

**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE MORELIA

**“EDAD DE ÁRBOLES EN SITIOS AFECTADOS POR INCENDIOS DE ALTA
SEVERIDAD EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA
MARIPOSA MONARCA.”**

TESIS PROFESIONAL

QUE PRESENTA:

JOSÉ DAVID GALLEGOS TÉLLEZ

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

ASESOR: DR. DIEGO RAFAEL PÉREZ SALICRUP

MORELIA, MICHOACÁN, AGOSTO DE 2018



Anexo III

Formato de liberación de proyecto para la titulación integral

SECCIÓN: Ciencias Ambientales
OFICIO No.: D.C. Am /508/2018.
EXPEDIENTE: TITULACIÓN

Morelia, Michoacán, a 15 de agosto de 2018

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

C. ING. ALBERTO MILLÁN MONTAÑEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del Egresado	GALLEGOS TELLEZ JOSÉ DAVID
Carrera:	Ingeniería Forestal
No. De Control	12850167
Nombre del proyecto	"EDAD DE ÁRBOLES EN SITIOS AFECTADOS POR INCENDIOS DE ALTA SEVERIDAD EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA MARIPOSA MONARCA"
Producto	Tesis



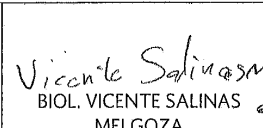
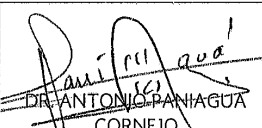
Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
"Hombre, Tierra y Ciencia hacia el Progreso"



M.T.M. OMAR AUGUSTO SÁNCHEZ ORTIZ, S.T.
JEFE DEL DEPTO. DE CIENCIAS AMBIENTALES
NOMBRE Y FIRMA

SEP
MORELIA, MICHOACÁN
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES

 DR. JOSÉ LUIS NAVARRETE PÉREZ NEGRÓN	 DR. DIEGO RAFAEL PÉREZ SALICRUP	 Vicente Salinas BIOL. VICENTE SALINAS MELGOZA	 DR. ANTONIO PANIAGUA CORNEJO
Nombre y Firma del Asesor	Nombre y Firma del Revisor	Nombre y Firma del Revisor	Nombre y Firma del Revisor



AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento al Instituto Tecnológico del Valle de Morelia (ITVM) por la formación que en sus instalaciones me brindó.

A los proyectos "Caracterización y Clasificación de Combustibles para Generar y Validar Modelos de Combustibles Forestales para México (proyecto 251694 Fondo sectorial CONAFOR-CONACYT) y Sinergias de disturbios naturales y humanos en bosques montanos en el oriente de Michoacán (proyecto IN209716 PAPIIT-UNAM) por los recursos con los que fue posible realizar el trabajo de campo.

Al Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México y particularmente al laboratorio de Ecología y Manejo de Recursos Forestales.

A los sinodales: el Dr. José Luis Navarrete Pérez Negrón, Dr. Diego R. Pérez Salicrup, Biol. Vicente Salinas Melgoza y al Dr. Antonio Paniagua Cornejo.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Son demasiadas personas a las que debo agradecer por acompañarme hasta la etapa culminativa de este trabajo; profesores, compañeros de clases, amigos y familiares, pero, es a Dios a quien en primer lugar quiero expresar mi agradecimiento por permanecer conmigo en todo momento y a quien considero mi padre y mi fiel amigo.

En el trayecto de mi carrera he conocido a grandes personas que han sumado cosas bastante positivas a mi vida, además de impulsarme siempre a superarme a mí mismo. Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que han formado parte de mi formación: al Dr. José Luis Navarrete, la orientación, la confianza y el apoyo que me brindó en momentos difíciles son detalles que siempre tendré presentes y de los que le estaré agradecido.

A mis compañeros y amigos del laboratorio de ecología y manejo de recursos forestales principalmente al Dr. Diego por la confianza que me demostró al abrirme las puertas de su laboratorio y por todo el apoyo y tiempo que dedicó a este trabajo de investigación, le tengo un gran respeto y le debo todo mi agradecimiento por compartirme parte de sus conocimientos además de motivarme a superar mis límites.

Al M. en C. Eduardo Sáenz, por las valiosas aportaciones en esta tesis y más importante que eso, su preciada y desinteresada amistad, le tengo en gran estima. Agradezco el apoyo que me brindaron la M. en C. Erika Garduño y el Ing. Rubén Ortiz al acompañarme a realizar el trabajo de campo. Comprobé que con Erika de copiloto era imposible perderse aun en terrenos desconocidos y con Rubén el trabajo se simplificaba en tiempo y esfuerzo, a Leo por sus valiosas aportaciones.

A mi hermana Antonia quien a falta de mi madre pasó a ser como mi segunda madre. Sin tener la obligación, tomó ese papel y muestra de ello es este logro en mi carrera pues ella siempre ha estado para mí apoyándome en todo momento y dándome fuerzas en momentos que ella veía que yo las necesitaba. Agradezco a todos mis hermanos: Crispín,

Salvador, Abraham, Cecilio, Vicente, Alberto, Mario, Fidel, Juventino, Carolina y Juana que con todas sus muestras de afecto impulsaron en mí el hacerlos sentir orgullosos.

A mis amigos de infancia: Max y ponchito con quienes puedo mantener pláticas eternas y testigo de ello es la calle que a los tres nos vio nacer, gracias por impulsarme a seguir trabajando en mis proyectos y por todas esas aventuras que juntos hemos pasado.

No puedo pasar por esta sección sin mencionar a una gran compañera de vida quien estuvo conmigo desde el bachillerato hasta la graduación del ITVM, a Viany siempre le estaré agradecido por todo su apoyo y cariño. Le recuerdo con respeto y un especial afecto.

A mis amigos de ingeniería, con quienes llegué a entablar una amistad diferente con cada uno, pero igual de significativa.

A la Sr. Eli por siempre mostrarme su comprensión, apoyo y sus muy acertados consejos.

DEDICATORIA

A mi familia, pues sin su apoyo en el transcurso de mi desarrollo escolar no habría podido llegar hasta aquí. Ser el menor de 13 hermanos ha sido una enorme bendición que me dejaron mis padres a quienes les debo la vida y el dejarlos fuera de esta dedicatoria solo por el hecho de no estar físicamente presentes sería demasiado ingrato y desagradecido de mi parte, pues espiritualmente los llevo siempre en mi mente y corazón, tratando siempre de honrarlos con los valores que en vida me enseñaron, los amo con todo mi ser.

RESUMEN

Los incendios suelen percibirse como una amenaza asociada a pérdidas económicas e incluso humanas, pero desde finales del siglo XX se volvió prioritario conocer su papel en la dinámica de los ecosistemas forestales. El proceso de sucesión o sobrevivencia tras eventos de fuego en ecosistemas forestales al oriente de México, es un tema del que se tiene poca información. En este estudio se plantea evaluar la regeneración y sobrevivencia de la comunidad arbórea después de incendios de alta severidad en bosques de coníferas en el sistema Neovolcánico de México. Concretamente, evaluamos si los individuos ≥ 2 cm de diámetro a 1.3 m de altura que se encuentran en cinco sitios afectados por incendios de alta severidad en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, son producto de regeneración o si son individuos que sobrevivieron a los incendios. En cada uno de cinco sitios afectados por fuegos de alta severidad, se les midió el diámetro a 1.3 m de alto a 20 árboles con diámetros ≥ 2 cm por sitio, a excepción de un sitio en el que solo fue posible medir diez árboles. Posteriormente, a cada árbol se le tomó uno o dos núcleos de crecimiento a la altura de la base. Los núcleos fueron procesados, y se contó el número de anillos de cada árbol para conocer la edad de establecimiento y compararla con el año en que ocurrió el incendio. En total se colectaron 180 virutas con las que fue posible estimar la edad de los 90 individuos muestreados en los cinco sitios. De los 80 individuos con diámetros ≥ 10 cm, 39 se establecieron antes del incendio y 41 se establecieron después del incendio. Los 10 individuos restantes tuvieron diámetros 2-9.99 cm, 8 se establecieron posteriormente al incendio y solo 2 se encontraban establecidos antes del fuego. Hubo una considerable variación con respecto a la sobrevivencia y regeneración en los cinco sitios, presentándose una mayor sobrevivencia en cerro El Mirador y una notable regeneración en Lomas de Aparicio. El promedio de edad para los individuos sobrevivientes fue de 21 años mientras que para los individuos con establecimiento posterior al fuego fue de 11 años. La marcada variación entre la regeneración y sobrevivencia denota que los sitios están pasando por un proceso lento de recuperación.

SUMMARY

Fires are often perceived as a threat associated with economic and even human losses, but since the end of the 20th century to know their role in the dynamics of forest ecosystems has become a priority. The processes of tree survival and tree establishment after fire events in forest ecosystems in eastern Mexico, has not been quantified. In this study, I evaluate the regeneration and survival of the arboreal community after high severity fires in coniferous forests in the Neovolcanic system of Mexico. Specifically, we evaluated whether individuals ≥ 2 cm in diameter at 1.3 m in height found in five sites affected by high severity fires in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, were established by regeneration after fires, or whether they were fire survivors. In each of five sites affected by high severity fires, diameter at 1.3 m high was measured at 20 trees with diameters ≥ 2 cm per site, except for a site where it was only possible to measure ten trees. Subsequently, one or two growth cores were taken at the base of each tree. The cores were processed, and the number of rings of each tree was counted to know the age of establishment and compare it with the year in which the established. In total 180 cores were collected, and I estimated the age of 90 individuals sampled in the five sites. Of the 80 individuals with diameters ≥ 10 cm, 39 were established before the fire and 41 were established after the fire. The remaining 10 individuals had diameters of 2-9.99 cm, 8 were established after the fire and only 2 were established before the fire. There was a considerable variation with respect to survival and regeneration in the five sites, showing a greater survival in Cerro El Mirador and a remarkable regeneration in Lomas de Aparicio. The average age for the surviving individuals was 21 years while for the individuals with establishment after the fire was 11 years. The marked variation between regeneration and survival indicates that the sites are going through a slow recovery process.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	III
AGRADECIMIENTOS PERSONALES	IV
DEDICATORIA	VI
RESUMEN.....	VII
SUMMARY	VIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	9
General:.....	9
Específicos:	9
3. HIPÓTESIS	10
4. MATERIALES Y MÉTODOS	11
4.1 Área de estudio	11
4.2 Descripción del muestreo.....	14
4.3 Preparación de las muestras	16
4.4 Prefechado	17
4.5 Asociación diámetro-edad.....	18
5. RESULTADOS	19
5.1 Establecimiento de latizales y fustales por sitio con incidencia de incendios entre 1998 y 2012.....	20
5.1.1. Cacique (1998).....	20
5.1.2. Cacique (2000).....	22
5.1.3. La Mesa (2001)	24
5.1.4. Lomas de Aparicio (2001)	25
5.1.5. El Mirador (2012)	27
5.2. Relación de diámetros con la edad para coníferas en sitios afectados por incendios de alta severidad.....	29
6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	30
7. BIBLIOGRAFÍA.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la RBMM.....	13
Figura 2. Mapa de ubicación de los sitios afectados por incendios de alta severidad en RBMM entre los años 1998-2012. (Tomado de Salas-Torres, 2016).	15
Figura 3. Comparación skeleton plot de una viruta con la cronología maestra elaborada por Carlón Allende <i>et al.</i> , 2015.	17
Figura 4. Fustales y latizales encontrados como regeneración y sobrevivientes para los cinco sitios de estudio con incidencia de incendios entre 1998-2012.....	20
Figura 5. Número de Fustales regenerados y sobrevivientes en Cerro el Cacique (1998)	21
Figura 6. Año de establecimiento de individuos en Cacique (1998)	22
Figura 7. Número de fustales con establecimiento previo y posterior al incendio en Cacique (2000)	23
Figura 8. Fustales con año de establecimiento en Cacique (2000)	23
Figura 9. Fustales de regeneración y sobrevivientes al incendio en La Mesa (2001) ...	24
Figura 10. Individuos con fecha de establecimiento en La Mesa (2001)	25
Figura 11. Fustales y latizales con establecimiento previo y posterior al incendio en Lomas de Aparicio (2001)	26
Figura 12. Año de establecimiento de fustales y latizales en Lomas de Aparicio (2001)	26
Figura 13. Fustales y latizales con establecimiento previo y posterior al incendio en Cerro el Mirador (2012)	27
Figura 14. Año de establecimiento de fustales y latizales muestreados en Cerro el Mirador (2012)	28
Figura 15. Análisis diámetro-edad de: A) <i>Abies religiosa</i> ($P < 0.05$; $R^2 = 0.6086$), B) <i>P. pseudostrobus</i> ($P > 0.05$; $R^2 = 0.2871$) y C) <i>P. leiophylla</i> ($P > 0.05$; $R^2 = 0.1675$) en cinco sitios afectados por incendios en RBMM.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Compilación de variables y datos muestreados en campo en cinco incendios de alta severidad en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca.....	16
Tabla 2. Proporción de individuos muestreados en sus diferentes categorías de acuerdo a $p_i = n_i/N$ Donde p_i = proporción de una categoría, n_i = número de individuos pertenecientes a una categoría y N = total de individuos de todas las categorías.	19

1. INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales son un agente de disturbio que pueden originarse por agentes naturales o asociados a la actividad humana (Rodríguez, 2014). Los incendios causan cambios de estado en los ecosistemas forestales, tales como el consumo de biomasa durante la combustión, establecimiento de claros por la mortalidad de árboles, alteración de las condiciones abióticas, y modificaciones temporales en la estructura y composición de las comunidades bióticas (Villers, 2006). El fuego es un fenómeno químico que necesita de tres componentes principales para desarrollarse, el oxígeno, combustibles y una fuente de ignición (Jardel, 2010; Nájera, 2013). A la combinación de estos tres componentes suele llamársele triángulo de generación de fuego (Jardel, 2010). Sin embargo, el efecto que tienen los incendios forestales en los bosques tropicales montanos dominados por coníferas es aún desconocido, particularmente luego de incendios de alta severidad (Pérez-Salicrup et al. 2016).

