siglo XX (1800-1962). Después de 1962 y hasta el año 1986, se observa una menor frecuencia de incendios, (Figura 4), finalmente, a partir del año 1987 a la fecha se ha reconstruido un período de exclusión del fuego, 30 años sin incidencia de incendios.

Al norte de la Sierra Madre Occidental en la cuenca del Río Nazas, Durango, una reconstrucción de la historia del fuego reportan resultados similares, baja frecuencia de incendios durante el siglo XVIII (Cerano *et al.*, 2019).

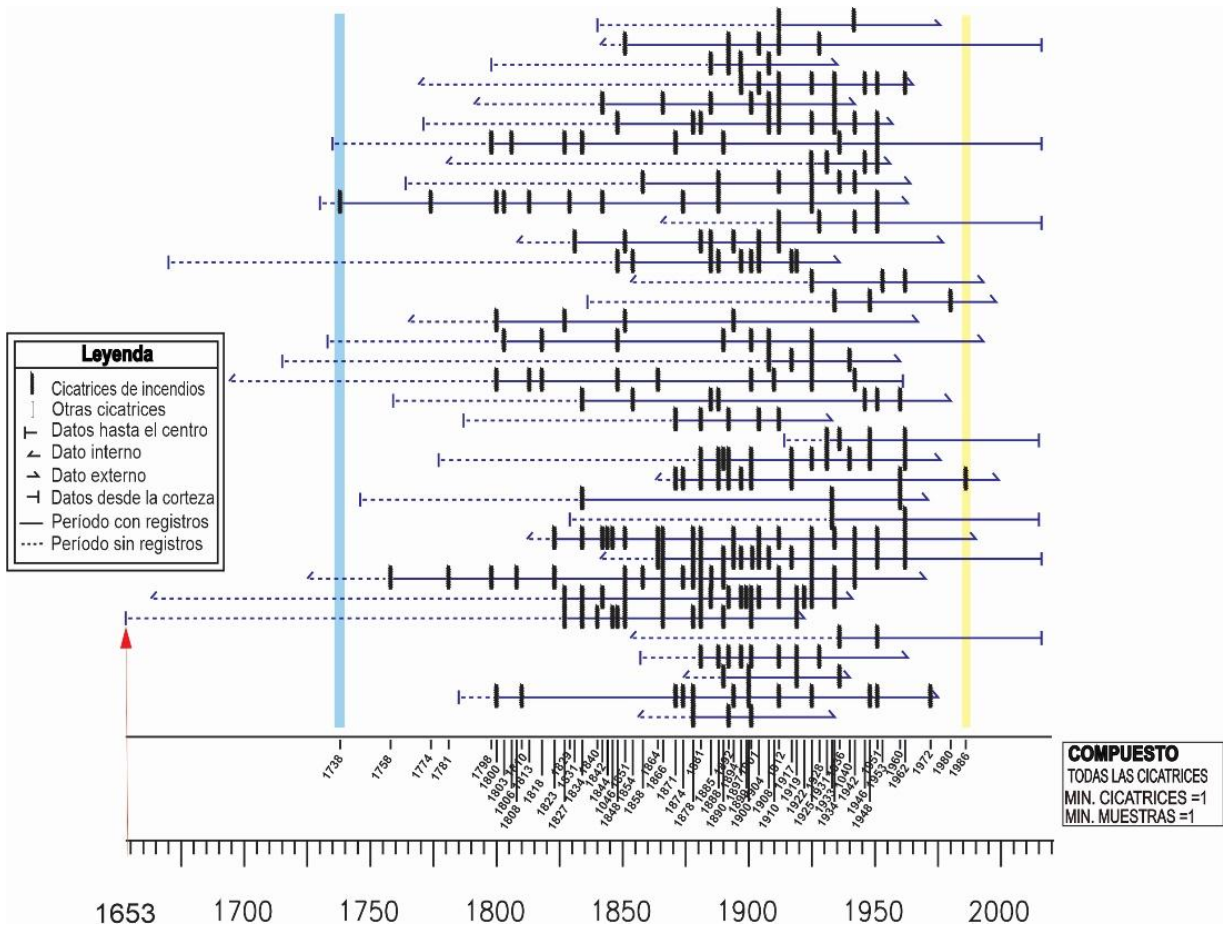


Figura 4. Frecuencia histórica de incendios (1653-2016) en *Pinus lumholtzii* B.L. Robins y Ferns en la localidad Río de Miravalles, San Dimas, Durango, considerando todas las cicatrices. El eje secundario de las X muestra los años en los cuales se registraron cada uno de los incendios, las líneas horizontales en color azul representan la longitud de cada uno de los árboles, las barras verticales de color negro representan las cicatrices de los incendios. La barra de color azul señala el incendio más longevo y de color amarillo indica el incendio más reciente.