Los incendios forestales han formado parte de los ecosistemas terrestres desde hace más de 400 millones de años, ya que, en el silúrico, se produjeron dos características necesarias en la propagación de los incendios (Pausas y Keeley, 2009). La primera fue la aparición de la cubierta vegetal tras el establecimiento de las primeras plantas terrestres, lo que derivó en la generación de combustibles. La segunda fue la generación de una atmósfera rica en oxígeno, gracias a la fotosíntesis de plantas y bacterias fotosintéticas. En esa época se considera que la fuente de ignición y tercer componente del triángulo del fuego pudo haber sido la caída de rayos que aportó el calor necesario para generar el fuego (Rodríguez-Trejo, 2014).

De acuerdo con el estrato de combustible que se enciende durante la propagación del fuego, los incendios se pueden clasificar en cuatro tipos: subterráneos, superficiales, de copa activos y de copa pasivos (Aguirre, 1978; Ruiz, 2009). Los incendios subterráneos se propagan consumiendo lentamente el mantillo, o incluso capas inferiores del horizonte orgánico, pero debido a la escasa ventilación, no generan una

llama, aunque pueden causar una alta mortalidad de la vegetación a partir del daño a las raíces. Los incendios superficiales se propagan a través de la combustión de la hojarasca, el material leñoso caído, la vegetación herbácea, matorrales y arbustos. Los incendios de copas se generan por el calor que sube por convención desde la superficie, alcanzando con ello material seco en el dosel. Los incendios de copa pasivos se caracterizan por el consumo de árboles individuales o grupos reducidos, mientras que en los incendios de copa activo se presenta en el dosel suficiente combustible para una propagación continua de copa a copa (Ruiz, 2009).

Los impactos de los incendios forestales pueden variar dramáticamente entre ecosistemas. En función de la relación que tienen diferentes ecosistemas con el fuego, se les ha caracterizado como dependientes, sensibles, independientes e influidos por el fuego (Hardesty *et al.*, 2005; Robles *et al.*, 2016).

Las especies que conforman la vegetación de un ecosistema dependiente del fuego suelen presentar adaptaciones tales como conos serótinicos, cortezas gruesas, y capacidad de rebrote, entre otros. Con estas características la vegetación no solo es capaz de sobrevivir la ocurrencia de fuegos, sino que es posible que el fuego sea necesario para detonar procesos como la regeneración. Algunos ejemplos de estos ecosistemas son los matorrales, pastizales, y en el caso particular de México debido a su ambiente tropical templado, están los bosques dominados por coníferas y encinos. Los ecosistemas sensibles al fuego son aquellos en dónde el fuego aparentemente no ocurre recurrentemente, por lo que las especies suelen carecer de adaptaciones que les permitan sobrevivir luego de un evento de fuego. En estos ecosistemas la mortalidad de la comunidad vegetal suele ser muy alta cuando ocurre un incendio. Como ejemplos de estos ecosistemas tenemos a los bosques tropicales húmedos y a los estacionalmente secos. Los ecosistemas independientes del fuego son ecosistemas dónde este agente de disturbio es muy poco frecuente o inexistente. Algunos ejemplos incluyen a los desiertos, y bosques lluviosos. Finalmente, los ecosistemas influidos por el fuego son aquellos conformados por vegetación ubicada en zonas de transición ya sea entre ecosistemas dependientes y ecosistemas sensibles o independientes (Hardesty *et al.*, 2005; Espinoza *et al.*, 2008; Nájera, 2013).

En la actualidad prevalece una percepción negativa con respecto a la ocurrencia de los incendios forestales (Jardel-Peláez, 2010). Esta percepción está asociada a concebir el fuego como una causa de deterioro de los ecosistemas y de pérdidas materiales o incluso humanas. Por ello, durante una buena parte del siglo XX se le dio prioridad a la supresión y prevención de eventos de fuego como estrategia de política pública en cuanto al manejo forestal (Jardel *et al.*, 2010). Sin embargo, hoy en día se reconoce que el fuego forma parte de la dinámica de los ecosistemas, particularmente de los dependientes del fuego, por lo que se ha buscado documentar los regímenes de incendios, y entender los efectos de estos eventos sobre la regeneración y estructura de los bosques para así lograr un manejo integral con el que se busque reducir la alteración de regímenes de incendios (Agee, 1974; Jardel-Peláez, 2010; Pérez-Salicrup *et al.*, 2016).

En los últimos años se han estudiado los regímenes de incendios, especialmente en bosques de coníferas (Agee, 1993; Jardel-Peláez, 2010). Los regímenes de fuego son el conjunto de propiedades que típicamente se manifiestan durante los eventos de fuego a través del tiempo en un ecosistema, y pueden caracterizarse en función de variables como la frecuencia media con que el incendio incide sobre determinado lugar (intervalo de retorno), la severidad (impacto que genera el fuego sobre el ecosistema), la intensidad (energía liberada durante el evento de incendio), la estacionalidad (estación del año y condiciones ambientales en que se presenta el incendio) y la superficie afectada por incendio (Jardel *et al.*, 2010).

Los incendios de alta severidad se caracterizan por causar la mortalidad de una proporción importante de las plantas en un sitio afectado. De acuerdo con Chafer *et al.*, (2004) y Sugihara *et al.*, (2006), la severidad puede variar de baja, media, alta y muy alta, donde un incendio de baja severidad ocasiona daños mínimos a la vegetación y en sitios de muy alta severidad la mortalidad es total.

La regeneración natural obtenida después de un incendio es de gran importancia en la recuperación de un ecosistema afectado por el fuego (Rendón-Carmona *et al.*, 2014;

Robles *et al.*, 2016; Guerrero-Vizcaíno, 2016) y se define como un proceso que involucra la sustitución de árboles en una masa forestal (Serrada, 2003). La sucesión forestal también suele definirse como la suma de procesos que conllevan al remplazo de un individuo de la misma especie, lo que permite la recuperación de un ecosistema afectado por un disturbio (Runkle, 1981). Para que se lleve a cabo la sustitución de una nueva masa forestal es importante la producción de semilla que el arbolado adulto dispersa sobre el suelo forestal. Una vez que la semilla es depositada en el sotobosque se enfrenta a diversos factores que determinarán su eventual germinación y el éxito de los renuevos (plántulas), entre ellos la disponibilidad de luz que penetra a través del dosel y llega al sotobosque, así como la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo, y la resistencia a patógenos y herbívoros (Coomes y Grubb, 2003; Pérez, 2006).

En función de la respuesta (capacidad de regeneración) que tienen al fuego las comunidades vegetales, se diferencian dos grandes grupos de especies; especies rebrotadoras y las no rebrotadoras. Las especies rebrotadoras son aquellas que tienen la capacidad de rebrotar tras un evento de fuego o de otro disturbio, ya sea por medio de sus yemas, o incluso por medio de la raíz. Por su parte, las no rebrotadoras se caracterizan por regenerar las poblaciones únicamente a partir del banco de semillas que germina después de un incendio (Pausas, 2004). A pesar de conocer algunas de las condiciones que favorecen la regeneración natural tras incendios forestales, en la actualidad se cuenta con poca información sobre el proceso de sucesión vegetal después de incendios de alta severidad.

Dentro de la silvicultura, que es una técnica aplicada a las masas forestales con la finalidad de manipularlas y obtener productos maderables o incluso no maderables de forma continua y sustentable, se manejan diferentes clasificaciones para definir las estructuras de un ecosistema y estas se basan en elementos tales como la especie, densidad de vegetación arborea por superficie, estructura diamétrica del dosel, altura de las especies y volumen, entre otras. Con respecto a la estructura diamétrica se utilizan términos para describir una etapa de crecimiento representativa en un ecosistema. A pesar de que estas medidas pueden variar dependiendo la finalidad del estudio o del criterio de la persona, en términos generales las más usadas son: plántulas

(altura<20cm), brinzales (diámetro<2.9 cm), latizales (2.9cm<diámetro< 9.9 cm) y fustales (diámetro>9.9 cm), al utilizar estos términos se genera un lenguaje representativo y común (Larsen, 1991). Por tanto, al presentarse dos etapas de desarrollo comprendidas entre las estructuras diamétricas de latizales y fustales en los sitios de estudio, se trabajará con ambas categorías.

En las últimas dos décadas el año con mayor número de incendios reportados en México, ha sido el de 1998 con 14,437 incendios y 849,537 hectáreas afectadas. En la década del 1998 al 2008 se han mantenido rangos que van de 5,847 a 9,639 incendios con afectaciones de 81,158 ha a 322,113 ha. En la última década, el año 2011 fue atípico con 12,040 incendios registrados y 954,797 ha afectadas, debido a los incendios reportados en el estado de Coahuila. Los estratos de vegetación con mayor perturbación han sido el herbáceo y arbustivo (CONAFOR, 2017).

Para evaluar el efecto de los incendios forestales sobre la regeneración arbórea, se han implementado diversas técnicas. Una de ellas es la dendrocronología que se basa en el análisis de los anillos de crecimiento anuales, que son visibles en un corte transversal de fuste. Estos incrementos responden a las condiciones ambientales que experimentan los árboles en años con mayor o menor disponibilidad de recursos (Villanueva *et al.*, 2010). El conteo de anillos de crecimiento en la base de un árbol nos puede ayudar a conocer su edad (Agee, 1993). La dendrocronología se define como el estudio de la secuencia cronológica de anillos de crecimiento anual en árboles y la palabra proviene del griego: *dendros*= árbol *chronos*= tiempo y *logos*= tratado, conocimiento o tratado de la edad de los árboles (Stokes y Smiley 1968; Speer 2011; Villanueva-Díaz *et al.*, 2000).

La dendrocronología puede dar solución a muchos problemas de índole ecológico, climatológico y arqueológico (Villanueva-Díaz *et al.*, 2000). Dentro del ámbito ecológico y relacionado con la ecología del fuego, con el empleo de la dendrocronología se puede reconstruir el historial de regímenes de incendios y un ejemplo de ello es la reconstrucción que hicieron Cerano *et al.*, (2010) en un bosque de coníferas del estado de Chihuahua. También, Cerano *et al.*, (2015) utilizaron las técnicas dendrocronológicas

para reconstruir regímenes de incendios en la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán, Jalisco, reconstruyendo incendios de 1956 a 2010. Particularmente en la RBMM se determinó que la estructura de edades es de utilidad en la caracterización de regímenes de disturbios asociados a la sucesión forestal, además se expone en dicho estudio que las especies *Abies religiosa* (H.B.K) *Schl. et Cham.*, y *Pinus pseudostrobus* Lindl., son aptas y útiles para realizar estudios sobre establecimiento de poblaciones con base en sus edades tras disturbios que promueven la regeneración (Sáenz, 2015). Consistentemente, la estructura de edades permitirá evaluar si el establecimiento de individuos en sitios asociados a incendios fue previo o posterior al fuego.

En la RBMM hay antecedentes de estudios dendrocronológicos. Huante *et al.*, (1991) cofecharon muestras de *Abies religiosa* para estimar la relación entre el crecimiento de anillos con el clima. Por otra parte, Bernal y Terrazas (2000) caracterizaron la variación en el ancho de anillos para *Abies religiosa*, así como las variables climáticas que influyen de forma demostrativa sobre los mismos. Carlón-Allende *et al.*, (2015) realizaron un análisis espacial del paisaje para determinar zonas que presentaran condiciones aptas para muestreos dendrocronológicos. Marlés *et al.*, (2015), encontraron que la anchura de los anillos en las series de crecimiento para *Pinus pseudostrobus* y *Pinus devoniana* Lindley, estaba influenciada por la precipitación, dato que coincide con el estudio de Carlón-Allende *et al.*, (2016), quienes al estudiar la influencia de la precipitación y la temperatura sobre el crecimiento de los anillos en *Pinus pseudostrobus* y *Abies religiosa*, encontraron significativa la relación entre precipitación y ancho de anillos en los meses de Junio, Febrero y Octubre, mientras que solo la temperatura de Septiembre afectaba en el incremento radial de las series.

La RBMM es un área prioritaria para conocer el efecto del fuego sobre la regeneración. La estructura de la comunidad arbórea en la RBMM está constituida en altitudes superiores a 3,150 msnm por bosques de oyamel, mientras que entre 2,850 y 3,150 msnm se encuentra codominados por oyamel-pino y la vegetación dominante en altitudes inferiores a 2,850 msnm se conforma por pinos (Sáenz, 2015). De acuerdo con algunos estudios en la reserva, el fuego ha estado presente en las últimas décadas (Cantú, 2012). La RBMM es de gran importancia ecológica debido a que es el sitio de

hibernación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*), por lo que se han generado estudios con la finalidad de aportar información que contribuya a mejores estrategias de conservación. En uno de ellos, se evaluó la extensión y el arbolado en sitios afectados por incendios de alta severidad durante los años 1998 y 2012 (Salas Torres 2016). Se encontró que la regeneración es prácticamente nula expresada en bajas densidades de individuos menores a 1 m. de altura. Sin embargo, los individuos mayores a 1 m presentaron densidades altas en algunos sitios, y una presencia de 1,741 individuos para la categoría de latizales (2-9 cm DN) y 1,607 individuos para fustales (≥ 10 cm DN) en las cinco áreas siniestradas (Salas-Torres, 2016). Por ello, queda la incertidumbre si los latizales y fustales en dichos sitios corresponden a individuos que sobrevivieron al incendio, o si son individuos que se establecieron después de los incendios como regeneración natural.

La estructura de un ecosistema se representa por la composición y distribución de tamaños de las especies que lo conforman y con ello se pueden explicar aspectos sobre la dinámica demográfica de dicho ecosistema (Odum, 1985). Para conocer la historia de los bosques es útil muestrear la edad y diámetro de la vegetación arbórea. En base a estas variables se puede obtener información sobre la dinámica poblacional de ecosistemas con perturbaciones por incendios forestales. En este estudio se planteó encontrar asociaciones entre ambas variables para determinar si es viable realizar estudios sobre dinámica poblacional post-fuego en base a las estructuras diamétricas.

En la actualidad, no hay estudios que evalúen la regeneración y sobrevivencia tras incendios forestales de alta severidad en la RBMM. Por ello, en el presente proyecto se plantea generar información con respecto a la vegetación que sobrevive o se regenera después de un incendio de aparentemente alta severidad. Concretamente, se busca determinar si los latizales y fustales documentados por Salas Torres (2016) en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, son producto de regeneración o son individuos que sobrevivieron a los incendios. Con estos resultados se podrá tener una idea más clara de la dinámica demográfica post-fuego, además, se contribuye en la planificación de prácticas de regeneración ya sea por medio de técnicas como las plantaciones o la misma regeneración natural o en su caso, realización de quemas

prescritas (Regelbrugge y Conard, 1993 citado por Robles-Gutiérrez *et al.*, 2016; Alanís *et al.*, 2000).

2. OBJETIVOS

General:

Determinar si el establecimiento de latizales y fustales en los sitios afectados por incendios de alta severidad en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca fue previo o posterior a los incendios registrados durante el periodo 1998-2012.

Específicos:

- Evaluar el impacto de incendios de alta severidad sobre la estructura de edades de *Pinus pseudostrobus* y *Abies religiosa*
- Establecer la edad de los fustales en los sitios afectados por el fuego.
- Determinar la asociación entre diámetro y edad para posibles estudios sobre dinámica poblacional post-fuego.

3. HIPÓTESIS

- La edad de los latizales y fustales presentes en las zonas afectadas por incendios de alta severidad es mayor que el tiempo transcurrido del incendio a la fecha.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

La RBMM es un área Natural Protegida (ANP) situada entre los estados de Michoacán y México. En el Estado de Michoacán se distribuye parcialmente en los municipios de Zitácuaro, Ocampo, Angangueo, Áporo, Senguio y Contepec, mientras que en el Estado de México abarca porciones de los municipios de Temascalcingo, Villa de Allende, Donato Guerra y San José del Rincón (comunidad que antes pertenecía al municipio de San Felipe del Progreso), (DOF, 2000). La reserva cuenta con una superficie de 562.59 km² que a su vez se divide en tres zonas núcleo con 135.51 km² de superficie y dos zonas de amortiguamiento conformada por 427.07 km² de superficie total (DOF, 2000; SEMARNAT, 2001; Cornejo-Tenorio *et. al.*, 2003;). Fue declarada como Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca el 10 de noviembre del 2000 con el propósito de promover una protección integral del ecosistema (Gómez y Dirzo, 1995).

La reserva se encuentra situada en el Sistema Volcánico Transmexicano donde el paisaje está formado por montañas en un 77% y el resto por llanuras y valles (Cornejo-Tenorio *et. al.*, 2003). La altitud varía de 2,400 a 3,600 msnm (SEMARNAT, 2001). Los suelos son principalmente Andosoles y en una menor proporción derivado también de cenizas volcánicas, Acrisoles, Litosoles, Luvisoles y Cambisoles (Cornejo-Tenorio *et. al.*, 2003). La precipitación anual registrada en la RBMM es de 700 mm a los 1,200 mm con temperaturas medias de 8°C a los 22°C. Las características climáticas son propias de un clima semifrío subhúmedo C (w1) (García, 2004).

El tipo de vegetación dominante en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca es el bosque de coníferas que se establece por encima de los 2,400 y hasta los 3,300 msnm, aunque se puede encontrar combinado con bosque de *Quercus*, sobre todo en las partes más bajas. También existen porciones de bosque mesófilo de montaña y pastizal antropogénico (Cornejo-Tenorio *et. al.*, 2003). Las especies registradas con mayor dominancia pertenecen a la familia *Asteráceae* (103), *Lamiaceae* (21) y *Fabaceae* (17) igualando a la familia *Scrophulariaceae* (17). Además, se tienen 5 especies en

peligro de extinción *Cupressus lusitanica*, *Comarostaphylis discolor*, *Dahlia scapigera*, *Gentiana spathacea* y *Juniperus monticola* (Cornejo-Tenorio *et al.*, 2003).

Los cinco sitios afectados por incendios de alta severidad donde se llevó a cabo el presente estudio están ubicados en Cerro Cacique (municipio de Zitácuaro) ocurrido en 1998, otro más en Cerro Cacique registrado en el 2000, pero que abarcó más superficie que el primero, por lo que es posible separar los efectos de ambos eventos; Cerro La Mesa (municipio de Crescencio Morales) 2001, Lomas de Aparicio (municipio de Villa de Allende) en el mismo año; y Cerro El Mirador en la comunidad de Crescencio Morales, (municipio de Zitácuaro) en 2012. De acuerdo a la elevación de los cinco sitios afectados por incendios, cuatro ocurrieron en bosques codominados por pino-oyamel-pino y solo uno en bosque de oyamel (Sáenz, 2015). De acuerdo con informantes de los lugares, los cinco incendios fueron de copa, pero se desconoce específicamente si fueron incendios de copas activos o pasivos. Las fuentes de ignición fueron probablemente antropogénicas, en las que tres incendios se consideran provocados por quemas agrícolas y los dos restantes por descuido de campistas (Salas, 2016).

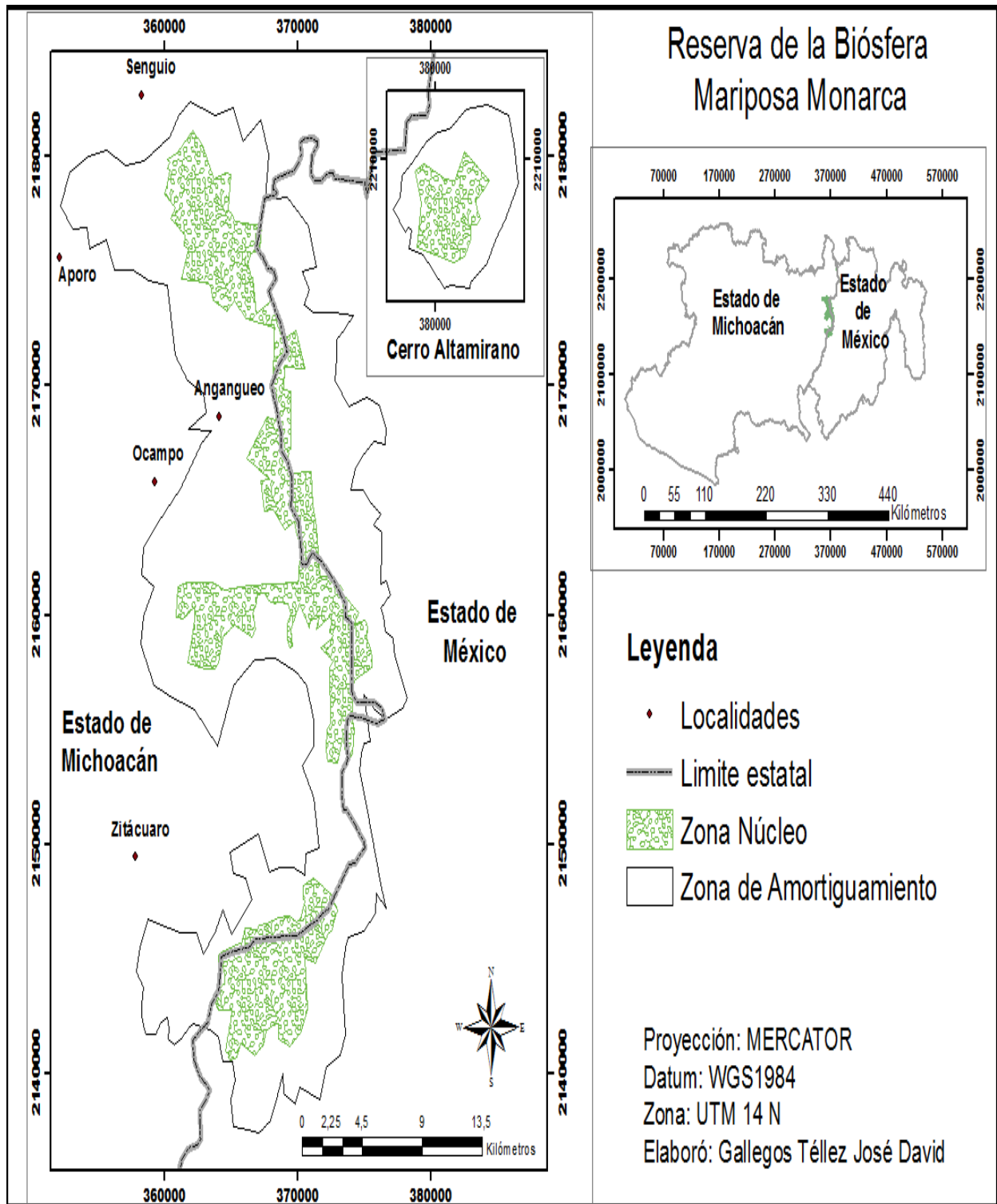


Figura 1. Mapa de ubicación de la RBMM

4.2 Descripción del muestreo

Para llevar a cabo el muestreo se ubicaron los sitios de muestreo, y obtuve permiso para la colecta de muestras con los propietarios (ejidatarios) y a las autoridades de la Reserva y SEMARNAT. Debido a que los sitios afectados por incendios de alta severidad dónde se llevó a cabo el presente trabajo se encuentran dentro de un Área Natural Protegida (ANP), no fue posible tomar un número elevado de muestras para no generar un impacto negativo sobre la vegetación.

Una vez ubicados los sitios afectados por incendios aparentemente severos, con un GPS marca Garmin capturé el centro del polígono junto con la altitud para cada sitio. Posteriormente partí del centro en dirección al límite exterior del polígono seleccionando los primeros 20 árboles por sitio, con excepción de Cerro el Cacique en el incendio de 1998 donde debido a lo accidentado del terreno se muestrearon solo 10 árboles, con diámetros 2-9.9 cm (latizales) y diámetros ≤ 10 cm (fustales). Luego de medir el diámetro a 1.3 m de altura (DAP), les extraje dos núcleos de crecimiento por árbol con la ayuda de un taladro de Pressler, para sumar un total de 180 virutas obtenidas de tres principales especies; *Pinus pseudostrobus* Lindl., *Pinus leiophylla* Schl. & Cham., y *Abies religiosa* (H.B.K) Schl. et Cham. (tabla 1).

Los núcleos de crecimiento se colectaron en la base de cada individuo con la intención de muestrear los anillos desarrollados desde el establecimiento. Tuve especial cuidado en capturar el centro del árbol (núcleo) de todas las muestras. Para facilitar el conteo de anillos, el barreno de Pressler se introducía siempre en orientación perpendicular al fuste y por debajo de la pendiente para colectar la zona en dónde la madera de reacción permite una representación más legible de los crecimientos anuales (Villanueva *et al.*, 2009). Los núcleos de crecimiento se colocaron en popotes perforados para favorecer la ventilación y evitar la reproducción de hongos (Marlés *et al.*, 2015).

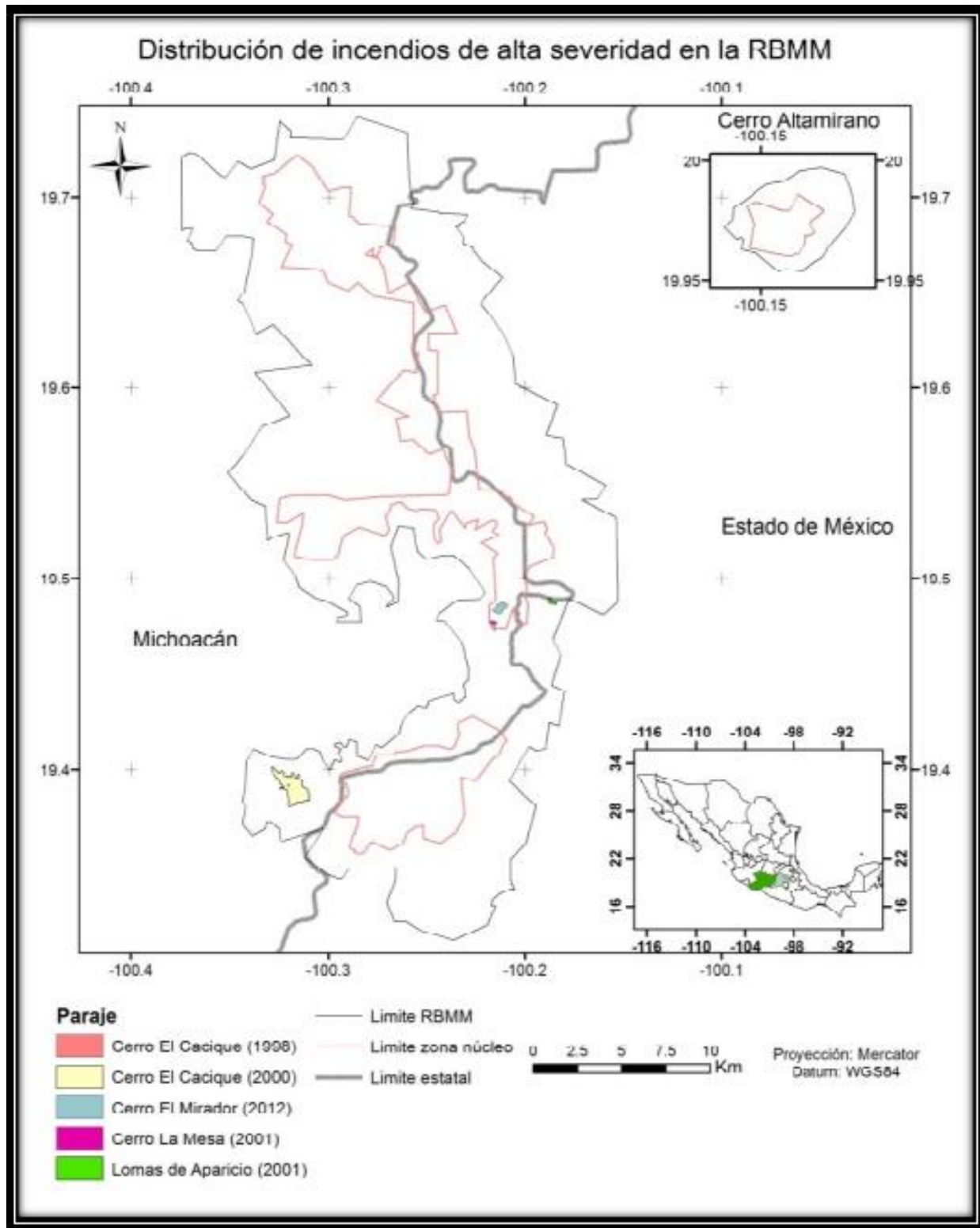


Figura 2. Mapa de ubicación de los sitios afectados por incendios de alta severidad en RBMM entre los años 1998-2012. (Tomado de Salas-Torres, 2016).