Para el norte de México, 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, 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 5). 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 en la década de 1980 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; Rodríguez, 2014).

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).

En general, en la localidad del Río de Miravalles, se reconstruyeron seis incendios de mayor magnitud (1851, 1888, 1901, 1912, 1925 y 1951) eventos registrados en el 25% o más de las cicatrices (Figura 5).

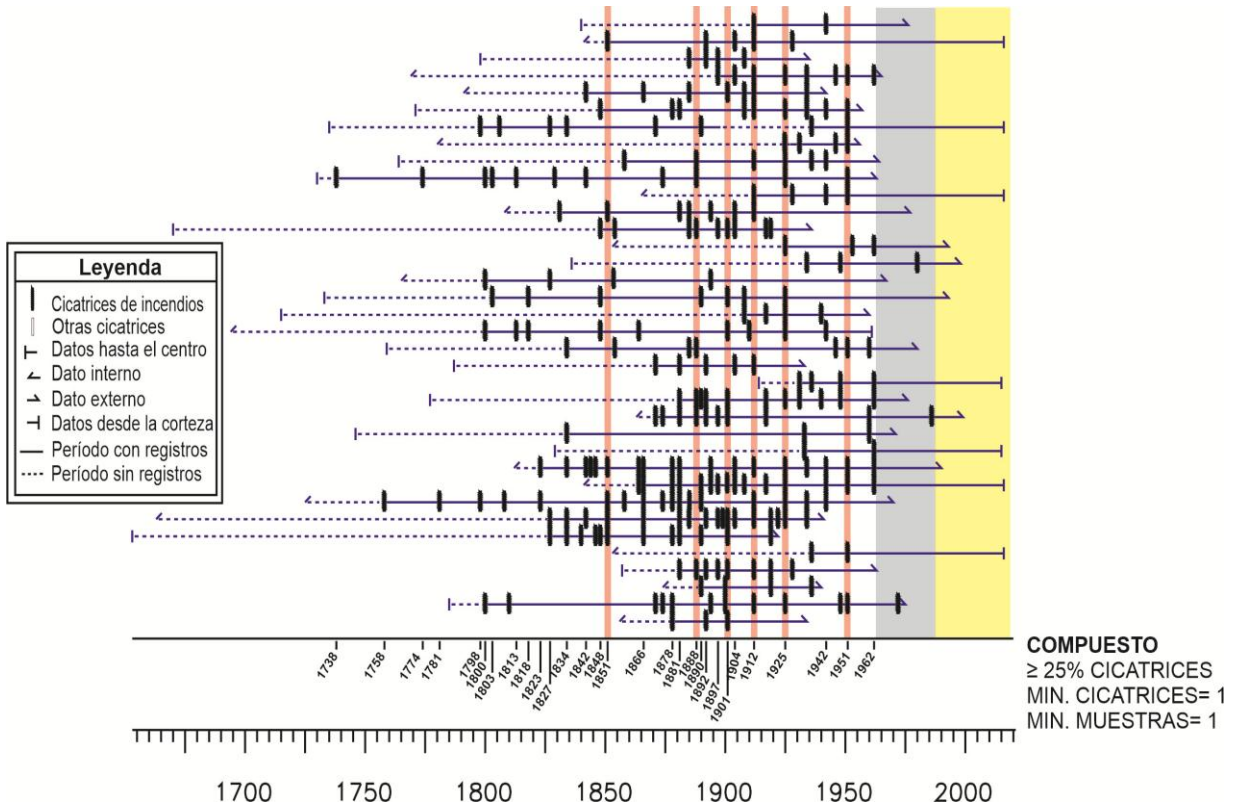


Figura 5. Frecuencia histórica de incendios que muestra los eventos más extensos (25% o más de las cicatrices registradas en todas las muestras) en *Pinus lumholtzii* B.L. Robins y Ferns en la localidad de Río Miravalles, San Dimas, Durango. Los colores rojos señalan los incendios de mayor magnitud. De 1962 a 1986 se presenta una baja frecuencia de incendios (color gris) y posterior a 1986 (barra de color amarillo) se ha determinado una supresión del fuego.