4.3 Preparación de las muestras

Una vez obtenidas las muestras, se llevaron al laboratorio para adherirlas con pegamento blanco a molduras de madera sujetadas con tiras de cinta para evitar su torcedura, cuidando que las traqueidas quedaran en una posición vertical. El proceso de secado duró de dos a tres días a temperatura ambiente. Posteriormente se retiraron las tiras de cinta y se procedió al lijado y pulido con lijas de grano que fueron de 80 a 1 500, esto para facilitar el proceso de conteo de anillos (Villanueva *et al.*, 2009).

Tabla 1. Compilación de variables y datos muestreados en campo en cinco incendios de alta severidad en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca

año	Paraje	Zona núcleo	Zona de amortiguamiento	Coord. UTM Este	Coord. UTM Norte	Altitud	Número de Árboles	Número de Muestras	Diámetros muestreados (cm)
1998	Cerro el cacique		X	361720	2144573	2957.92	10	20	16 - 27
2000	Cerro el cacique		X	362181	2144207	3176.6	20	40	10 - 27
2001	Cerro la Mesa	X		371259	2153412	3019.4	20	40	10 - 33
2001	Lomas de Aparicio		X	374097	2155231	3008.79	20	40	9 - 20
2012	Cerro el Mirador	X		372922	2154806	2941.81	20	40	7 - 18

4.4 Prefechado

Para conocer la edad aproximada de cada árbol se utilizó una lupa en el conteo de los anillos, en esta etapa se identificó el último anillo de formación próximo a la corteza que por la fecha de colecta representaba el año 2016, posteriormente se asignó la edad cronológica en cada incremento radial. Al analizar las series de crecimiento se implementó una de las aplicaciones básicas en dendrocronología llamada "Skeleton Plot". El objetivo de esta técnica consiste en graficar sobre un papel milimétrico el grosor de cada uno de los anillos más estrechos en el incremento radial. La formación de los anillos está determinada por factores endógenos (competencia o supresión) y exógenos (plagas, incendios, y vientos) por lo que un número determinado de árboles expuestos a las mismas condiciones climáticas tiende a desarrollar patrones similares en la formación de anillos, así, el graficar un determinado número de muestras sirve para compararlas y definir patrones de comportamiento. En la representación gráfica se utilizan líneas verticales (Figura 3), dependiendo del grosor de los anillos se traza el largo de la línea: es decir, entre más angosto el anillo, la línea es más larga. Posteriormente las cronologías obtenidas de cada viruta se compararon con una cronología maestra de la RBMM que va desde el año 1900 al 2013 (Carlón *et al.*, 2015). La gráfica maestra representa el promedio anual del crecimiento de una serie de muestras por lo que al compararla con una cronología individual se facilita la identificación de anillos falsos y anillos perdidos teniendo con ello un análisis de mayor calidad (Constante *et al.*, 2009; Villanueva *et al.*, 2009).

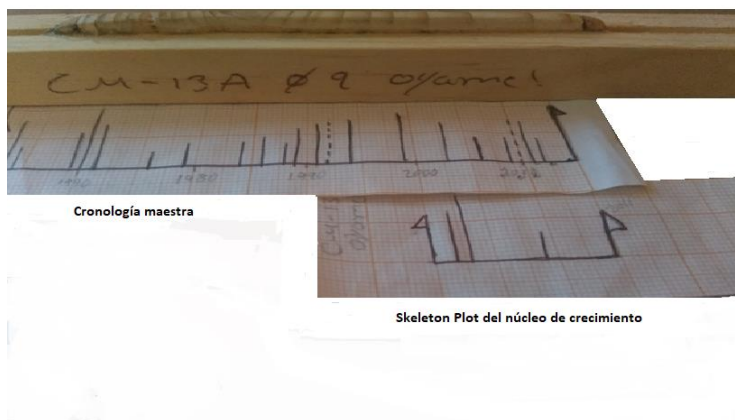


Figura 3. Comparación skeleton plot de una viruta con la cronología maestra elaborada por Carlón Allende *et al.*, 2015.

4.5 Asociación diámetro-edad

Calculé el índice de correlación de Pearson (R^2) en base a las variables diámetro y edad de los individuos muestreados con ayuda del paquete estadístico R versión 3.4.3. Para determinar la asociación entre ambas variables separé por especies el total de muestras para así obtener la asociación diámetro-edad en *Abies religiosa*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus leiophylla*. Utilicé un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

5. RESULTADOS

La mayoría (N = 80) de los 90 individuos muestreados en los cinco sitios impactados por incendios de alta severidad entre los años 1998-2012 fueron fustales. Casi la mitad de ellos (N = 39) se establecieron antes del incendio y los 41 restantes se establecieron posteriormente al incendio. Los 10 individuos restantes fueron latizales, de los cuales 8 fueron individuos con establecimiento previo del incendio y solo 2 se establecieron después del incendio (Figura 4). El Cerro la Mesa presentó mayor proporción de fustales sobrevivientes, mientras que el Cerro el Cacique (2000) se caracterizó por contener un mayor número de fustales establecidos luego del incendio. Por otra parte, los latizales que se encontraron con establecimiento previo al incendio se encontraron únicamente en Cerro el Mirador y solo en Lomas de Aparicio se encontró evidencia de latizales con establecimiento posterior al incendio forestal.

Tabla 2. Proporción de individuos muestreados en sus diferentes categorías de acuerdo a $p_i = n_i/N$ Donde p_i = proporción de una categoría, n_i = número de individuos pertenecientes a una categoría y N = total de individuos de todas las categorías.

CATEGORÍAS	n_i	n_i/N	p_i
FUSTALES SOBREVIVIENTES	39	39/90	0.43
FUSTALES REGENERACIÓN	41	41/90	0.45
LATIZALES SOBREVIVIENTES	8	8/90	0.08
LATIZALES REGENERACIÓN	2	2/90	0.02
	$N=90$		$\sum p_i=1$

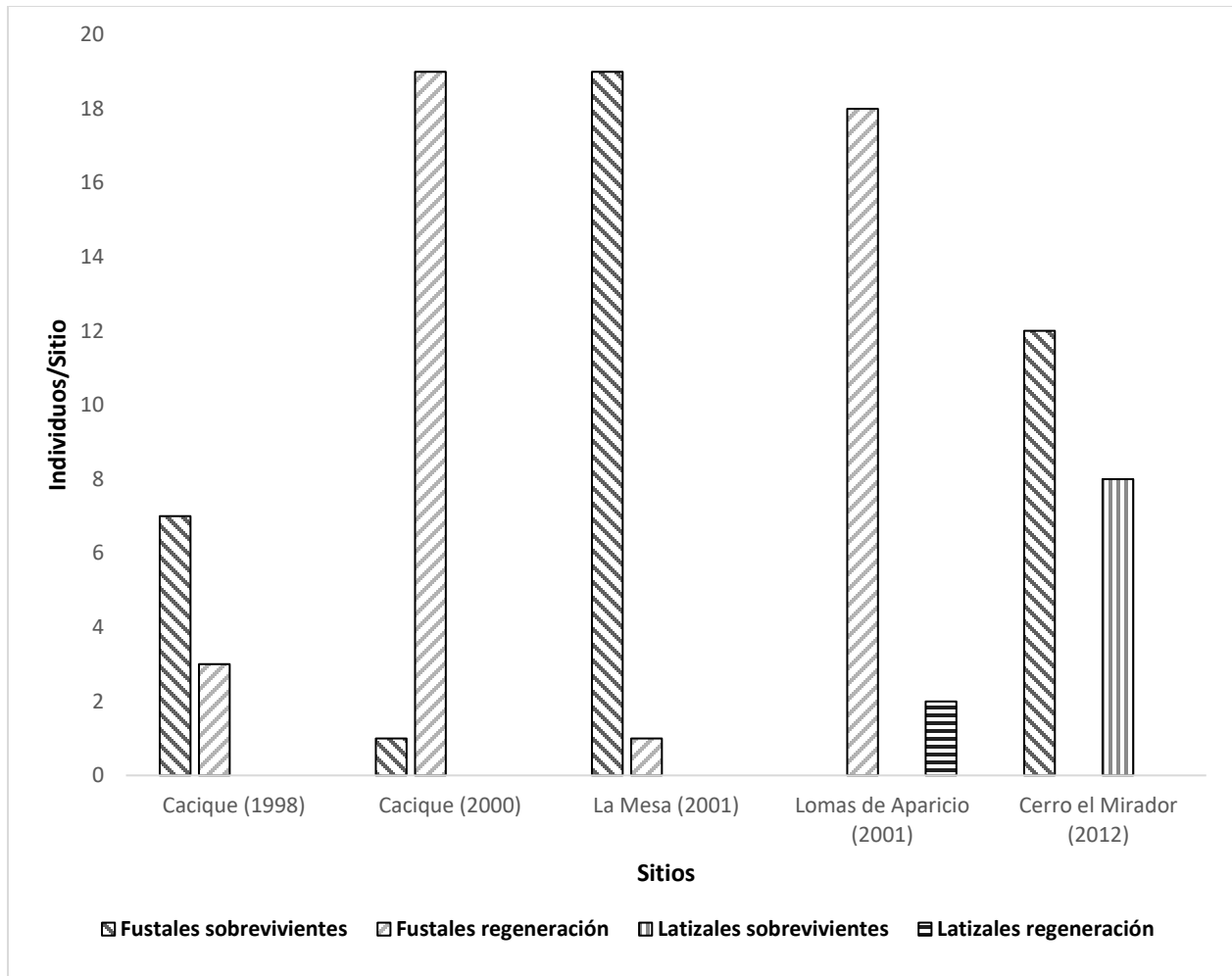


Figura 4. Fustales y latizales encontrados como regeneración y sobrevivientes para los cinco sitios de estudio con incidencia de incendios entre 1998-2012

5.1 Establecimiento de latizales y fustales por sitio con incidencia de incendios entre 1998 y 2012

5.1.1. Cacique (1998)

En el incendio registrado en el cerro el Cacique en el año 1998, 7 de los individuos fueron fustales que se establecieron antes del incendio, mientras que 3 en la misma categoría de fustales se establecieron después del incendio (Figura 5). La edad promedio de los individuos sobrevivientes en fustales fue de 22 años, lo que indica que tenían una edad de tres años al ocurrir el incendio. La regeneración en fustales presentó una edad promedio de 12 años, lo que indica que se establecieron siete años después

del incendio, por lo que aparentemente después del incendio se presentaron condiciones poco favorables para el establecimiento de renuevo. Los individuos registrados en este incendio pertenecieron al género *Pinus*; *P. leiophylla* y *P. pseudostrobus*. No obstante, tras el incendio únicamente se regeneraron individuos de *P. leiophylla* (Figura 6).

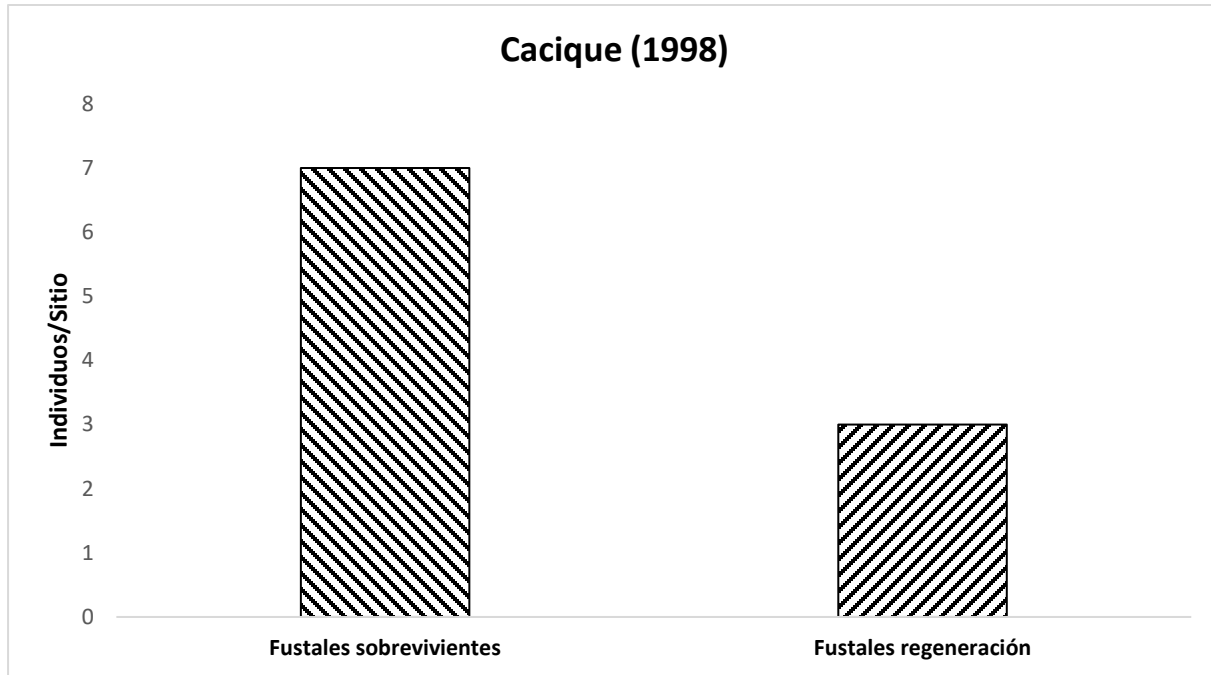


Figura 5. Número de Fustales regenerados y sobrevivientes en Cerro el Cacique (1998)

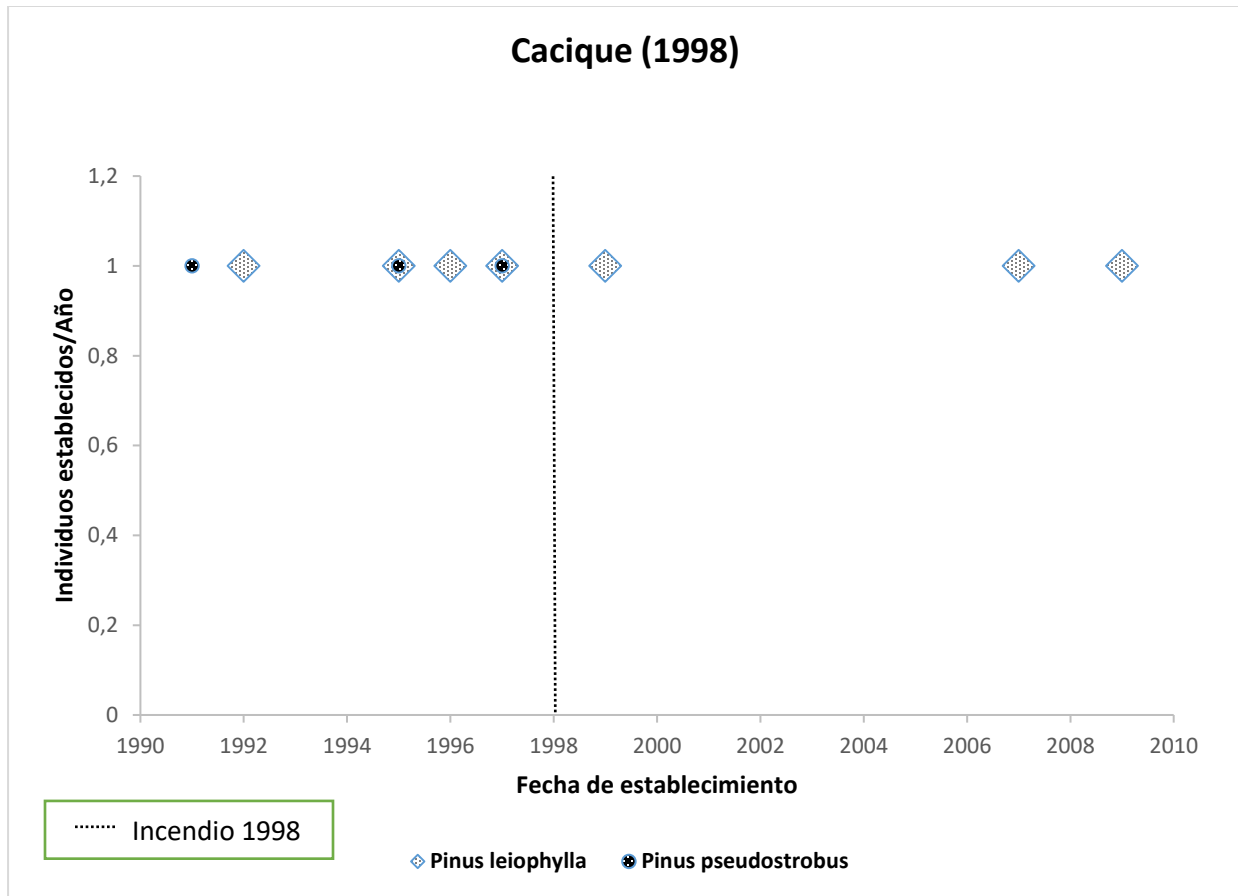


Figura 6. Año de establecimiento de individuos en Cacique (1998)

5.1.2. Cacique (2000)

En el incendio del 2000 ocurrido en Cerro Cacique, se documentó que 19 individuos en la clasificación de fustales se establecieron después del incendio y solo un fustal sobrevivió (Figura 7). El fustal sobreviviente fue de *P. leiophylla* y presentó una edad de 21 años por lo que debió tener cuatro años durante el incendio. Los fustales establecidos después del incendio son de *P. leiophylla* y *P. pseudostrobus*, y tienen una edad promedio de 11 años, por lo que tardaron seis años para establecerse después del incendio. Hay un individuo de *P. pseudostrobus* de 15 años, que debió haberse establecido dos años después del incendio (Figura 8).

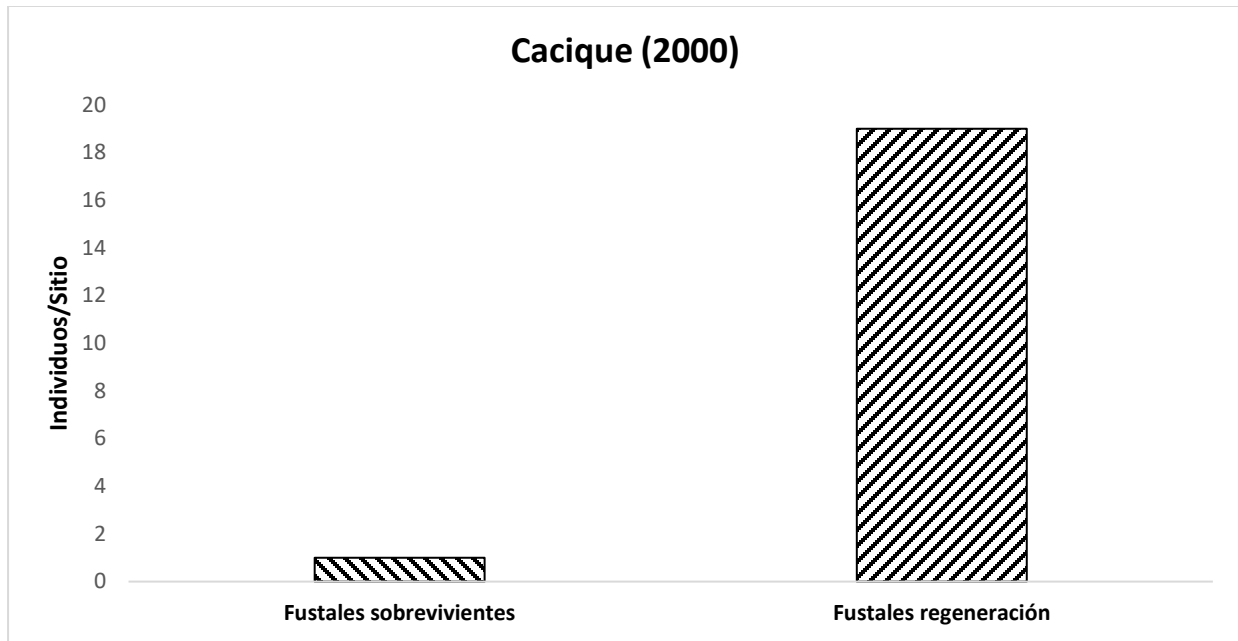


Figura 7. Número de fustales con establecimiento previo y posterior al incendio en Cacique (2000)

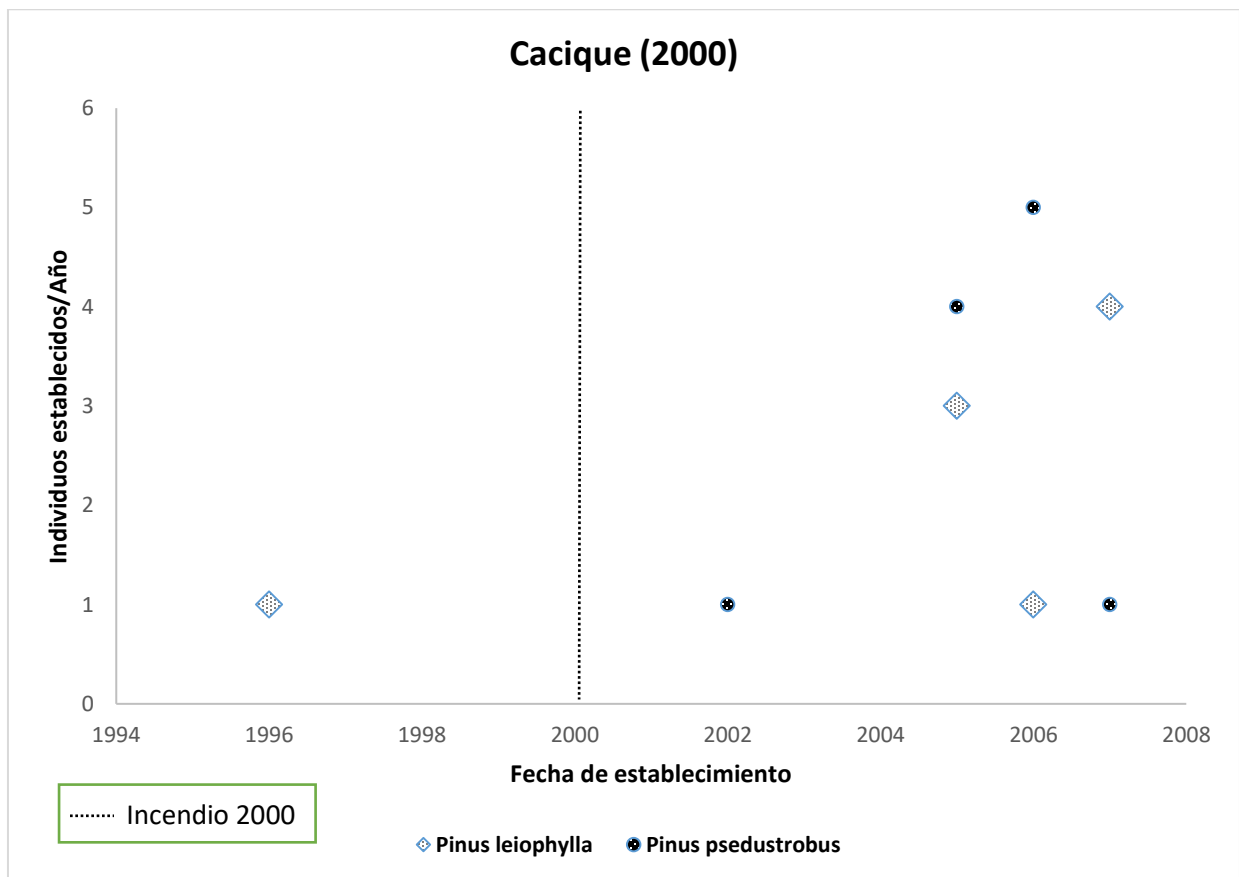


Figura 8. Fustales con año de establecimiento en Cacique (2000)

5.1.3. La Mesa (2001)

En el incendio del 2001 registrado en Cerro la Mesa, 19 de los fustales encontrados se determinaron como sobrevivientes al incendio por haberse establecido antes de que éste ocurriera y solo 1 fustal establecidos de forma posterior al incendio (Figura 9). Los individuos que sobrevivieron al incendio fueron tanto de *P. leiophylla* como de *P. pseudostrobus*. La edad promedio de los fustales sobrevivientes fue de 27 años, por lo que en promedio tenían 11 años de haberse establecido antes del incendio. En este sitio también se presentan algunos individuos con edades de sobrevivencia demasiado cercanas al año del incendio y solo se encontró un individuo de *P. leiophylla* que se estableció cuatro años después del incendio (Figura 10).

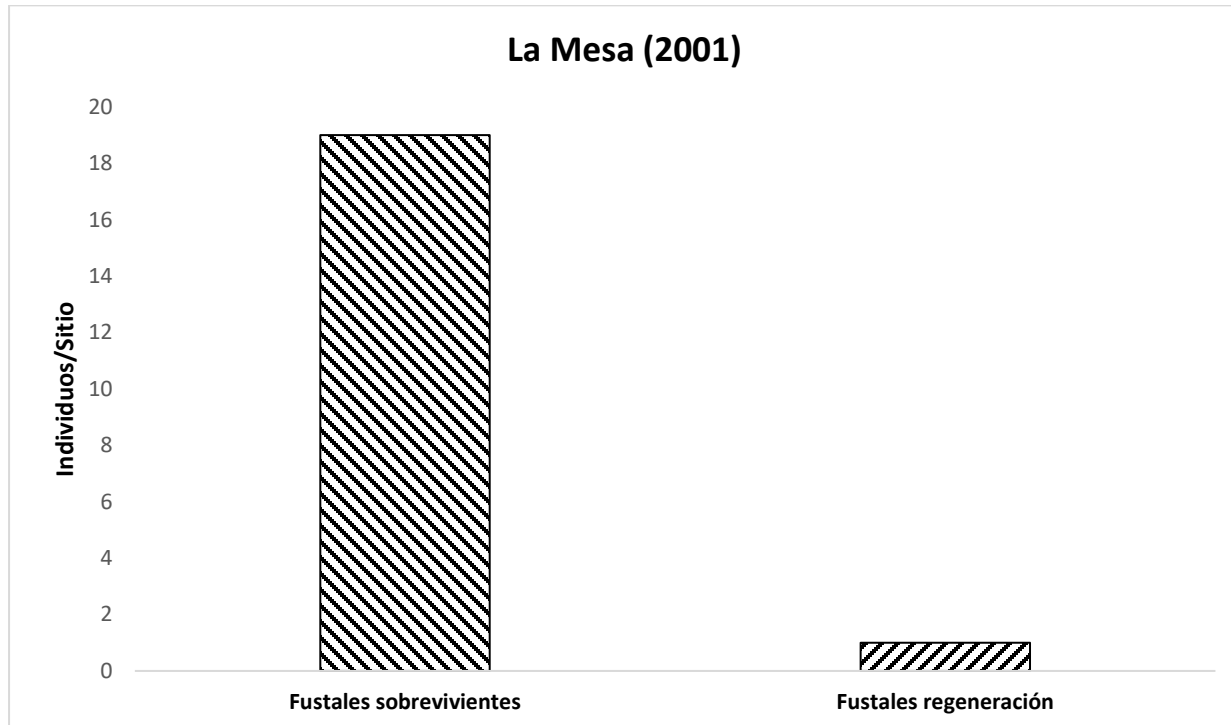


Figura 9. Fustales de regeneración y sobrevivientes al incendio en La Mesa (2001)