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 de 1901, 1912, 1925 y 1951 que se han reconstruido se sincronizan con fuertes sequías registradas en la mayor parte del país (Florescano, 1980; Cerano *et al.*, 2011). Resultados similares sobre condiciones de sequía en estos años son reportados en reconstrucciones de la variabilidad de precipitación para el estado de Durango (Cerano *et al.*, 2012; Chavéz *et al.*, 2018).

El último incendio considerado de gran magnitud ocurrió en 1951, el cual coincide con una década ampliamente documentada, fueron años con sequías fuertes para México (Florescano y Sam, 1995). Sin embargo, muchos cambios en la ocurrencia de los incendios forestales se atribuyen a los efectos de actividades antropogénicas (Heyerdahl y Alvarado 2003; Fulé y Ramos, 2005; Cerano *et al.*, 2010; Cerano *et al.*, 2019).

### **3.2 Estacionalidad de los incendios**

Se logró definir la ubicación de la cicatriz dentro del anillo anual de 139 cicatrices (52.7%); la mayoría de los incendios 136 (97.8%) fueron registrados a principios de la madera temprana (EE) y 3 (2.2%) en la mitad de la madera temprana (ME), ninguna cicatriz se caracterizó en dormancia (D), final de la madera temprana (LE) y madera tardía (L) (Tabla 1).

Tabla 1. Caracterización de la estación de ocurrencia de los incendios registrados en *Pinus lumholtzii* B.L. Robins y Ferns en la localidad del Río de Miravalles, San Dimas, Durango.

Cicatrices	Estación no determinada	Estación determinada	D	EE	ME	LE	L	Incendios de primavera <sup>A</sup>	Incendios de verano <sup>B</sup>
Número	125	139	0	136	3	0	0	136	3
Porcentaje	47.3	52.70%	0	97.8	2.2	0	0	97.8	2.2

<sup>A</sup>Primavera = Dormancia + inicio de la madera temprana (D+EE). <sup>B</sup>Verano = Mitad de la madera temprana + final de la madera temprana + madera tardía (ME+LE+L).

No fue posible ubicar 125 cicatrices (47.3%), ya que los anillos de crecimiento posterior al incendio presentaron una fuerte supresión. Finalmente, se determinó que, de los 139 incendios categorizados, 136 (97.8%) se registraron en primavera y 3 incendios (2.2%) en verano (Tabla1).

Un considerable número de estudios han reportado resultados similares, para la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, la mayor incidencia de incendios tuvo lugar en primavera (82%) y solo un 18% se registró en verano (Fulé y Covington, 1999). Al norte de la Sierra Madre Occidental en La Reserva Cerro El Mohinora Chihuahua, se determinó que el mayor número incendios se presentó en primavera (80.5%) y un bajo porcentaje en verano (19.6%) (Cerano *et al.*, 2010). Resultados similares se reportan en la comunidad de Charcos, Mezquital, Durango (Molina *et al.*, 2017) donde el 92.2% de los incendios se registraron en la estación de primavera y el 7.8% en verano. Un estudio reciente desarrollado en la parte alta de cuenca del Río Nazas, Durango (Cerano *et al.*, 2019) reporta que el 93.8% de los incendios se presentaron en la estación de primavera y un 6.2% en la estación de verano.

Así mismo, para el centro de México, se reporta esta misma respuesta en la incidencia de incendios, estudios en los bosques de alta montaña en los estados de Veracruz y Puebla se encontró que el 95.2 y 91.7% de los incendios ocurrieron en primavera, respectivamente (Yocom y Fulé 2012; Cerano *et al.*, 2016). En la Sierra de Manantlán, Jalisco, se reportó que el 98.3% de los incendios corresponde a primavera (Cerano *et al.*, 2015).

Este patrón en la respuesta del fuego se atribuye a que los incendios ocurren a finales del mes abril e inicio del mes de junio, que corresponde a la temporada seca del año y en verano, la frecuencia de incendios es menor, ya que suelen registrarse entre finales de junio y principios de septiembre cuando han iniciado las lluvias y hay mayor humedad (Swetnam *et al.*, 2001).

### 3.3 Intervalos de frecuencia

Aunque se registran incendios durante el siglo XVIII, el análisis estadístico comprende el periodo de 1800 a 2016. Se determinó un intervalo medio de frecuencia de incendios (MFI, por sus siglas en inglés) de 3 años para todas las cicatrices y un intervalo medio de probabilidad de Weibull (WMPI, por sus siglas en inglés) de 2.8 años (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución de los intervalos medios de frecuencia en el bosque de *Pinus lumholtzii* B.L. Robins y Ferns en la localidad de Río de Miravalles, San Dimas, Durango.