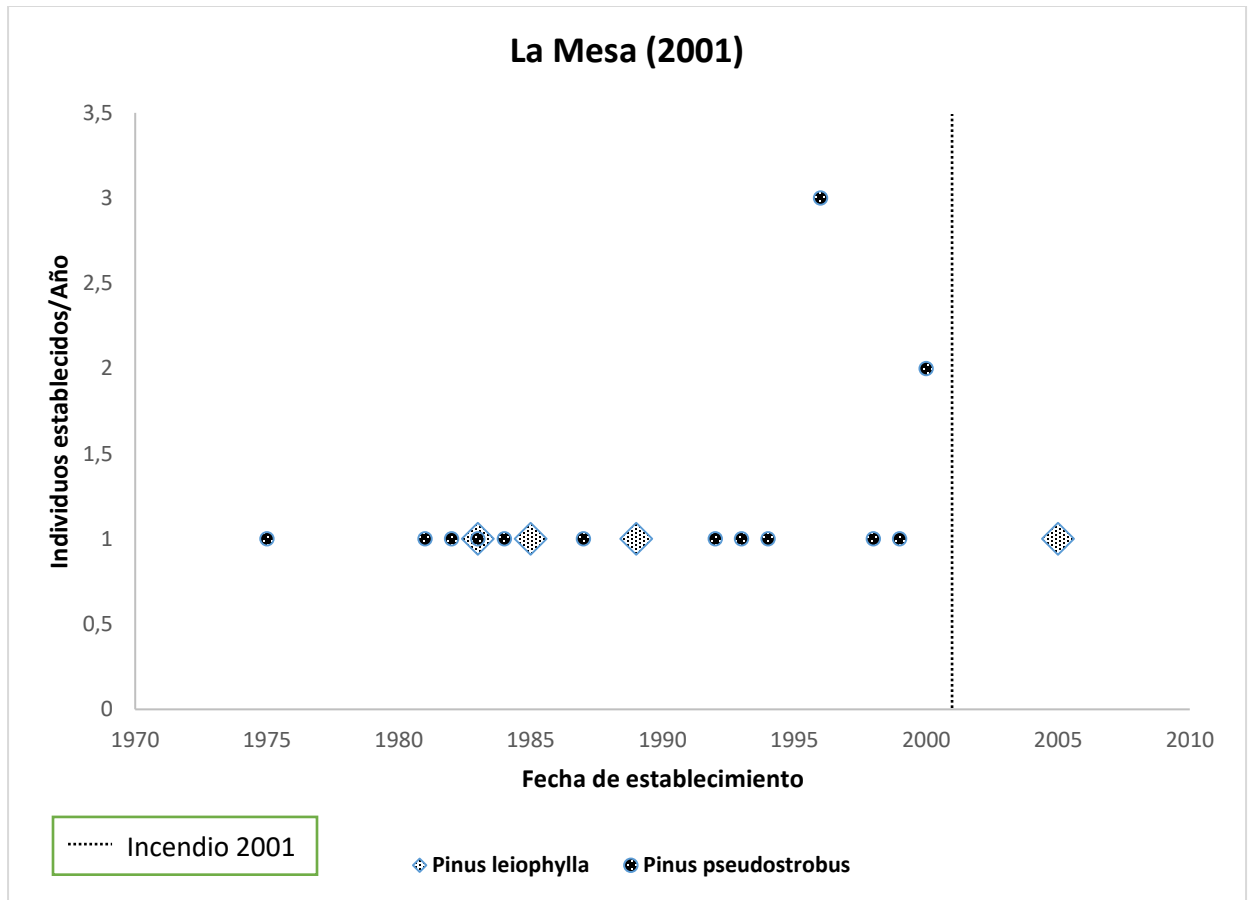


Figura 10. Individuos con fecha de establecimiento en La Mesa (2001)

5.1.4. Lomas de Aparicio (2001)

El incendio del 2001 en Lomas de Aparicio se caracterizó por contener fustales y latizales donde todos los individuos, fustales ($n = 18$) y latizales ($n = 2$) se establecieron después del incendio además de que hubo presencia de *Abies religiosa* en combinación con *P. pseudostrobus*. Es de importancia notar que en este sitio se estableció *A. religiosa* antes que *P. pseudostrobus*. La edad promedio para todos los individuos fue de 9 años, es decir, siete años después de ocurrido el incendio donde un fustal tubo un establecimiento próximo al año del incendio de dos años al tener 14 años (Figuras 11 y 12).

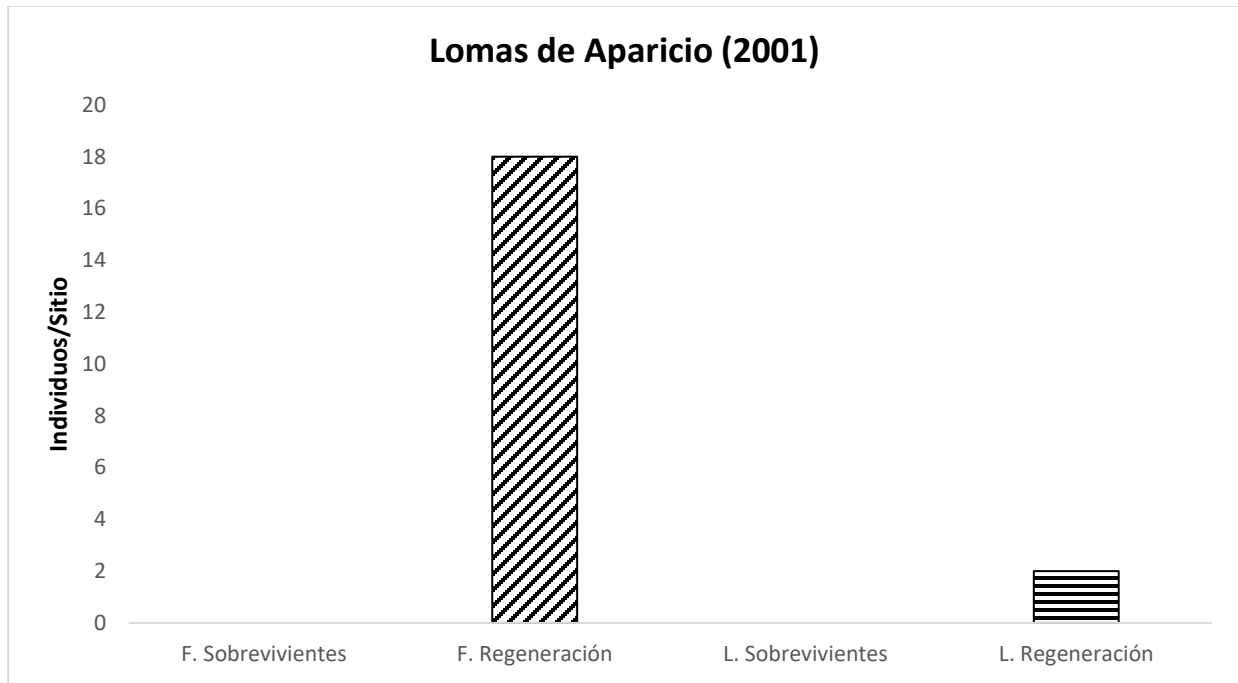


Figura 11. Fustales y latizales con establecimiento previo y posterior al incendio en Lomas de Aparicio (2001)

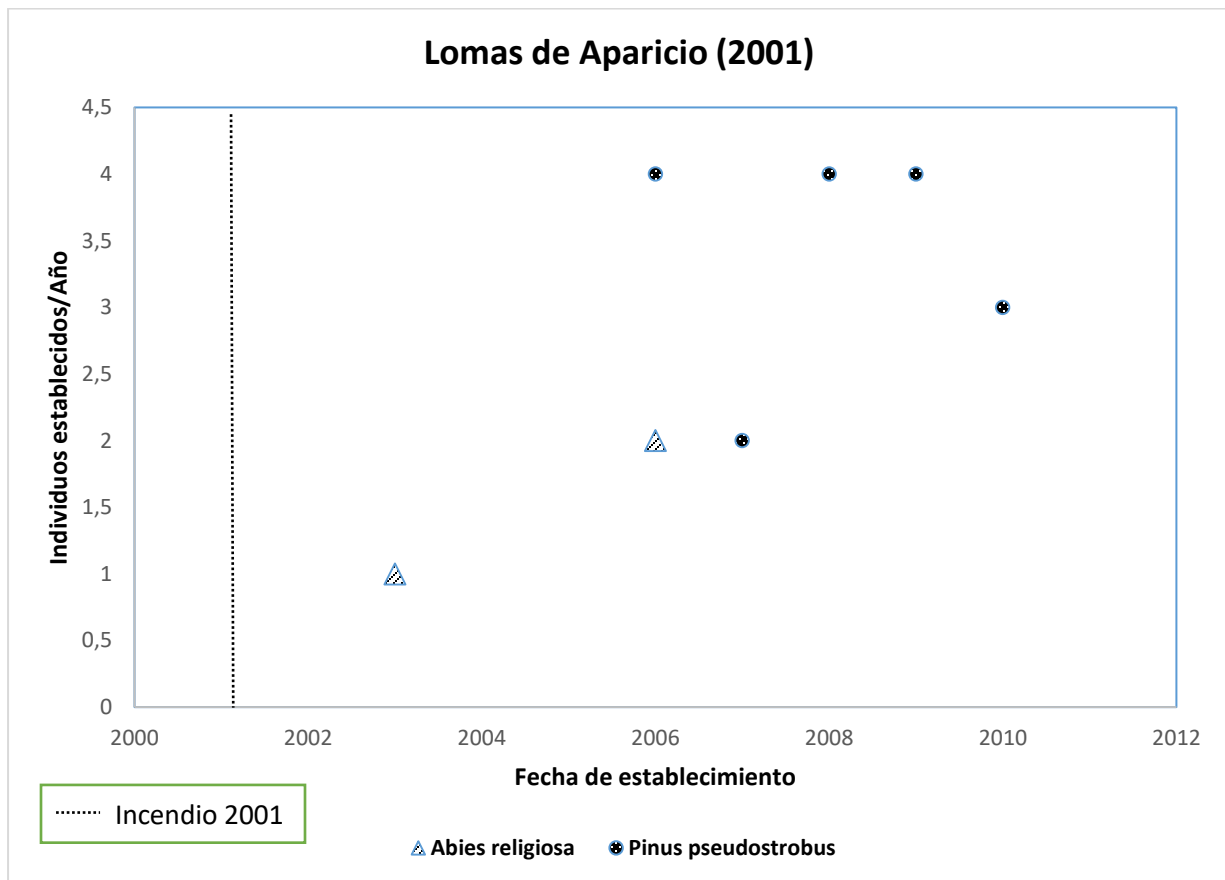


Figura 12. Año de establecimiento de fustales y latizales en Lomas de Aparicio (2001)

5.1.5. El Mirador (2012)

En Cerro el Mirador se encontraron fustales y latizales (ambas categorías están representadas por *Abies religiosa*). En este sitio se observaron 12 fustales y 8 latizales que se encontraban establecidos cuando ocurrió el incendio (Figura 13). La edad promedio para fustales sobrevivientes es de 15 años, mientras que los latizales sobrevivientes presentaron una edad promedio de 12 años (Figura 14).

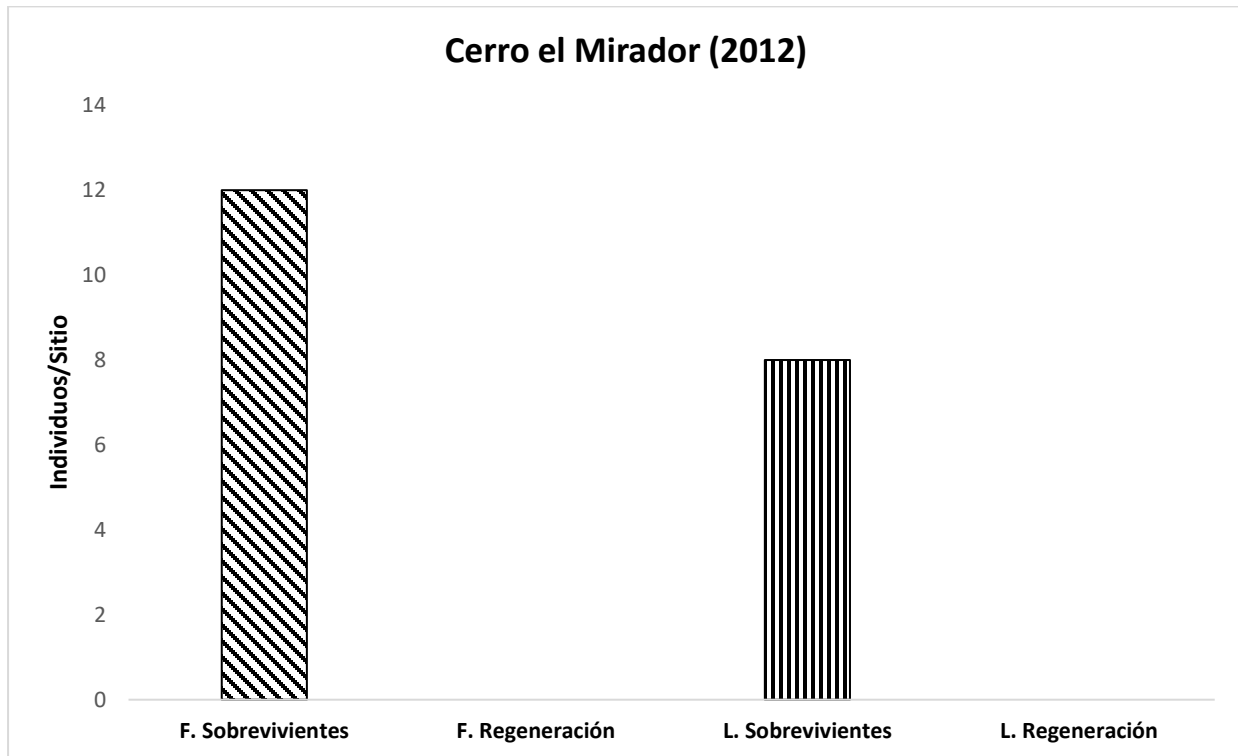


Figura 13. Fustales y latizales con establecimiento previo y posterior al incendio en Cerro el Mirador (2012)



Figura 14. Año de establecimiento de fustales y latizales muestreados en Cerro el Mirador (2012)

5.2. Relación de diámetros con la edad para coníferas en sitios afectados por incendios de alta severidad

El grado de relación entre edad y diámetro en *Abies religiosa*, resultó significativa ($P < 0.05$; Figura 15 A), aunque la mayoría de los individuos de este análisis provienen del mismo sitio. En los individuos de *P. pseudostrobus* y de *P. leiophylla* no se encontró una correlación significativa ($P > 0.05$) entre edad y diámetro muestreados (Figura 15 B y C).