Periodo de análisis	Categoría de análisis	MFI	Min.	Max.	WMPI
1800-2016	Todas las cicatrices	3	1	10	2.79
	10% Cicatrices	3.68	2	9	3.57
	25% Cicatrices	7.04	2	17	6.5
1800-1962	Todas las cicatrices	2.75	1	7	2.63
	10% Cicatrices	3.68	2	9	3.57
	25% Cicatrices	7.04	2	17	6.5

Al considerar incendios de mediana severidad (10% o más de las cicatrices), se determinó un MFI de 3.7 años y un WMPI de 3.6; sin embargo, al considerar el filtro para los incendios más extensos (25% o más de las cicatrices) el MFI resultó de 7 años y un WMPI de 6.5 años (Tabla 2).

Por otro lado, al considerar todas las cicatrices, el intervalo más corto de un incendio fue de un año y el más largo de 10 años. Al aplicar el filtro de 10% o más de las cicatrices el intervalo mínimo entre incendios fue de 2 años y máximo 9 años. Los incendios de mayor extensión y severidad (25% o más de las cicatrices) se presentaron en un intervalo mínimo de 2 y máximo de 17 años. La historia de incendios indica una alta frecuencia de incendios durante el período de 1800 a 1962, para este período se determinó un MFI de 2.7 años y un WMPI de 2.6 años, mientras que el intervalo más corto entre incendios fue de 1 año y más largo de 7 años (Tabla 2).

Para la Reserva de La Michilía en el estado de Durango, se reporta parecido el MFI de 3.1 a 7 años, un WFPI de 2.3 a 7.5 años para todas las cicatrices, en incendios de mayor magnitud se presenta una variación con respecto al presente estudio, en los valores del MFI de 5.4 años a 14.7 y un WFPI de 10 a 5 años (Fulé y Covington 1999). Por el contrario, estudios que han reconstruido la historia del fuego en otros sitios indican resultados un tanto diferentes con intervalos medios de frecuencia más amplios con respecto al presente estudio, por ejemplo, en la reserva Cerro El Mohinora, Chihuahua, en la parte más alta se determinó un MFI de 5.1 años, mientras que en la parte baja fue de 8.8 años, el WMPI fue de 3.8 a 6.0 años, respectivamente, de igual forma, los MFI de 13.8 a 13.3 años al considerar los incendios de mayor severidad

(25% o más de las cicatrices) del Cerro El Mohinora (Cerano *et al.*, 2010) lo cual no coincide con los resultados de este estudio.

Cerano *et al.* (2015) reportan que para el sur de la Sierra Madre Occidental, específicamente en la Sierra de Manantlán, Jalisco en un bosque de *Pinus douglasiana*, un MFI de 5.5 años y un WMPI de 3.6 años valores similares en comparación a lo obtenido en el presente estudio, al considerar todos los incendios, sin embargo, hay una diferencia mayor al considerar los incendios de mayor severidad, ya que los MFI y WMPI que reportan fueron de 8.9 años y 6.9 años, respectivamente, para dicha Sierra de Manantlán.

Otro estudio reciente en la comunidad de Charcos, Mezquital, Durango, se reportan intervalos similares al presente estudio, esto es un MFI y un WMPI de 2 y 1.8 años para todas las cicatrices, respectivamente, mientras que al considerar el 25 % o más de las cicatrices el MFI fue de 7 años y el WMPI fue de 5.9 años (Molina *et al.*, 2017).

Los intervalos reconstruidos en este estudio son parecidos a los reportados por otros autores en trabajos desarrollados en la cuenca del Río Nazas, Cerano *et al.* (2019) reportan que el MFI fue de 3 años al considerar todas las cicatrices y WMPI fue de 2.7, mientras que en 25% o más de las cicatrices se presentó un MFI de 8.6 años y un WMPI de 7.2 años.

En los bosques de *P. lumholtzii* en el Río de Miravalles se encontró una alta frecuencia de incendios en los pasados 300 años (Figura 5). Así mismo, un cambio abrupto (exclusión del fuego) posterior a 1986. El intervalo de tiempo actual sin registros de incendios es de 32 años, período que rebasa por mucho el MFI máximo histórico

reconstruido (17 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 y Ramos, 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, contando con un total de 4,372 incendios en los últimos 20 años, como consecuencia del aprovechamiento forestal clandestino y 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 siniestros 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, personal técnico que debe considerar estos resultados para implementar mejores medidas de protección y manejo del fuego, con el objetivo de garantizar la conservación de los recursos forestales y los servicios ambientales que brindan a la sociedad.