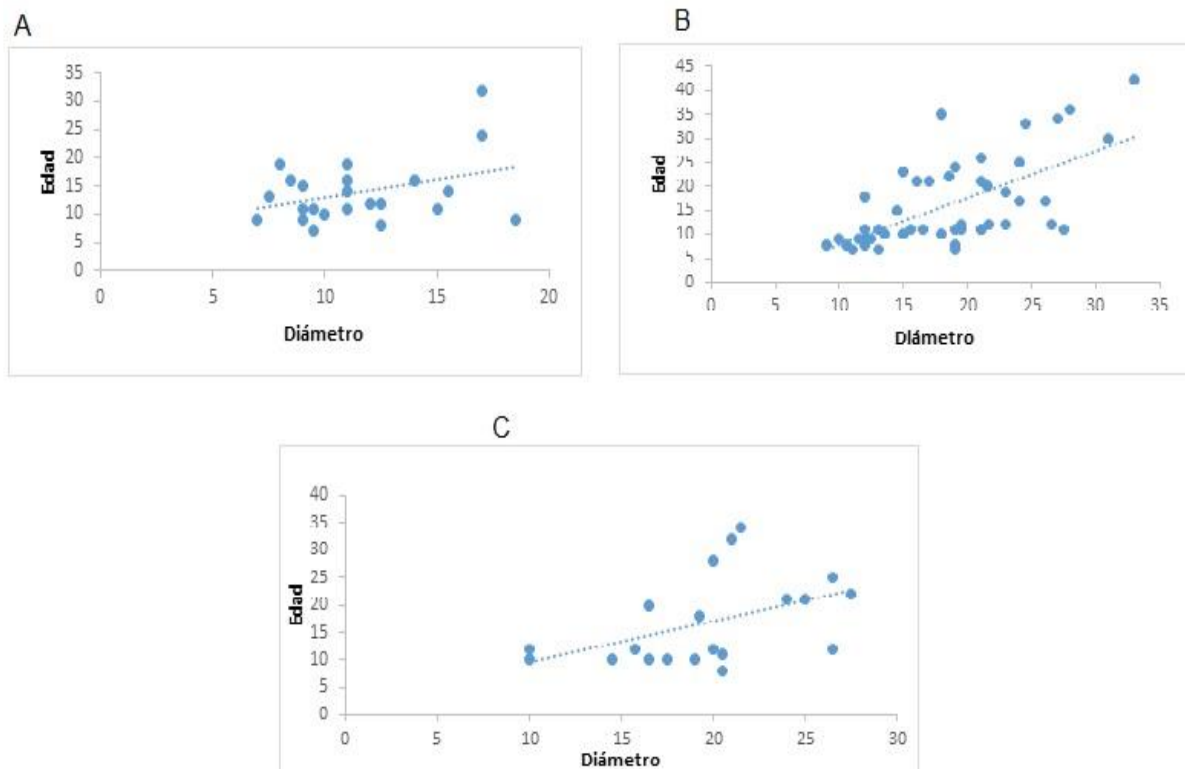


Figura 15. Análisis diámetro-edad de: A) *Abies religiosa* ($P < 0.05$; $R^2 = 0.6086$), B) *P. pseudostrobus* ($P > 0.05$; $R^2 = 0.2871$) y C) *P. leiophylla* ($P > 0.05$; $R^2 = 0.1675$) en cinco sitios afectados por incendios en RBMM.

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los anillos de *Abies religiosa* fueron más legibles en comparación con los de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus leiophylla* durante el proceso de prefchado, de forma consistente con otras observaciones en la misma región (Huante *et al.*, 1991; Bernal y Terrazas, 2000; Carlón-Allende *et al.*, 2016,). Hubo una considerable variación en los patrones de regeneración y sobrevivencia entre los cinco sitios. En dos sitios encontré más individuos que sobrevivieron a los incendios, mientras que en otros dos fueron más los individuos que se establecieron luego del incendio, y en el sitio restante hubo individuos de ambos grupos casi en la misma proporción.

Considerando los cinco sitios de muestreo, en la clasificación de fustales 39 individuos sobrevivieron al incendio y 41 se establecieron de forma posterior al incendio. Esta aparente similitud entre el número de árboles sobrevivientes y el número de árboles establecidos post incendio oculta que la proporción de cada uno de ellos varió notoriamente entre los cinco claros. Por otra parte, los latizales presentaron 8 individuos sobrevivientes y 2 con establecimiento posterior al incendio. Debido a que estos individuos son más pequeños, se esperaba que hubiera habido más individuos regenerados que sobrevivientes en esta categoría. Claramente, los individuos con DAP < 10 cm que se establecieron antes de los incendios han tenido crecimientos muy pobres desde el incendio.

El incendio del 2012 en Cerro el Mirador se caracterizó por una mayor sobrevivencia en comparación con los otros sitios con 20 individuos, le siguió el incendio del 2001 en Cerro la Mesa con solo un individuo de diferencia (19 individuos), y por último en el incendio de 1998 que se dio en Cerro el Cacique, se registraron siete individuos con establecimiento previo al incendio. La regeneración entre los cinco sitios de estudio fue mayor en el incendio de Lomas de Aparicio al haber presentado 20 individuos que regeneraron luego del incendio, mientras que, con 9 individuos con establecimiento posterior, le siguió el incendio del 2000 en Cerro el Cacique.

Con los resultados obtenidos en el presente trabajo se pone de manifiesto que, dentro de los sitios muestreados en la RBMM, se encontraron individuos con establecimiento previo a los incendios en las clasificaciones de latizales y fustales después de haber sido afectados por incendios de alta severidad entre 1998 y 2012. Sin embargo, también hubo establecimiento posterior a los incendios, dato que coincide con otros estudios en los que se encontró regeneración tras incendios en un bosque de pino-encino en la sierra de Guerrero (Méndez *et al.*, 2014) y en un bosque de *Abies religiosa* en el parque nacional “El Chico” Hidalgo (Vargas, 2003). La regeneración natural obtenida tras los incendios presentó una variación entre sitios e incluso hubo algunos en los que fue nula y esta pudo haberse derivado por la combustión del matorral presente en la superficie que permitió el contacto directo de la semilla con el suelo mineral. Se sabe que las cenizas producto de la quema enriquecen el suelo aportando los nutrientes necesarios para que la semilla tenga un buen desarrollo posterior al incendio. En los sitios se notó la presencia de árboles padre y es otro factor que pudo haber detonado la repoblación, ya que entre más semilla que por aspersion se deposite en el suelo mayor será la regeneración (Rodríguez, 2001).

Un dato importante con respecto al establecimiento por especies, es que en los sitios donde se presentó regeneración se estableció primero *P. leiophylla* seguido por *P. pseudostrobus*, mientras que en el sitio dominado por *Abies religiosa* no hubo individuos establecidos después del incendio. En Lomas de Aparicio se estableció primero *Abies* y posteriormente *Pinus*. La vegetación dominante conforme al gradiente altitudinal para este sitio es de oyamel-pino (Sáenz, 2015). De acuerdo con otros estudios y en contraste con este resultado, se dice que tras incendios forestales los bosques de *Abies* son reemplazados por pinares o matorrales como *Baccharis* (Madrigal-Sánchez, 1967; Rzedowski *et al.*, 1977). Sin embargo, dicho patrón no está basado en datos cuantitativos. Aparentemente, *Abies religiosa* puede establecerse después de disturbios sin necesidad de pasar primero por una dominancia de pinos.

A pesar de que se conoce que los cinco incendios registrados en el área de estudio fueron de copa, se desconoce si estos fueron activos o pasivos. De acuerdo con Vega *et al.*, (2009) los incendios de copa activos son el factor de transformación del paisaje

que mayores repercusiones tienen en la regeneración inicial y conforme a la edad promedio registrada de los renuevos muestreados en este trabajo de investigación la regeneración con establecimiento en fustales y latizales fue varios años después del siniestro con excepción de tres individuos que presentaron un establecimiento entre uno y dos años posterior al incendio. Con estos datos en general se puede decir que los incendios fueron de copa activo por el prolongado establecimiento tras el siniestro. Sin embargo, hay sitios en los que la regeneración post fuego no fue tan prominente y puede deberse a la densidad de árboles presentes en el sitio, lo que indica que el incendio no fue tan severo. Por lo tanto, se sugiere una reevaluación de la severidad para los sitios de estudio.

De acuerdo con Lara *et al.*, (2009), el tamaño del claro que deja un incendio forestal en el dosel juega un papel importante en el proceso de regeneración natural y subrayan una fuerte relación entre el número de plántulas y la edad de formación que tiene el claro al observar que la regeneración es mayor en los claros con mayor tiempo de formación. Esto coincide con algunos de los sitios de estudio del presente trabajo, donde el incendio más reciente no presentó regeneración y algunos de los incendios más viejos mostraron mayor regeneración. Sin embargo, Juárez y Rodríguez (2003) proponen que la densidad de regeneración disminuye a través del tiempo. El éxito de la regeneración es un factor importante a considerar en ecosistemas afectados por incendios y se sugiere que en los sitios que presentaron regeneración en este estudio se realice un monitoreo para evaluar la sobrevivencia de los mismos.

Con los resultados observados en la relación entre la estructura diamétrica con la estructura de edades se puede observar que no existe correlación entre la edad y los diámetros para *Pinus pseudostrobus* y *Pinus leiophylla* tras los incendios. Por otra parte, en *Abies religiosa* (especie que pertenece en su mayoría a un solo sitio) sí hubo relación entre la edad y diámetro. Por lo anterior, queda de manifiesto que no es conveniente analizar solo la estructura diamétrica, sino que se recomienda para este tipo de estudios estudiar la estructura de edades en rodales afectados por incendios de alta severidad. De acuerdo con Ávila *et al.*, (2013), para bosques de coníferas, la severidad e incidencia con que un incendio se desarrolla en determinado ecosistema repercute en la dinámica

de crecimiento de las especies creando heterogeneidad de edades entre rodales incluso a nivel de paisaje. Así, en base a la severidad de un incendio sobre la vegetación los bosques experimentan cambios notables en la distribución del arbolado y la estructura forestal se ve afectada.

La sobrevivencia de algunos individuos tras los incendios severos puede explicarse debido a que algunas especies desarrollan adaptaciones de resistencia incluso de resiliencia para reproducirse después del fuego. Estas adaptaciones pueden ser por medio de cortezas gruesas. No obstante, y a pesar de que algunas especies desarrollan una corteza gruesa como mecanismo de defensa, estas tienden a tolerar incendios preferentemente de baja intensidad según Keeley y Zedler, (1998). Sin embargo, Looney y Waring (2013) propusieron que los árboles maduros pueden llegar a tolerar incendios de alta severidad y este dato podría explicar la existencia de individuos con establecimiento previo en los sitios que compete en este estudio.

La irregularidad que se notó en los diámetros de los individuos de cada sitio coincide con los datos de Ávila et al., (2013) donde encontraron que a medida que aumenta la severidad de un incendio, las dimensiones de los individuos presentes tienden a la heterogeneidad. Es por esto que se entiende que la severidad con que se presenta un incendio altera la estructura espacial del bosque al promover el desarrollo de masas forestales de distintas edades y diámetros (Bekker y Taylor, 2010).

Claramente, nuestro estudio sugiere que luego de incendios de alta severidad, no es posible proyectar acertadamente la sobrevivencia del arbolado, ni la capacidad de regeneración de los árboles, debido a que esto puede variar notoriamente entre sitios. Debido a que en este estudio no fue posible documentar el comportamiento del fuego en cada sitio, se propone que a futuro se dé seguimiento a la sobrevivencia y regeneración en sitios en los que si se tengan datos del comportamiento del fuego

7. BIBLIOGRAFÍA

AGEE, J. K. (1974). ENVIRONMENTAL IMPACTS FROM FIRE MANAGEMENT ALTERNATIVES, FINAL REPORT. SAN FRANCISCO, CALIFORNIA, US DEPARTMENT OF THE INTERIOR, NATIONAL PARK SERVICE. WESTERN REGIONAL OFFICE. 92 P.

AGEE, J. K. (1993). FIRE ECOLOGY OF PACIFIC NORTHWEST FORESTS. ISLAND PRESS. WASHINGTON. 493 P.

AGUIRRE, B. C. (1978). EFECTO DEL FUEGO EN ALGUNAS CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE SUELOS FORESTALES. TESIS PROFESIONAL. DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y SERVICIO EN BOSQUES, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHAPINGO. CHAPINGO, CDMX. 270 P.

ALANÍS, M. H. E., NÁVAR, J., DOMÍNGUEZ, P. A. (2000). THE EFFECT OF PRESCRIBED BURNING ON SURFACE RUNOFF IN A PINE FOREST STAND OF CHIHUAHUA, MÉXICO. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT. 137: 199-207.

ALANÍS, R. E., AGUIRRE, C. O., JIMÉNEZ, P. J., PANDO, M. M., TREVIÑO, G. E. J., ARANDA, R. R., CANIZALES, V. P. A. (2010). EFECTO DE LA SEVERIDAD DEL FUEGO SOBRE LA REGENERACIÓN ASEXUAL DE ESPECIES LEÑOSAS DE UN ECOSISTEMA MIXTO (PINUS-QUERCUS) EN EL PARQUE ECOLÓGICO CHIPINQUE, MÉXICO. INTERCIENCIA SEP. 35(9). 690-695 PP.

ÁVILA-FLORES, D. T., GONZÁLES-TAGLE, M.A., JIMÉNEZ-PÉREZ, J., AGUIRRE-CALDERÓN, O. A., TREVIÑO-GARZA, E. J., VARGAS-LARRETA, M., Y ALANÍS-RODRÍGUEZ, E. (2014). EFECTO DE LA SEVERIDAD DEL FUEGO EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA FORESTAL EN RODALES DE CONÍFERAS. REVISTA CHAPINGO SERIE CIENCIAS FORESTALES Y DEL AMBIENTE. 20(1). 33-45 P.

BEKKER, M. F., & TAYLOR, A. H. (2010). FIRE DISTURBANCE, FOREST STRUCTURE, AND STAND DYNAMICS IN MONTANE FORESTS OF THE SOUTHERN CASCADES, THOUSAND LAKES WILDERNESS, CALIFORNIA, USA. *ÉCOSCIENCE*, 17(1), 59–72. DOI:10.2980/17-1-3247

CERANO PAREDES, J., & VILLANUEVA DÍAZ, J., & FULÉ, P. (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.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAFOR). (2017). REPORTE SEMANAL DE RESULTADOS DE INCENDIOS FORESTALES 2017: DEL 01 DE ENERO AL 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017. MICHOACÁN, MÉXICO. COMISIÓN NACIONAL FORESTAL.

CONSTANTE, G. V., VILLANUEVA, D. J., CERANO, P. J., ESTRADA, A. J. (2009). MEDICIÓN Y CALIDAD DE FECHADO EN ANILLOS DE ÁRBOLES. INIFAP. 55 P.

COOMES, D. A, Y GRUBB, P. J. (2003). COLONIZATION, TOLERANCE, COMPETITION AND SEED-SIZE VARIATION WITHIN FUNCTIONAL GROUPS. *TRENDS IN ECOLOGY AND EVOLUTION*, 18 (6), 283-291.

CORNEJO, T. G., CASAS, A., FARFÁN, B., VILLASEÑOR, J. L. E IBARRA, G. (2003). FLORA Y VEGETACIÓN DE LAS ZONAS NÚCLEO DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA MARIPOSA MONARCA, MÉXICO. *BOLETÍN DE LA SOCIEDAD DE BOTÁNICA DE MÉXICO*. NO. 73. SOCIEDAD DE BOTÁNICA DE MÉXICO, A. C. DISTRITO FEDERAL. 43-62 PP.

CORNEJO, T. G., IBARRA, M. G. (2008). FLORA ILUSTRADA DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA MARIPOSA MONARCA. MÉXICO. CONABIO Y UNAM. 441 P.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. DOF. (2000). DECRETO POR EL QUE SE DECLARA ÁREA NATURAL PROTEGIDA, CON EL CARÁCTER DE RESERVA DE LA BIÓSFERA, LA REGIÓN DENOMINADA MARIPOSA MONARCA, PODER EJECUTIVO FEDERAL.

GARCÍA, E. (2004). MODIFICACIONES AL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN (PARA ADAPTARLO A LAS CONDICIONES DE LA REPÚBLICA MEXICANA). INSTITUTO DE GEOGRAFÍA, UNAM. 5ª. ED. MÉXICO. 91 PP.

GÓMEZ, P. A., DIRZO, R., (1995). RESERVA DE LA BIÓSFERA Y OTRAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE MÉXICO. INE, CONABIO Y SEMARNAP. 93-95 PP.

GONZÁLEZ, T. M. A., SCHWENDENMANN, L., JIMÉNEZ P. J Y HIMMELSBACH, W., (2007). RECONSTRUCCIÓN DEL HISTORIAL DE INCENDIOS Y ESTRUCTURA FORESTAL EN BOSQUES MIXTOS DE PINO-ENCINO EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL, MADERA Y BOSQUES, 13(2), 51-63.

GUERRERO, V. C. (2016). REGENERACIÓN DE ABIES RELIGIOSA EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA MARIPOSA MONARCA, UNAM.

HARDESTY, J., MYERS, R. L. AND FULKS, W. (2005). FIRE, ECOSYSTEMS AND PEOPLE: A PRELIMINARY ASSESSMENT OF FIRE AS A GLOBAL CONSERVATION ISSUE. THE GEORGE WRIGHT FORUM. 22 (4). 78-87.

HUANTE, P., RINCÓN, E. AND W. SWETNAM, T. (1991). DENDROCHRONOLOGY OF ABIES RELIGIOSA IN MICHOCAN, MEXICO. TREE-RING BULLETIN, VOL. 51.

JARDEL-PELÁEZ, E. J., J.M. FRAUSTO-LEYVA, D. PÉREZ-SALICRUP, E. ALVARADO, J. E. MORFÍN-RÍOS, LANDA Y P. LLAMAS-CASILLAS. 2010. PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN EN MANEJO DEL FUEGO EN MÉXICO. FONDO MEXICANO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA. MÉXICO D. F.

KEELEY, J. E., & ZEDLER, P. H. (1998). EVOLUTION OF LIFE HISTORIES IN *PINUS*. IN D. M. RICHARDSON (ED.), ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY OF *PINUS* (PP. 219–249). NEW YORK, USA: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.

LARSEN, D. R. (1991). PROJECTING FOREST STAND STRUCTURES USING STAND DYNAMICS PRINCIPLES: AN ADAPTIVE APPROACH. USA. UNIVERSIDAD OF WASHINGTON. 283 P.

LOONEY, C. E., & WARING, K. M. (2013). *PINUS STROBIFORMIS* (SOUTHWESTERN WHITE PINE) STAND DYNAMICS, REGENERATION, AND DISTURBANCE ECOLOGY: A REVIEW. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, 287, 90–102. DOI: 10.1016/J.FORECO.2012.09.008

MADRIGAL, J., HERNANDO, C., GUIJARRO, M., VEGA, J. A. (2014). INFLUENCIA DE LA CAPA DE HOJARASCA Y MANTILLO EN LA REGENERACIÓN NATURAL DE *PINUS PINASTER* AIT. TRAS INCENDIOS FORESTALES. SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CIENCIAS FORESTALES (SECF). 40. 115-122 PP.

MADRIGAL, X. (1967). CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA ECOLOGÍA DE LOS BOSQUES DE OYAMEL (*ABIES RELIGIOSA*) EN EL VALLE DE MÉXICO. SAG.

MARLÉS, M. J., VALOR, I. T., CLARAMUNT, L. B., PÉREZ, S. D. R., MANEJA, Z. R., SÁNCHEZ, M. S., BOADA, J. M., (2015). ANÁLISIS DENDROCLIMÁTICO DE *PINUS PSEUDOSTROBUS* Y *PINUS DEVONIANA* EN LOS MUNICIPIOS DE ÁPORO Y ZITÁCUARO (MICHOACÁN), RESERVA DE LA BIÓSFERA MARIPOSA MONARCA., INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS, BOLETÍN, NÚM. 88, INSTITUTO DE GEOGRAFÍA, UNAM, MÉXICO, PP. 19-32, DX. DOI. ORG/10.14350/RIG. 47378.

MÉNDEZ, O. C., ALANÍS, R. E., JIMÉNEZ, P. J., AGUIRRE, C. O. A., Y TREVIÑO, G. J. (2014). ANÁLISIS DE LA REGENERACIÓN POSTINCENDIO EN UN BOSQUE DE PINO-ENCINO DE LA SIERRA DE GUERREO, MÉXICO. CIENCIA UANL. 69: 63-70.

MOLINA-PÉREZ, I. M., CERANO-PAREDES, J., ROSALES-MATA, S., VILLANUEVA DÍAZ, J., CERVANTES-MARTÍNEZ, R., ESQUIVEL-ARRIAGA, G., & CORNEJO-OVIEDO, 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: 10.5154/R.RCHSCFA.2016.03.017

MUTCH, L. S., D. PARSONS. (1998). MORTALIDAD Y ESTABLECIMIENTO DE BOSQUES MIXTOS DE CONÍFERAS ANTES Y DESPUÉS DE UNA QUEMA PRESCRITA EN EL PARQUE NACIONAL SEQUOIA, CALIFORNIA. FORESTA SCIENCE. 44 (2); 341-355 PP.

NÁJERA, D. A. (2013), EL FUEGO EN LA NATURALEZA. SEMA.

ODUM, E. P. (1985). ECOLOGÍA. MÉXICO, D. F. MCGRAW-HILL INTERAMERICANA.

PAUSAS, J. G. (2004). LA RECURRENCIA DE INCENDIOS EN EL MONTE MEDITERRÁNEO. IN: VALLEJO, R. (ED.). AVANCES EN EL ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL MONTE MEDITERRÁNEO. PP. 47-64. CEAM, VALENCIA.

PÉREZ-SALICRUP, D. R. (2006). REGENERATION OF *STYRAX ARGENTEUS* IN NATURAL FOREST AND IN PLANTATIONS OF *CUPRESSUS LINDLEYI* IN MICHOACAN, MEXICO. NEX FORESTS, 32, 231-241.

PÉREZ-SALICRUP, D.R., CANTÚ-FERNÁNDEZ, M, CARLÓN-ALLENDE, T., GARDUÑO-MENDOZA, E., JARAMILLO-LÓPEZ, PABLO F., SÁENZ-CEJA, E., MARTÍNEZ-TORRES, L. (2016). RESTAURACIÓN DE UN PROCESO: EL FUEGO EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MARIPOSA MONARCA. EN CECCON, E. Y MARTÍNEZ GARZA, M. C. (EDS). EXPERIENCIAS MEXICANAS EN RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS. CONABIO, CRIM-UNAM, CIBYC-UAEM.

PÉREZ-VERDÍN ET AL, (2013), ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LA OCURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN DURANGO, MÉXICO, MADERA Y BOSQUES, 19(2), 37-58.

RENDÓN CARMONA, H. MARTÍNEZ YRÍZAR A. Y PÉREZ-SALICRUP, D. R. (2014). LOS BOSQUES, SUS BIENES Y SERVICIOS: LOS RETOS DEL MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE. CIENCIAS 111-112, OCTUBRE 2013-MARZO 2014, 28-35.

ROBLES-GUTIÉRREZ, C. A., VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, A., RODRÍGUEZ-TREJO, D. A., REYES-HERNÁNDEZ, V. J. & ETCHEVERS-BARRA, J. D. (2016). PROBABILIDAD DE MORTALIDAD DE

ARBOLADO JOVEN DE *PINUS HARTWEGII* LINDL. CON AFECTACIONES POR FUEGO EN EL PARQUE NACIONAL IZTA-POP. REVISTA CHAPINGO SERIE CIENCIAS FORESTALES Y DEL AMBIENTE, 22(2), 165-178. DOI: 10.5154/R.RCHSCFA.2015.08.034

RODRÍGUEZ TREJO, DANTE A.; GONZÁLEZ ROSALES, ANDRÉS; (2004). EFECTO DEL CHAMUSCADO DE COPA EN EL CRECIMIENTO EN DIÁMETRO DE *PINUS HARTWEGII* LINDL. EN EL DISTRITO FEDERAL, MÉXICO. AGROCIENCIA, SEPTIEMBRE-OCTUBRE, 537-544.

RODRÍGUEZ, T. D. A. (2014). INCENDIOS DE VEGETACIÓN: SU ECOLOGÍA, MANEJO E HISTORIA. BIBLIOTECA BÁSICA DE AGRICULTURA. 891 P.

RUIZ, G. A. D., (2009). INTRODUCCIÓN AL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO. INSTITUTO DE BIODIVERSIDAD DE AGRARIA Y DESENVOLVIMIENTO RURAL (IBADER), UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA, GALICIA, ESPAÑA. RECURSOS RURALES. 5. 15-19 PP.

RUNKLE, J. R. (1981), GAP REGENERATION IN SOME OLD-GROWTH FORESTS OF THE EASTERN UNITED STATES. ECOLOGY, 62 (4), 1041-1051.

RZEDOWSKI, J., L. VELA Y X. MADRIGAL. (1973). ALGUNAS CONSIDERACIONES ACERCA DE LA DINÁMICA DE LOS BOSQUES DE CONÍFERAS EN MÉXICO. CIENCIAS FORESTALES EN MÉXICO 5 (2): 15-35

SÁENZ, C. J. E. (2015). RECONSTRUCCIÓN DENDROCRONOLÓGICA DE LA HISTORIA DE ESTABLECIMIENTO DE *PINUS PSEUDOSTROBUS* Y *ABIES RELIGIOSA* EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA MARIPOSA MONARCA. TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS. POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Cd. MÉXICO, MÉXICO, 72.

SALAS, T. M. S. (2016). CARACTERIZACIÓN DE INCENDIOS DE ALTA SEVERIDAD EN RESERVA DE LA BIÓSFERA MARIPOSA MONARCA. UMSH.

SÁNCHEZ, D. M., Y GALLEGOS, R. A., Y GONZALES, C. G. A., Y CASTAÑEDA, G. J. C., Y CABRERA, O. R. G. (JULIO-AGOSTO, 2014), EFECTO DEL FUEGO EN LA REGENERACIÓN DE *PINUS OOCARPA* SCHIDE EX SCHLTDL. REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS FORESTALES, 5(24), 126-143.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2001). PROGRAMA DE MANEJO RESERVA DE LA BIÓSFERA MARIPOSA MONARCA. COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS, MÉXICO, D. F., 159 P.

SPEER, JAMES H. (2011). FUNDAMENTALS OF TREE-RING RESEARCH. THE UNIVERSITY OF ARIZONA PRESS. 333 P.

STOKES, MARVIN A. AND SMILEY, TERAH L. (1968). AN INTRODUCTION TO TREE-RING DATING. THE UNIVERSITY OF ARIZONA PRESS. 73 P.

VALDERRAMA-LANDEROS, LUIS; ESPAÑA-BOQUERA, MARÍA LUISA; CHAMPO-JIMÉNEZ, OMAR; (2012). PÉRDIDA DE COBERTURA FORESTAL EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA MARIPOSA MONARCA, MICHOACÁN, MÉXICO (2006-2010). REVISTA CHAPINGO. SERIE CIENCIAS FORESTALES Y DEL AMBIENTE, MAYO-AGOSTO, 143-157.

VILLANUEVA, D. J., CERANO, P. J., CONSTANTE, G. V., MONTES, G. L. E., VÁZQUEZ, S. L. (2009). MUESTREO DENDROCRONOLÓGICO: COLECTA, PREPARACIÓN Y PROCESAMIENTO DE NÚCLEOS DE CRECIMIENTO Y SECCIONES TRANSVERSALES. INIFAP. 58 P.

VILLANUEVA, D. J., CERANO, P. J., W. STAHLE, D., CONSTANTE, G. V., VÁZQUEZ, S. L., ESTRADA, A. J., BENAVIDES, S. J. (2010). ÁRBOLES LONGEVOS DE MÉXICO. REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS FORESTALES. 1(2), 7-24 PP.

VILLANUEVA, D. J.; W. STAHLE, D.; K, CLEAVELAND, M.; D. THERRELL, M. (2000). ESTADO ACTUAL DE LA DENDROCRONOLOGÍA EN MÉXICO. REV. CIENCIAS FORESTALES EN MÉXICO, 25(88). 5-36.

VILLANUEVA-DÍAZ, JOSÉ; VÁZQUEZ-SELEM, LORENZO; GÓMEZ-GUERRERO, ARMANDO; CERANO-PAREDES, JULIÁN; AGUIRRE-GONZÁLEZ, NOÉ A.; FRANCO-RAMOS, OSVALDO; (2016). POTENCIAL DENDROCRONOLÓGICO DE *JUNIPERUS MONTICOLA* MARTÍNEZ EN EL MONTE TLÁLOC, MÉXICO. REVISTA FITOTECNIA MEXICANA. 175-185 PP.