#### 4 CONCLUSIONES

El bosque de *P. lumholtzii* de la comunidad de Río de Miravalles, San Dimas, Durango, registró una frecuencia ininterrumpida de incendios durante el período de 1738 a 1986; sin embargo, se registró baja frecuencia de incendios durante el periodo de 1738 a 1798, pero a partir del siglo XIX y hasta mediados del siglo XX la frecuencia fue alta. Posterior a 1962 se detecta el comienzo de una disminución en la frecuencia hasta el año 1986, a partir de 1987 a la fecha se ha reconstruido un periodo de 30 años de exclusión del fuego.

Se determinó que el 98% de la ocurrencia de incendios en el bosque de *P. lumholtzii* se presenta en primavera y sólo el 2.2% en verano.

Se reconstruyó una frecuencia media de incendios para todas las cicatrices y al 25% que oscila entre tres y siete años.

La presente reconstrucción indica un cambio en la frecuencia de incendios y una relación significativa con actividades antropogénicas, tales como: ganadería, silvicultura y agricultura, así como, los cambios en las políticas y leyes del país. Por lo anterior, se rechaza la hipótesis de investigación que se plantea, y se puede afirmar que los regímenes de incendios se han alterado en los últimos cincuenta años como consecuencia de la influencia antropogénica en el bosque de *Pinus lumholtzii* en el Río de Miravalles, San Dimas, Durango.

## 5 RECOMENDACIONES

Para los bosques de *P. lumholtzii* en el Río de Miravalles, San Dimas, Durango, se recomienda: Observar y registrar los cambios de la frecuencia de incendios, para tener una planificación adecuada y reintegrar el uso del fuego como herramienta silvícola.

Generar una red más amplia sobre reconstrucciones de incendios forestales en bosques de *P. lumholtzii*.

Realizar estudios complementarios enfocados a determinar la carga de combustibles, ya que de acuerdo a los resultados generados para los últimos treinta años se observa un escenario crítico en estos bosques de Río Miravalles.



## 6 REFERENCIAS

- Agee, J.K. (1998). Fire and pine ecosystems. In: Richardson M.S. (Ed.) *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, (pp. 193-218).
- Arno, S.F., y 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. y 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. <https://doi.org/10.1139/x90-208>
- Cerano P., J., Villanueva D., J., y 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.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S200711322010000100008&lng=estlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200711322010000100008&lng=estlng=es).
- Cerano P., J., Villanueva D., J., Valdez C., R. D., Arreola A., J. G., y 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., Cervantes M., R., Fúle P., Z., Yocom L., L., Esquivel A., G., y Jardel P., E. (2015). Historia de incendios en un bosque de pino de la

- Sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Bosque*, 36(1), 39- 50.  
<http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.09.076>
- Cerano P., J., Villanueva D. J., Vázquez S., L., Cervantes M., R., Esquivel A., G., Guerra, V., y Fulé P., Z. (2016). Régimen histórico de incendios y su relación con el clima en un bosque de *Pinus hartwegii* al norte del estado de Puebla, México. *Bosque* 37(2), 389-399. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002016000200017>
- Cerano P., J., Villanueva D., J., Vázquez S., L., Cervantes M., R., Magaña R., V. O., Constante G., V. y Valdez C., R. D. (2019). Climatic influence on fire regime (1700 to 2008 ) in the Nazas watershe, Durango, Mexico. *Fire Ecology*. (2019) 15: 9. <https://doi.org/10.1186/s42408-018-0020>
- Chávez G., M. P., Cerano P., J., y 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. <https://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. y Swam, S. (1995). Breve historia de la sequía en México. Xalapa, México. Universidad Veracruzana. 246 p.
- Flores G., J. G. y Rodríguez T., D. A. (2006). Simposio Internacional sobre Incendios Forestales y Manejo del Fuego. *Incendios forestales: Definiendo el problema*,

*ecología y manejo, participación social, fortalecimiento de capacidades, educación y divulgación.* México: Mundi-Prensa.

Fulé P., Z. y Covington W., W. (1997). Fire regimes and forest structure in the Sierra Madre Occidental, Durango, Mexico. *Acta Botanica Mexicana* (41): 43– 79. [http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/resumeness/ABM/ABM.41.1997/acta41\(43-79\).pdf](http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/resumeness/ABM/ABM.41.1997/acta41(43-79).pdf)

Fulé P., Z. y Covington W., W. (1999). Fire regime changes in La Michilía Biosphere Reserve, Durango, Mexico. *Conservation Biology* 13 (3): 640–652 <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97512.x>

Fulé P., Z., Villanueva D., J. y Ramos G., M. (2005). Fire regime in a conservation reserve, Chihuahua, Mexico. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 320–330 <https://doi.org/10.1139/x04-173>.

Fulé P., Z., Yocom L., L., Montaña C., C., Falk D., A., Cerano P., J. y Villanueva D., J. (2012). Testing a pyroclimatic hypothesis on the Mexico–United States border. *Ecology* 93 (8): 1830-1840. <https://doi.org/10.1890/11-1991.1>

García, E. (1998). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México. Serie de Libros N°.6. México. 98 p. [http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo\\_siglo21/serie\\_lib/modific\\_al\\_sis.pdf](http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_lib/modific_al_sis.pdf)

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.

- González E., M., González E., M.C. Villanueva D., J., y Cerano P., J. (2017). Evaluación del potencial dendroclimático de *Pinus lumholtzii* B.L. Rob. y Fernald. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. ISSN 2007-1132. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S200711322017000400028Ing=estIng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200711322017000400028Ing=estIng=es)
- 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.  
[http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1080044256/1080044256\\_MA.PDF](http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1080044256/1080044256_MA.PDF)
- Heyerdahl E., K. y 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*, ed.T.T. Veblen,W.L.Baker,G. Montenegro, and T.W. Swetnam. *New York: Springer-Verlag*.196–217.[https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-21710-X\\_7](https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-21710-X_7).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1989). *Conjunto de datos vectoriales de la carta de aguas superficiales*. Escala 1:250,000. Serie I. Durango.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (1997). *Explotación de Pino en el Estado de Durango*. ISBN 970-13-1670-3.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2005). *Marco estadístico municipal*. Datos Geográficos de la Carta Geológica, serie I. Escala 1:250 000. San Dimas, Durango.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, San Dimas, Durango*, Clave geostadística10026. Recuperado de [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/10/10026.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/10/10026.pdf)

IUSS Working Group WRB. (2015). *Base referencial mundial de recurso suelo 2014, actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106*. FAO, Roma. Recuperado de <http://www.fao.org/3/i3794es/i3794es.pdf>

Madrid, L. y Barrera J., M. (2008). *El aprovechamiento forestal en Durango*. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C. (p.8) Recuperado de [http://www.ccmss.org.mx/descargas/sintesis\\_durango5.pdf](http://www.ccmss.org.mx/descargas/sintesis_durango5.pdf)

Martínez T., H. L., y 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. <https://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. y 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.  
<https://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.

Rodríguez T., D.A. y Fulé P., Z. (2003). Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. *International Journal of Wildland Fire* 12(1): 23-37.  
<https://doi.org/10.1071/WF02040>.

Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 p.

Soto R., J. (2009). Estudio Regional Forestal. UMAFOR No. 1006. San Dimas, Durango. Recuperado de [http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/1133ERF\\_UMAFOR1006.pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/1133ERF_UMAFOR1006.pdf)

Skinner N., C., Burk M., G., Barbour, E., Franco, V. y Stephens S., L. (2008). Influences of climate on fire regimes in montane forests of north-western Mexico. *Journal of Biogeography* 35: 1436–1451. <https://www.jstor.org/stable/20143365>

Stokes M., A. y Smiley T., L. (1996). *An Introduction to tree-ring dating*. Tucson, USA. University of Arizona Press. 73 p.

Swetnam T., W. y Baisan C., H. (2003). Tree-ring reconstructions of fire and climate history in the Sierra Nevada and southwestern United States. In Veblen TT, WL Baker, G Montenegro, TW Swetnam eds. *Fire and climatic change in temperate*

ecosystems of the western Americas. New York, USA. Springer-Verlag. p. 158-195.

Yocom L., L. y Fulé P., Z. (2012). Human and climate influences on frequent fire in a high-elevation tropical forest. *Journal of Applied Ecology* 49(6): 1356-1364. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2012.02216.x

Yocom L., L., Fulé P., Z., Falk D., A., García D., C., Cornejo O., E., Brown P., M., Villanueva D., J., Cerano P., J., y Cortes M., C. (2014). Fine-scale factors influence fire regimes in mixed-conifer forests on three high mountains in Mexico. *International Journal of Wildland Fire* 23 (7): 959–968. <https://doi.org/10.1071/WF13214>.